

6. Байбородов Ю. И. Преобразование номограммы в формулу для расчета толщины смазочного слоя. Юбилейная научно-техническая конференция. КуАИ, 1967.
7. Соيفер А. М., Бузицкий В. Н., Першин В. П. Упруго-демпфирующий материал МР. Авторское свидетельство № 183174.
8. Соифер А. М., Кодпир Д. С., Байбородов Ю. И. Трехслойный подшипник. Авторское свидетельство № 186225.
9. Байбородов Ю. И., Данильченко А. И. Подпятник. Авторское свидетельство № 273081.
10. Байбородов Ю. И. Опора скольжения. Авторское свидетельство № 354185.
11. Абанов Л. В., Альшиц И. Я., Бердичевский Я. Г., Кодпир Д. С., Умнягин М. Г., Устюжанинов М. И. Подшипники жидкостного трения прокатных станов. Машгиз, 1955.
12. Кудряшов Л. Н., Байбородов Ю. И., Садыков В. А., Мельников В. С., Покровский И. Б. Исследование работоспособности эластичных подшипников скольжения на редукторе. I Всероссийская конференция «Контактно-гидродинамическая теория смазки и ее практическое применение в технике». КуАИ, Куйбышев, 1972.
13. Байбородов Ю. И., Котов В. А., Селивановский Ю. М., Акустическая эффективность эластичных металло-пластмассовых подшипников. Материалы научно-технической конференции. КуАИ, 1970.
14. Байбородов Ю. И. Определение износа баббитовых эластичных подшипников скольжения методом искусственных баз. Научно-техническое совещание по методам испытаний и оценки служебных свойств материалов для подшипников скольжения. ИМАШ, М., 1969.
15. Байбородов Ю. И., Жерносеков Г. М., Савинов А. П., Рабышко В. Г. Исследование работоспособности и долговечности эластичных металлических самосмазывающихся подшипников скольжения. I Всероссийская конференция «Контактно-гидродинамическая теория смазки и ее практическое применение в технике». КуАИ, Куйбышев, 1972.

**Ю. И. Байбородов, А. В. Терещенко,
И. Б. Покровский, А. В. Аносова,
А. А. Павлов, М. И. Дронов**

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МР-ФТОРОПЛАСТОВЫХ ЭЛАСТИЧНЫХ СЕГМЕНТОВ ПОДПЯТНИКА НА НАСОСЕ ОТКАЧКИ ВОЛЖСКОЙ ГЭС ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА

Опыт длительной эксплуатации гидрогенераторов на Волжской ГЭС имени В. И. Ленина показал, что в ряде машин имеют место подплавления сегментов подпятника, приводящие к вынужденной остановке гидрогенераторов и непредусмотренному ремонту подпятника.

Анализ характера и последовательности дефектов подпятников, проведенный Волжской ГЭС имени В. И. Ленина и предприятием ОРГРЭС [1], показывает, что в большинстве случаев подплавления сегментов подпятника возникают в периоды пуска и остановки гидрогенераторов.

Натурными исследованиями подпятников агрегатов № 9 и 20, выполненными предприятием ОРГРЭС [1], было установлено, что одним из наиболее важных факторов, вызывающих подплавление сегментов подпятника во время пусков и остановок,

является волнистость диска пяты, которая имеет амплитуду порядка 0,2—0,4 мм. Естественно, что в период пусков и остановок ротора возникает граничное трение.

Высокие контактные напряжения и большое тепловыделение в зоне трения определяются относительно высокой жесткостью поверхности трения сегментов ($E=9,81 \cdot 10^4 \text{ мн/м}^2$) и большим коэффициентом трения, имеющим величину порядка 0,07—0,12 [2]. В связи с этим наиболее эффективными факторами улучшения работоспособности сегментов подпятника являются уменьшение коэффициента трения и снижение контактных напряжений за счет уменьшения модуля упругости контактирующих поверхностей.

В Куйбышевском авиационном институте были разработаны конструкции эластичных МР-фторопластовых опор скольжения [3, 4], исследования которых проводились с 1963 года. Исследованиями [5, 6] было установлено, что эластичные металло-пластмассовые подшипники скольжения обладают высокой работоспособностью в широком диапазоне скоростей и нагрузок, позволяют получать опоры с наперед заданным модулем упругости, благодаря чему эффективно компенсируют перекосы вала и, кроме того, их износостойкость в условиях пусков под нагрузкой в 3—4 раза выше, чем у баббитовых подшипников.

Рядом других исследователей [2, 7, 8, 9] также было установлено, что фторопласт в паре со сталью обладает весьма низким коэффициентом трения (0,04—0,06) и высокой износостойкостью.

Преимущества эластичных опор скольжения по сравнению с известными баббитовыми, бронзовыми и металлокерамическими опорами скольжения дали основания для разработки эластичных сегментов подпятника [4] для гидрогенераторов Волжской ГЭС имени В. И. Ленина с целью улучшения их пусковых характеристик и долговечности. Для определения работоспособности и оптимальных параметров были проведены несколько этапов аналоговых испытаний эластичных МР фторопластовых сегментов [4] на насосах откачки Волжской ГЭС.

Данное исследование проводилось на насосе откачки № 3 при следующих основных параметрах:

1. Удельная нагрузка $P=5,395 \text{ мн/м}^2$
2. Скорость скольжения на среднем диаметре $U=11,55 \text{ м/с}$.
3. Площадь поверхности трения одного сегмента $S=96 \text{ см}^2$.
4. Толщина эластичного вкладыша $\delta=9,5 \text{ мм}$.
5. Приведенный модуль упругости при сжатии $E=1,37 \times 10^3 \text{ мн/м}^2$.
6. Фторопласт марки 4Д.

Для контроля износа шлифованной поверхности трения сегментов № 1 и 3 в трех сечениях были нанесены мерные искусственные базы [10]. Расположение сегментов в подпятнике и мерных баз показано на рис. 1.

Оценка величины остаточных деформаций, возникающих в эластичном вкладыше под действием статической и динамической нагрузок, производилась путем микрометрических измерений толщины сегмента совместно с эластичным вкладышем.

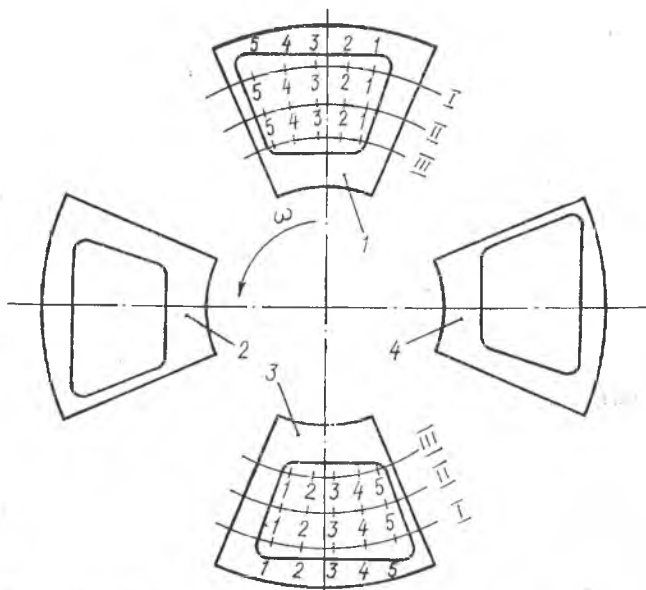


Рис. 1. Схема расположения мерных искусственных баз и сегментов в подпятнике насоса откачки № 3

На рис. 2 представлены графики зависимости износа фторопластовой поверхности трения от количества пусков (наработки) для второго сечения сегментов № 1.

На рис. 3 даны графики остаточной деформации эластичных сегментов в тех же точках, где определяется износ поверхности трения.

Анализ графиков износа (рис. 2) показывает, что абсолютный износ поверхностей трения эластичных сегментов увеличивается с увеличением числа пусков. Однако интенсивность износа с увеличением числа пусков значительно снижается (рис. 4).

Седловидный ха-

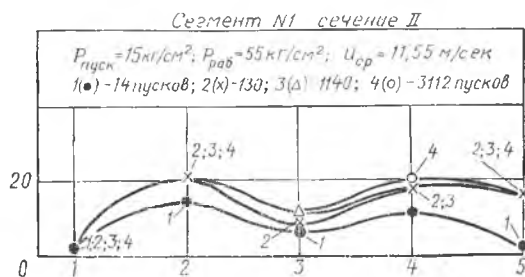


Рис. 2. Графики износа поверхности трения сегмента № 1

раक्टर износа поверхности трения по дуге окружности можно объяснить некоторой неточностью в первоначальной геометрии эластичного вкладыша, полученной после окончательной обработки (кривая 1 рис. 3), и деформацией вкладыша в процессе эксплуатации (кривые 2—5 рис. 3).

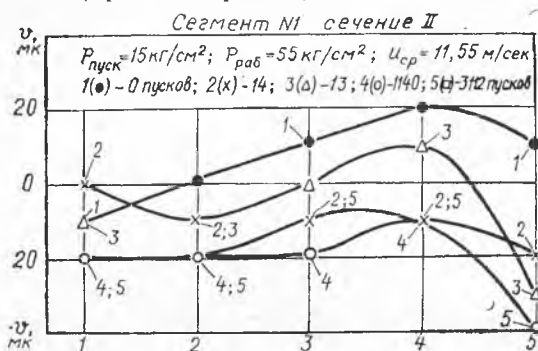


Рис. 3. Изменение геометрии поверхности трения сегмента № 1

Кроме того, вблизи сечения 4 находится точка опоры сегмента, где имеют место наибольшие контактные напряжения.

Испытания показали что обнаруженная нестабильность в геометрии поверхности трения имеет величину порядка 20—40 микро-

рон и не приводит к снижению работоспособности эластичных сегментов.

Об этом свидетельствует малая величина износа (рис. 2) и снижение его интенсивности с течением времени (рис. 4).

Весьма малая интенсивность износа (рис. 4), а также стабилизация температуры эластичного вкладыша при длительной непрерывной работе свыше 50-ти часов свидетельствует о том, что эластичные сегменты работали после запуска в режиме жидкостного трения.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Эластичные сегменты подпятника обладают высокой работоспособностью и износостойкостью в условиях частых пу-

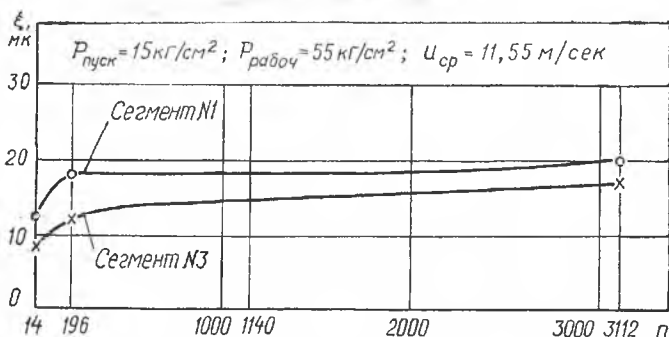


Рис. 4. График интенсивности износа поверхности трения эластичных МР-фторопластовых сегментов

сков при удельной нагрузке в период пуска $1,47 \text{ мн/м}^2$ и обеспечивают устойчивый режим жидкостного трения при удельной нагрузке $5,39 \text{ мн/м}^2$ и скорости скольжения на среднем диаметре $11,55 \text{ м/с}$.

2. Средний износ поверхности трения после 2472 часов работы и 3112 пусков имеет величину $8,8 - 14,4$ микрона.

3. Интенсивность износа после 1140 пусков значительно снизилась.

4. Нестабильность геометрии эластичных сегментов в пределах $20 - 40$ микрон не снижает их работоспособности и долговечности.

5. Качество фторопластовой поверхности трения и прочность соединения фторопласта с материалом «МР» после наработки 2472 часов и 3112 пусков практически не ухудшились.

6. Нарушения структуры эластичного вкладыша из МР, а также паяного соединения эластичного вкладыша со стальным основанием не обнаружено.

7. Эластичные МР-фторопластовые подпятники могут применяться в гидрогенераторах Волжской ГЭС имени В. И. Ленина и других машинах, работающих в условиях частых пусков и остановок под нагрузкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. Е. и др. Технический отчет по результатам натурных исследований подпятников гидрогенераторов № 9 и 20 Волжской ГЭС имени В. И. Ленина. ОРГРЭС, М., 1970.

2. Чернавский С. А. Подшипники скольжения. Машгиз, М., 1963.

3. Сойфер А. М., Коднир Д. С., Байбородов Ю. И. Трехслойный подшипник. Авторское свидетельство № 186225.

4. Байбородов Ю. И., Данильченко А. И. Подпятник. Авторское свидетельство № 273081.

5. Байбородов Ю. И. Исследование упруго-деформирующих немаetalлических подшипников скольжения жидкостного трения. Кандидатская диссертация. КуАИ, 1965.

6. Байбородов Ю. И. Определение износа баббитовых и эластичных подшипников скольжения методом искусственных баз. Научно-техническое совещание по методам испытания и оценки служебных свойств материалов для подшипников скольжения. ИМАШ, М., 1969.

7. Черешкевич Л. В., Чегодаев Д. О., Явзина Н. С., Беленькая С. В. Фторопластовые подшипники, работающие без смазки. ЛДНТП, 1959.

8. Семенов А. П. Подшипники скольжения (к организации новой отрасли машиностроительного производства). НИИМАШ, М., 1969.

9. Архангельский Б. А., Кулагин А. В. Судовые подшипники из немаetalлических материалов «Судостроение», Л., 1969.

10. Хрущов М. М., Беркович Е. С. Определение износа деталей машин методом искусственных баз. АН СССР, М., 1959.