

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР**

**КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени С. П. КОРОЛЕВА**

ИСПЫТАНИЕ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

КУЙБЫШЕВ 1979

Составители: Д. С. Коднир, А. В. Аносова

Утверждено на редакционно-издательском
совете института 17.11.78 г.

ИСПЫТАНИЕ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

Цель работы — определение экспериментальной зависимости коэффициента трения от нагрузки и вязкости масла при различных температурах (построение участка диаграммы Герси, соответствующего режиму жидкостного трения); определение расчетным путем зависимости минимальной толщины смазочного слоя от нагрузки, а также коэффициента трения от толщины смазочного слоя; определение соотношения между экспериментально замеренным и среднеудельным давлением в рабочей зоне.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Подшипники скольжения — это опоры вращающихся деталей, разделенные слоем смазки и работающие в условиях относительного скольжения цапфы по поверхности подшипника.

Подшипник скольжения (рис. 1) состоит из корпуса (обоймы) 1, вкладыша 2, вала 3.

Корпус 1 изготавливается стальным, а вкладыши — в виде втулок с покрытием из антифрикционных материалов, что позволяет выполнять подшипник сборным и облегчает его ремонт после износа.

В качестве материала для поверхности трения вкладышей применяются баббиты, бронзы или фторопласты.

Подшипники скольжения при эксплуатации испытывают толчки, удары и вибрационные нагрузки. Их нормальная работа зависит от ряда факторов: нагрузки, скорости, смазки, температуры и вязкости масел.

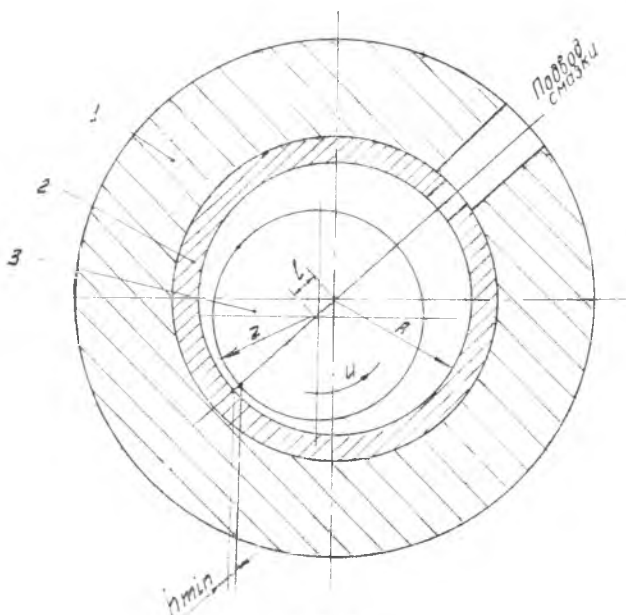


Рис. 1

Для нормально работающего подшипника характерно отсутствие контактирования трущихся поверхностей, и вся нормальная нагрузка передается через смазку. Трение имеет место лишь между элементами смазки. Износ практически отсутствует и долговечность опоры теоретически бесконечна.

Для подшипника скольжения, работающего в условиях жидкостного трения, с увеличением нагрузки увеличивается тепловыделение, уменьшается вязкость масла и толщина смазочного слоя, что снижает коэффициент трения.

Если же толщина смазочного слоя станет меньше суммы высот микронеровностей трущихся поверхностей, то наступит разрыв сплошного смазочного слоя, возникнет контакт поверхностей и подшипник будет работать в условиях смешан-

ного (полужидкостного) трения. Это приведет к резкому увеличению коэффициента трения и неустойчивому режиму работы.

Зависимость коэффициента трения от нагрузки, скорости движения и вязкости смазки определяется диаграммой Герси (рис. 2).

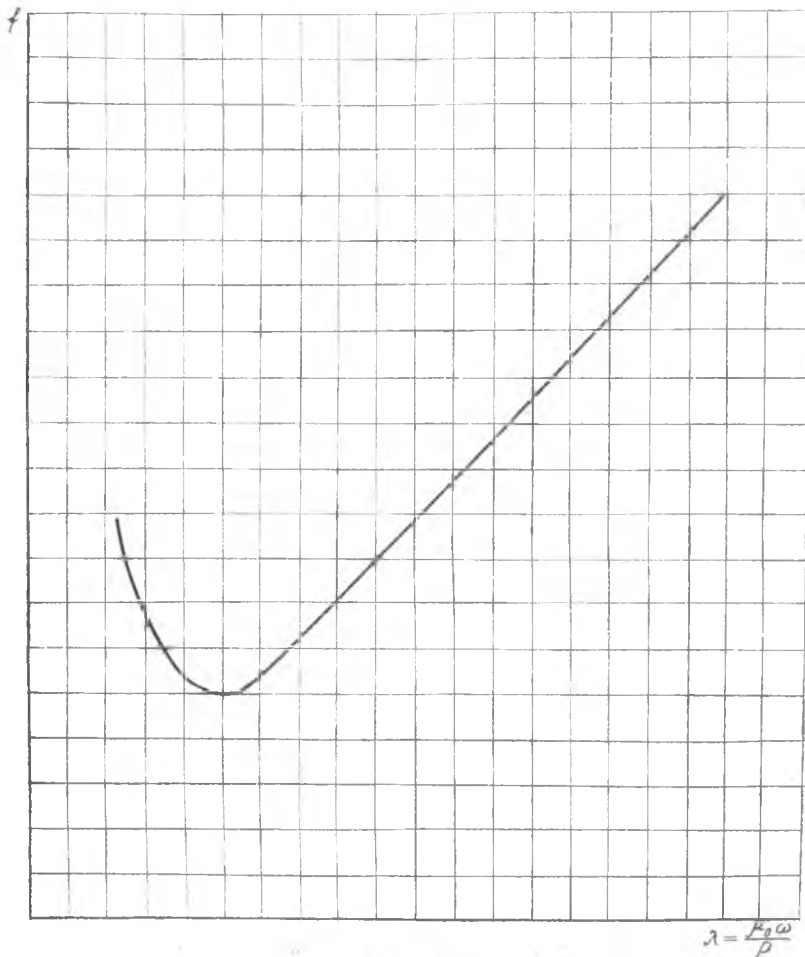


Рис. 2

УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

Испытания проводят на установке, общий вид и схема которой показаны на рис. 3, 4.

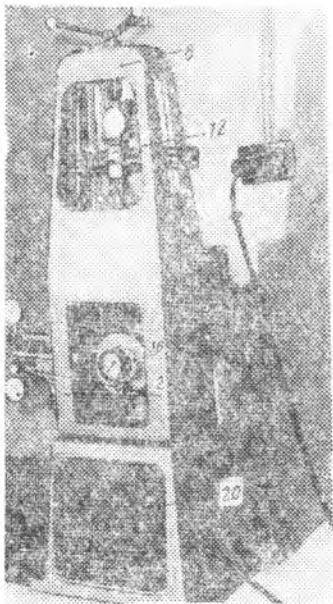


Рис. 3

Установка состоит из станины 8, в которой монтируются электропривод, вал с исследуемым подшипником 16, динамометр 12, устройство для замера параметров работы подшипника скольжения 16 и щиток управления работы установки 20.

Как показано на рис. 4, испытуемый подшипник 16 закрепляется на свободный конец вала 17, который опирается на два шариковых подшипника. Вращение вала осуществляется электродвигателем через клиноременную передачу, позволяющую работать на двух скоростях (с оборотами $n = 600, 1200$ об/мин).

Нагружение подшипника радиальной силой осуществляется динамометрическим устройством 9—12 через укрепленную на обойме подшипника ленту 13.

Устройство для замера момента трения в подшипнике состоит из рычага 6, укрепленного на обойме 16 подшипника, неподвижного рычага 7 с индикатором 5, качающегося кронштейна 3 с пластинчатой динамометрической пружиной 4 и индикатора 2.

Качающийся кронштейн 3 может поворачиваться винтом 1. Для уравнивания рычага 6 служит груз 14, перемещающийся на резьбе по штанге, которая укрепляется с другой стороны обоймы подшипника 16.

Смазка подшипника осуществляется из бачка 15, расположенного в верхней части корпуса шпинделя. Подача масла производится по гибкому трубопроводу и во время работы регулируется краном.

Давление масла в рабочей зоне вкладыша 18 подшипника 16 измеряется манометром 19.

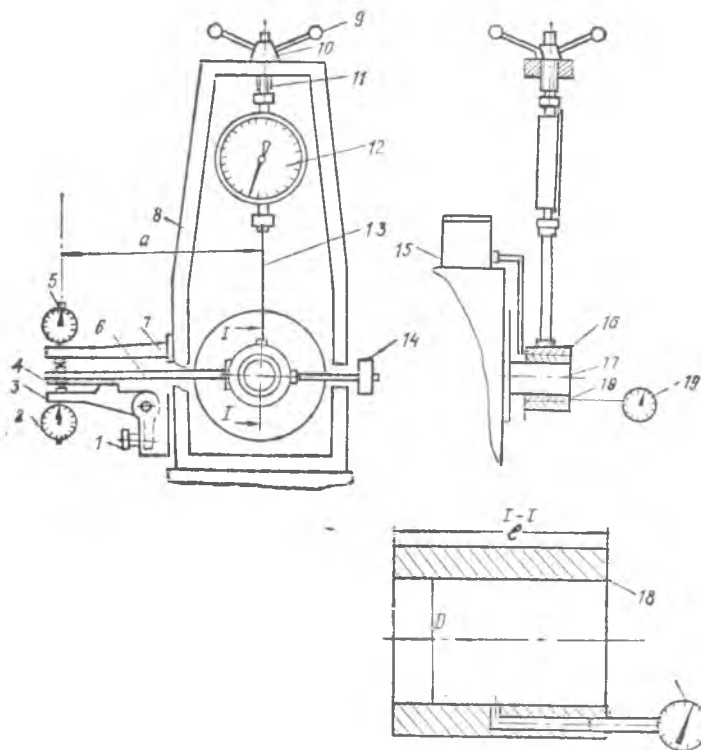


Рис. 4

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТАНОВКИ

1. Диаметр испытуемого подшипника D , мм	—60,04
2. Длина испытуемого подшипника l , мм	—60
3. Диаметр вала d , мм	—59,92
4. Диаметральный зазор $D - d$, мм	— 0,12
5. Относительный зазор $\psi = \frac{R - r}{R}$	— 0,002
6. Скорость вращения вала n , об/мин	—600
ω , с	—62,8
7. Расстояние от оси вала до ножек индикаторов a , мм	—300

Подшипник смазывается смесью масел:

МС-20	—50%
трансформаторного масла	—50%

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед началом работы необходимо отрегулировать аппаратуру для измерения момента трения. При измерениях лента 13 занимает вертикальное положение и ее натяжение не должно влиять на величину измеряемого крутящего момента. Вес рычага 6 уравновешивается грузом 14.

Для регулировки винтом 1 качающийся кронштейн 3 поворачивают так, чтобы пластинчатая пружина 4 упиралась в рычаг 6 снизу, а сверху рычаг упирался в ножку верхнего индикатора 5. В этом положении стрелки индикаторов устанавливаются на нуль. Для проверки правильности установки индикаторов в нулевое положение необходимо, не включая вращение шпинделя, натянуть ленту с усилием 300 кгс (связь между величиной отклонения индикатора и величиной нагрузки рис. 5). При этом стрелки индикаторов 2 и 5 должны показывать нуль или иметь отклонение не более 2—3 делений (0,02—0,03 мм). Настройку измерительного устройства можно вести в обратном направлении, т. е. сначала под нагрузкой устанавливается рычаг в определенном положении, а затем к этому положению подводится пружина и ножки индикаторов. При частичном снятии нагрузки индикаторы не должны изменять начальные нулевые показания или иметь отклонения не более 2—3-х делений.

В процессе проведения испытания при вращении шпинделя против часовой стрелки обойма под действием момента трения поворачивается в том же направлении, а рычаг надавливает на пластинчатую пружину, деформацию которой отмечает индикатор 2. Вначале в бачок 15 заливают масло и открывают кран подачи масла в подшипник. Затем включают электродвигатель без нагрузки, т. е. без натяжения ленты. Далее подшипник нагружают силой $P = 100$ кгс. Чтобы исключить появление дополнительного момента, обусловленного изгибом ленты 13, рычаг 6 необходимо установить в первоначальное положение, для чего вращением винта 1 качающийся кронштейн 3 с пружиной поджимается вверх до тех пор, пока стрелки верхнего индикатора 5 не установятся на нуль. В этом положении отсчитываются показания нижнего индикатора 2 и по тарировочному графику (рис. 6) определяется усилие на рычаге Q , кгс. По манометру 19 определяется также давление в одной точке смазочного слоя (рис. 4). Затем увеличивают нагрузку P до 200, 300, 400, 500 кгс, и для каждой нагрузки снимают показания индикатора 2, измеряю-

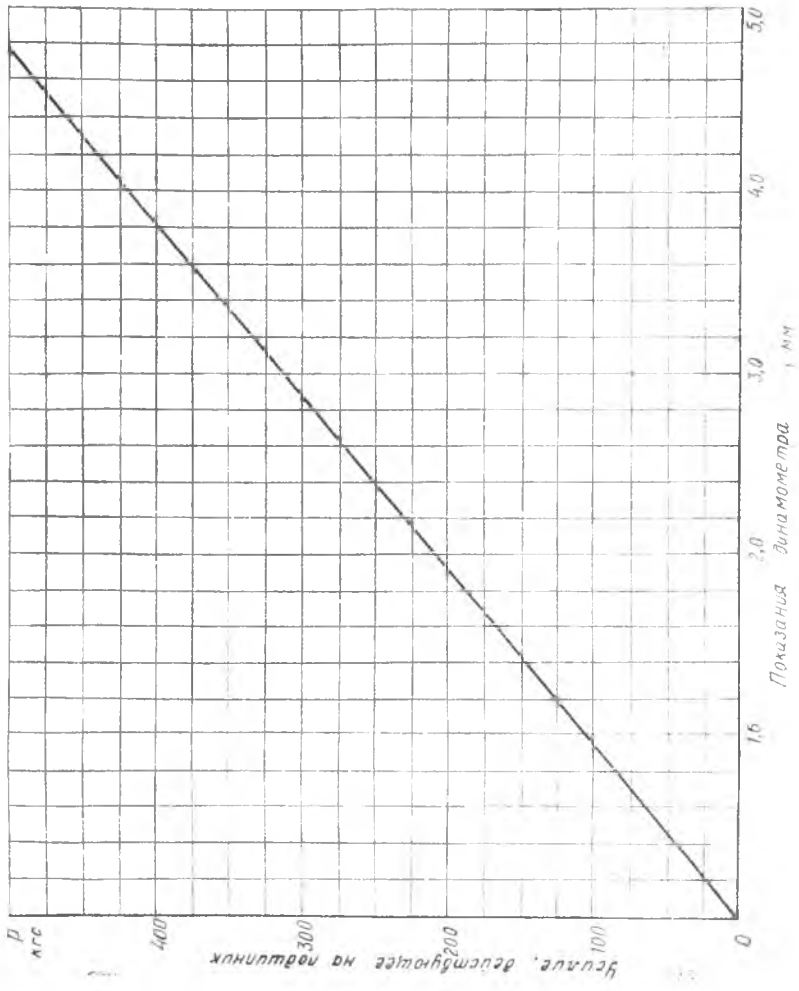


Рис. 5

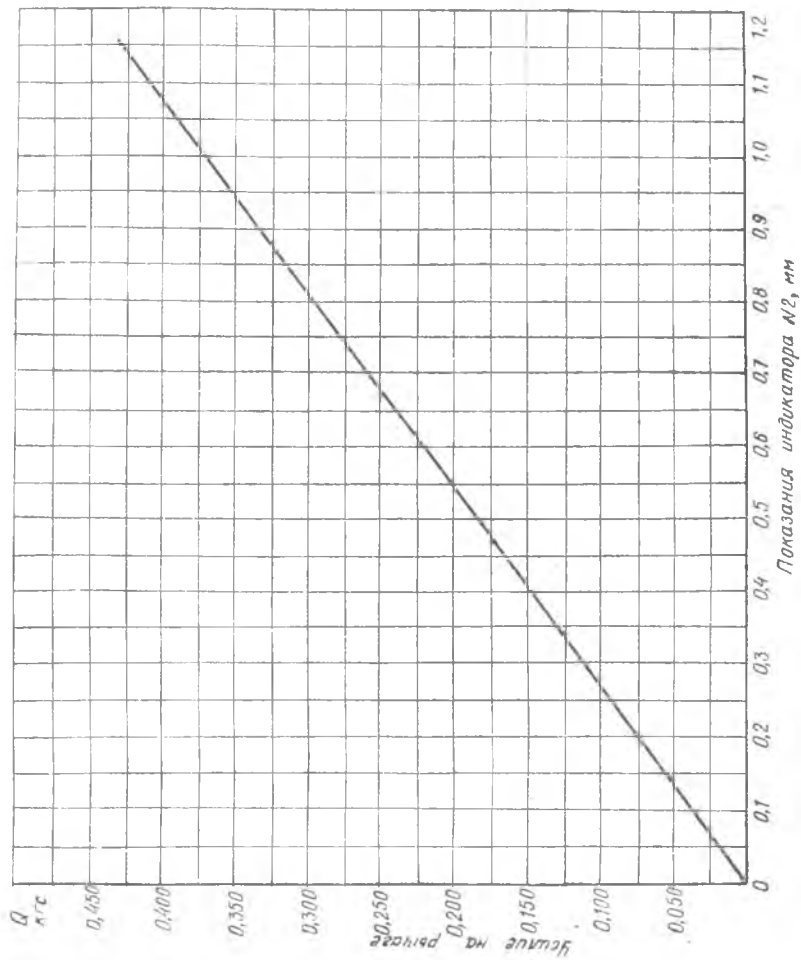


Рис. 6

щего момент трения (причем, в каждом случае качающийся кронштейн устанавливается в первоначальное положение, как и при нагрузке $P = 100$ кгс, а также фиксируется давление в рабочей зоне подшипника).

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Для получения заданной величины нагрузки $P = 100, 200, 300, 400, 500$ кгс, по графику (рис. 5) определяется необходимое значение показаний индикатора I_2 , при этом для каждой нагрузки снимаются показания индикатора I_1 и по тарировочному графику (рис. 6) определяется усилие на рычаг Q , кгс.

При известном усилии для каждой нагрузки определяются момент трения

$$T = Qa \text{ кгс}\cdot\text{м};$$

коэффициент трения

$$f = \frac{2T}{DP} = \frac{2Qa}{DP} = \frac{2 \cdot 0,3 \cdot Q}{0,06 P} = \frac{10 Q}{P};$$

среднеудельное давление

$$p = \frac{P}{Dl} \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2}.$$

Чтобы построить диаграмму Герси (рис. 2), необходимо определить коэффициент режима работы

$$k = \frac{\mu_0 \omega}{P},$$

где μ_0 — абсолютная вязкость масла при температуре испытания, кгс·с/м²;

$\omega = \frac{\pi n}{30} \frac{1}{\text{с}}$ — угловая скорость вращения шпинделя.

Для определения относительного эксцентриситета χ , который непосредственно влияет на минимальную толщину смазочного слоя подшипника скольжения, необходимо определить коэффициент грузоподъемности Φ по формуле

$$\Phi = \frac{P \chi^2}{\mu_0 U l};$$

Таблица 1

$t^\circ\text{C}$	μ_0 кгс/м ²
20	0,0098
25	0,0075
30	0,0060
35	0,0048

где $U = \omega \frac{D}{2}$ м/с — скорость скольжения испытуемого подшипника.

Далее по графику, приведенному на рис. 7а, 7б, определяется χ .

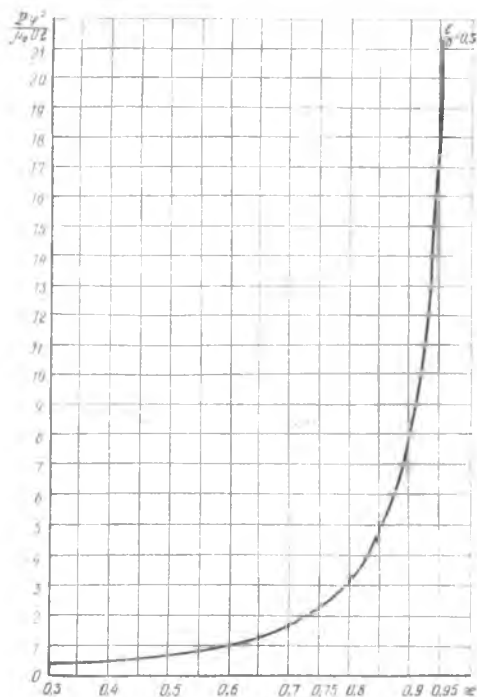
Минимальная толщина смазочного слоя подсчитывается по формуле

$$h_{\min} = \frac{\psi D}{2} 10^3 (1 - \chi),$$

где h_{\min} выражено в мкм, D — в мм.

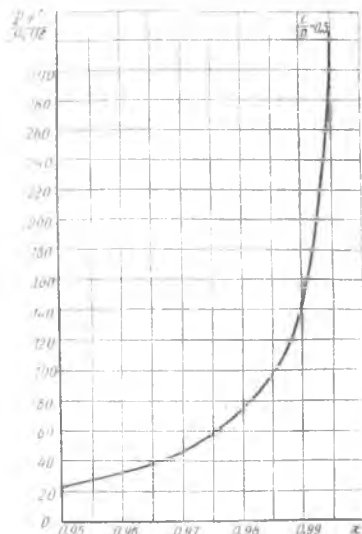
Для возможности сопоставления среднего удельного давления с давлением в рабочей зоне подшипника необходимо перевести p в кгс/см².

Результаты испытаний заносятся в табл. 2.



а

Рис. 7



б

Таблица 2

Расчетные данные	Результаты измерений и расчетов
№ опытов	
Нагрузка P , кгс	
Показания динамометра № 12, мм	
Показания индикатора № 2, мм	
Усилие Q , кгс	
Момент трения $T = Qa$, кгс·м	
Коэффициент трения $f = 10 \frac{Q}{P}$	
Среднеудельное давление $p = \frac{P}{Dl}$, кгс/м ²	
Коэффициент режима работы $\lambda = \frac{p_0 \cdot a}{p}$	
Показания манометра 19, кгс/см ²	
Коэффициент грузоподъемности $\frac{P \cdot \psi^2}{\mu \cdot D \cdot l}$	
Относительный эксцентриситет ε	
$1 - \varepsilon$	
Минимальная толщина смазочного слоя $h_{\min} = \frac{\psi D}{2} (1 - \varepsilon) \cdot 10^3$ мкм	

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Схема установки.
2. Краткое описание установки.
3. Техническая характеристика установки и параметры подшипника (lD) с указанием материала вкладыша.

4. Таблица результатов измерений и расчетов.

5. Графики зависимости: $f = \Phi_1(\lambda)$;
 $f = \Phi_2(h_{\min})$;
 $h_{\min} = f(P)$.

6. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего применяют подшипники?
2. Достоинства и недостатки подшипников скольжения (по сравнению с подшипниками качения)?
3. Почему поверхности трения вкладыша изготавливают из антифрикционного материала?
4. В какую зону по окружности подшипника следует подводить смазку?
5. На основе анализа диаграммы Герси определить, в каком режиме работает подшипник?
6. Какие дефекты могут возникнуть при недостаточной смазке?
7. Как влияет температура на вязкость масла?
8. Как влияет температура на коэффициент трения?
9. Чем объяснить расхождения в определении среднеудельного давления и давления в зоне контакта?

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский В. А. и др. Детали машин. М., «Машиностроение», 1972.
2. Решетов Д. Н. Детали машин. М., «Машиностроение», 1974.
3. Коднир Д. С. Контактная гидродинамика деталей машин. КуАИ, 1970.

Составители: *Давид Самойлович Коднир, Анна Васильевна Аносова*

ИСПЫТАНИЕ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

Лабораторная работа № 6

Редактор Э. Грязнова
Техн. редактор Н. Каленюк
Корректор Т. Полякова

Сдано в набор 9.02.79 г. Подписано в печать 26.03.79 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага оберточная белая. Литературная гарнитура. Высокая печать.
Усл. п. л. 0,70. Уч.-изд. л. 0,62. Тираж 600 экз. Заказ № 195. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Типография УЭЗ КуАИ, Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.