ВНИИНМАШ

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ АНТИСКАЧКОВЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р 50-54-100-88

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

(Госстандарт СССР)

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по нормализации в машиностроении (ВНИИНМАШ)

Утверждены
Приказом ВНИИНМАШ
№ 259 от 21.09.88г.

Метод экспериментальной оценки антискачковых свойств конструкционных и смазочных материалов

Р е к о м е н д а ц и и

Р 50-54-100-88

Москва 1989

УДК 621.891 (083.13) Группа Т 51

РЕКОМЕНДАЦИИ

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ АНТИСКАЧКОВЫХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р 50-54-100-88

ОКСТУ 0023

Настоящие рекомендации распространяются на различные виды материалов, используемые в узлах трения скольжения: конструкционные, смазочные, а также покрытия. Устанавливают метод лабораторной экспериментальной оценки антискачковых свойств этих материалов, т.е. способности обеспечивать равномерность медленных перемещений, плавность торможений, пусков и реверсов, точность позиционирования в различных условиях эксплуатации. Антискачковые свойства - одна из важнейших триботехнических характеристик материалов направляющих металлообрабатывающих станков, механизмов позиционирования и наведения, гироскопов и других точных тихоходных узлов трения, а также смазочных материалов.

Целями испытаний могут служить выборочный контроль серийных материалов, оценка опытных образцов на соответствие их антискачковых свойств техническим условиям и техническому заданию, сравнительная оценка антискачковых свойств сопряжений различных пар материалов.

I. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

I.I. Рассматриваются следующие виды испытаний по оценке антискачковых свойств:

I.- смазочных материалов при эталонных (например, стальных или чугунных) материалах образцов;

2 - конструкционных материалов и покрытий при смазывании эталонным смазочным материалом (например, индустриальным маслом И-40А по ГОСТ 20799-75);

3 - разных сочетаний конструкционных и смазочных материалов;

4 - конструкционных материалов и покрытий без смазочных материалов на воздухе или в специальной атмосфере (вакуум,

инертные газы, химически активная среда и др.).

I.2. Испытания проводятся двумя методами:

основным, при котором задают режимы 3-х ступеней давления (нагрузки) и I2 ступеней скорости и определяют параметры антискачковых свойств по всей их совокупности;

экспрессным, при котором задают один характерный для данных материалов режим давления (нагрузки) и 8+ I2 ступеней скорости и определяют исследуемые параметры по укороченной совокупности режимов.

2. ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ

2.I. Описание испытательной установки ПАС-I для оценки антискачковых свойств материалов приведено в Приложении.

2.2. Эта установка должна обеспечивать:

скорость скольжения в диапазоне от $V_{min} = 0{,}8 \frac{мм}{мин}$ до $V_{max} = 760 \frac{мм}{мин}$ при погрешности не более 5 % и неравномерности скольжения не более 5%;

контактные давления в диапазоне от $P_{min} = 0{,}2$ до $P_{max} = 1$МПа при погрешности задания нагрузки не более I%;

измерение силы трения и амплитуды автоколебаний с погрешностью не более 0,5% при автоматизированных приборных измерениях и не более 5% при визуальном измерении по многооборотному индикатору.

2.3. Испытательная установка должна включать узел привода и рабочий узел.

Узел привода состоит из двигателя постоянного тока с тиристорным управлением и соединяется с рабочим узлом ременной и червячной передачами.

Рабочий узел (рис.I) содержит вращающееся вокруг вертикальной оси горизонтальное кольцо I средним диаметром 200 мм. Осевое биение наружного диаметра кольца (в сборе) во всем диапазоне скоростей не выше 3 мкм. Рекомендуемые материалы кольца – сталь или серый чугун. Верхняя рабочая плоскость кольца шлифованная в случае закаленных металлов или шабренная (глубина шабрения 2–4 мкм, число пятен контакта в квадрате со стороной 25 мм от 20 до 25) для незакаленных металлов. Съемные кольцевые буртики наружный 2 и внутренний 3 образуют масляную ванну.

К кольцу сверху поджимаются нажимным диском 4 три равноудаленных друг от друга одинаковых цилиндрических образца 5 из исследуемого материала. Диаметр образцов выбирается из диапа-

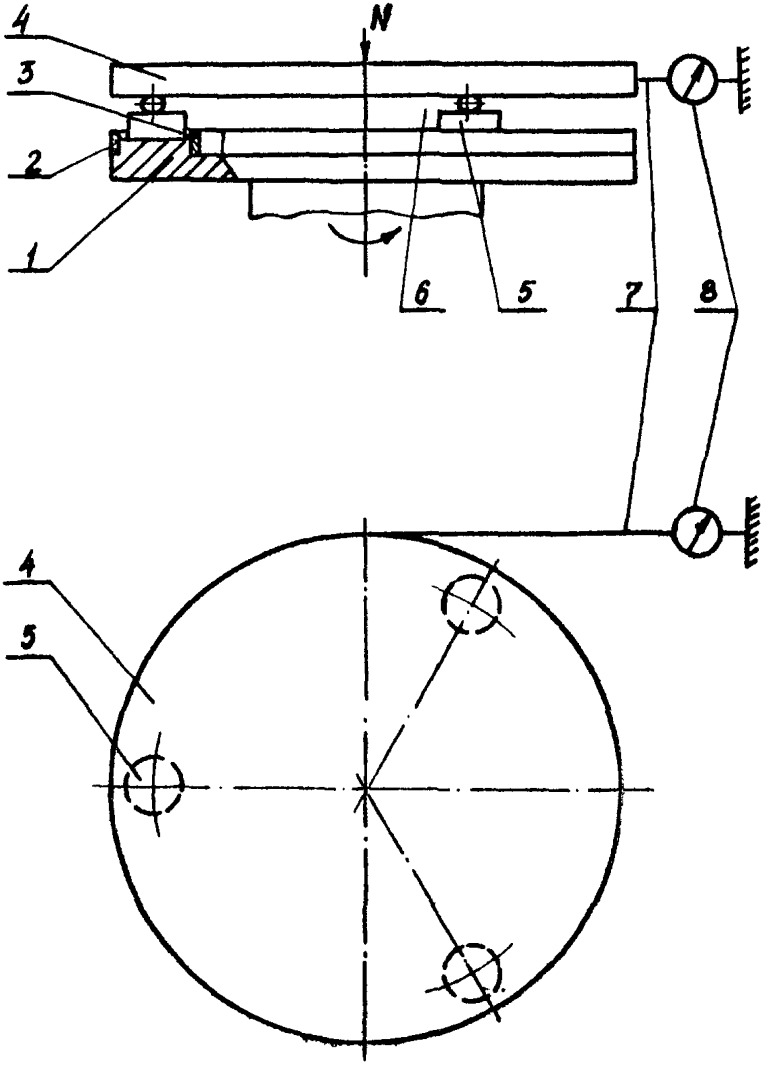


Рис.I. Схема испытательной установки /рабочего узла/

зона 20–30 мм, рекомендуется 28 ± 0,5 мм. Их нижние рабочие плоскости для испытаний I-го ÷ 3-го видов шабренные (рекомендуемая глубина шабрения I0–I2 мкм, число пятен контакта в квадрате со стороной 25 мм от 20 до 25), для испытаний 4-го вида – доведенные (например, на чугунной притирочной плите). Нагрузка на образцы передается от диска 4 через точные шарики 6 шарикоподшипников, установленные в конических опорных выемках.

Диск 4 горизонтальной тягой связан с динамометром 8, укрепленным на неподвижном корпусе. С помощью тензодатчиков или измерительного многооборотного индикатора, установленных на динамометре, измеряется сила трения в контакте образцов с кольцом, а при проскальзывании образцов относительно кольца – также амплитуда автоколебаний. Комплект динамометров разной жесткости должен охватывать диапазон 25–400 $\frac{даН}{мм}$ (рекомендуемые значения жесткости динамометров 40, I60 и 350 даН/мм).

2.4. Приборы, необходимые для измерений:

датчики силы трения и автоколебаний, в качестве которых могут использоваться тензодатчики омического сопротивления, индуктивные, емкостные и другие датчики перемещения в комплекте с усилителями; при достаточной квалификации и опыте исследователя – многооборотный индикатор с ценой деления I мкм ГОСТ 9696-82;

счетчик числа циклов (оборотов кольца);

секундомер или датчик времени (таймер) с I-минутной и 5-минутной отметками.

При измерениях с помощью тензодатчиков к выходу усилителя могут подключаться различные периферийные устройства: осциллограф, самописец, магнитограф, а также аналого – цифровой *преобразователь для обработки результатов измерений на ЭВМ.*

3. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

3.I. После механической обработки рабочих поверхностей образцов (шабрением для испытаний I-го ÷ 3-го вида, доводкой для испытаний 4-го вида) проверяют по краске их прилегание к кольцу: для шабренных образцов число пятен контакта должно быть от 20 до 25, для доведенных образцов площадь контакта должна быть не менее 90%. При необходимости повторяют механическую обработку.

3.2. Рабочие поверхности образцов и кольца тщательно, не менее чем пятикратно, промывают последовательно бензином и

ацетоном с протиркой марлевым тампоном.

Периодически, после испытания каждой партии материалов, проверяют качество очистки поверхностей контрольным испытанием, например, пары чугун-чугун или чугун-сталь, масло И-40А. Проводят испытание экспрессным методом, оценивают параметры антискачковых свойств и сравнивают с эталонными значениями параметров. Если результаты измерений отличаются от эталонных, повторяют пятикратную промывку и протирку рабочих поверхностей с последующим контрольным испытанием.

Если и после этого измеренные значения параметров отличаются от эталонных (что бывает после испытаний антискачковых неметаллических материалов), осторожно очищают поверхность кольца мелкозернистой шлифовальной шкуркой марки М20 ГОСТ10054-82, после чего проводят трехкратную промывку и протирку с последующим контрольным испытанием. Когда в результате очистки измеренные значения параметров равны эталонным, рабочие поверхности считаются подготовленными к испытаниям.

3.3. Для испытаний I-го + 3-го видов наносят на кольцо слой смазочного материала толщиной I-2 мм маслополивом; пластичные и твердые смазки - намазыванием.

3.4. Устанавливают образцы и нажимной диск, а также динамометр требуемой жесткости.

3.5. Для испытаний 4-го вида в специальной среде рабочий узел установки помещают в камеру с контролируемой атмосферой.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

4.I. Задают нагрузку N_{max}, соответствующую P_{max} (для образцов ∅ 28 мм N_{max} = I85 даН), и скорость скольжения кольца относительно образцов 0,3 м/мин. В этом режиме проводят приработку на пути трения не менее 30 м (50 оборотов кольца)[I)] при испытаниях I+3-го видов и не менее 350 м (600 оборотов кольца)[2)] при испытаниях 4-го вида.

4.2. Проводят измерения в следующей последовательности.

4.2.I. Основной метод испытаний.

При нагрузке, соответствующей P_{min} (для образцов ∅ 28 мм P_{min} = 37 даН), задают значения скорости последовательно от

I) Для абсолютного большинства машиностроительных материалов это соответствует стабилизации параметров трения.

2) Наиболее корректно в отсутствии смазочных материалов сравнивать антискачковые свойства конструкционных материалов и покрытий при полном прилегании рабочих поверхностей

V_{min} до V_{max} на n_v = I2 ступенях, охватывающих весь рабочий диапазон скоростей (рекомендуемые V, мм/мин: 0,8; 8; 20; 45; 75; I05; I50; 200; 290; 405; 570; 765); после 5 мин приработки на каждой ступени измеряют значения кинетического коэффициента трения $f_{V_i}^{P_{min}}$ и амплитуды автоколебаний $a_{V_i}^{P_{min}}$.

При V_{min} останавливают движение (при наличии автоколебаний – в момент, предшествующий скачку) и измеряют значение коэффициента трения после остановки $f_o^{P_{min}}$; через $t \approx$ I мин неподвижного контакта[I)] вновь включают движение и измеряют значение статического коэффициента трения $f_{t_1}^{P_{min}}$ в момент трогания с места.

Задают другие контактные давления последовательно от P_{min} до P_{max} на n_p = 3 ступенях (рекомендуемые давления, МПа: 0,2; 0,5; I); на каждой ступени давления регистрируют на n_v ступенях скорости после 5 мин приработки значения $f_{V_i}^{P_i}$ и $a_{V_i}^{P_i}$, а также $f_o^{P_i}$ и $f_{t_1}^{P_i}$.

Вычисляют средние значения амплитуды автоколебаний $a_{ср}$, кинетического (на наименьшей скорости) $f_{V_{min}}^{ср}$ и статических $f_o^{ср}$ и $f_{t_1}^{ср}$ коэффициентов трения, а также осредненного коэффициента трения $f_{ср}$:

$$a_{ср} = \frac{1}{n_p n_v} \sum_{i=1}^{n_p n_v} a_i;$$

$$f_{V_{min}}^{ср} = \frac{1}{n_p} \sum_{i=1}^{n_p} f_{V_{min}}^{P_i}; \quad f_o^{ср} = \frac{1}{n_p} \sum_{i=1}^{n_p} f_o^{P_i};$$

$$f_{t_1}^{ср} = \frac{1}{n_p} \sum_{i=1}^{n_p} f_{t_1}^{P_i}; \quad f_{ср} = \frac{1}{3}\left(f_{V_{min}}^{ср} + f_o^{ср} + f_{t_1}^{ср}\right).$$

Вычисляют наибольшую амплитуду a_{max}, обычно соответствующую режиму трения с P_{max} и V_{min}:

$$a_{max} = \max_{i=1}^{n_p n_v} \left(a_{V_i}^{P_i}\right).$$

Вычисляют процент антискачковых свойств

$$A = \frac{n_p n_v - n_к}{n_p n_v} \cdot 100\%,$$

где $n_к$ – число режимов испытаний, на которых наблюдаются автоколебания.

4.2.2. Экспрессный метод испытаний.

Задают характерный режим давления P_x, на котором условия возбуждения автоколебаний для исследуемых материалов наиболее вероятные: например, $P_x = P_{max}$ для испытаний антискачковых масел или металлических конструкционных материалов; $P_x = P_{min}$ для фторопластов или эластомеров.

I) Возможны и другие значения t – от секунд до суток

Задают значения скорости последовательно от V_{min} до V_{max} на n_v = 8÷12 ступенях и после 5 мин приработки на каждой ступени измеряют значения $f_{V_i}^{P_x}$ и $a_{V_i}^{P_x}$.

При V_{min} останавливают движение и измеряют $f_{t_1}^{P_x}$, через t = 1 мин неподвижного контакта вновь включают движение и измеряют $f_{t_1}^{P_x}$.

Вычисляют средние величины амплитуды автоколебаний $a_{cp}^{э}$ и коэффициента трения $f_{cp}^{э}$:

$$a_{cp}^{э} = \frac{1}{n_v}\sum_{i=1}^{n_v} a_{V_i}^{P_x}; \quad f_{cp}^{э} = \frac{1}{3}\left(f_{V_{min}}^{P_x} + f_{0}^{P_x} + f_{t_1}^{P_x}\right).$$

Вычисляют наибольшую амплитуду автоколебаний $a_{max}^{э}$ (обычно $a_{max}^{э} = a_{max}$) :

$$a_{max}^{э} = \max_{i=1}^{n_v}\left(a_{V_i}^{P_x}\right).$$

Вычисляют процент антискачковых свойств

$$A^{э} = \frac{n_v - n_к}{n_v}\cdot 100\%.$$

5. ОБРАБОТКА И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Основная характеристика антискачковых свойств материалов процент А. В таблице приведены его характерные значения для типовых материалов направляющих станков.

Таблица

Параметры антискачковых свойств станочных материалов (трение по чугуну СЧ25, смазывание маслом И-40А, жесткость динамометра 40 даН/мм)

	Группа материалов	Материал	Параметры			
			А, %	$a_{ср}$, мкм	a_{max}, мкм	$f_{ср}$
Металлы	Черные	Чугун СЧ25	2	95	390	0,21
	Цветные сплавы	Бронза БР ОЦС6-6-3	11	70	270	0,18
Полимеры	На основе реактопластов	Эпоксидный компаунд УП-5-250	2	115	465	0,21
	На основе термопластов	Сополимер СФД-ВМ-ГС	88	30	75	0,14
	-"-	Наполненный фторопласт Ф4К15М5	100	0	0	0,06

Отличными считаются антискачковые свойства при А = 100%, хорошими при $75\% \leq A < 100\%$, удовлетворительными при $50\% \leq A < 75\%$, слабыми при $20\% \leq A < 50\%$, неудовлетворительными при $A < 20\%$.

Дополнительными характеристиками антискачковых свойств являются $f_{ср}$, характеризующий также антифрикционные свойства материалов, и амплитуды $a_{ср}$ и a_{max} типовые значения которых приведены в таблице.

Вспомогательной наглядной характеристикой антискачковых свойств может служить статокинетическая характеристика трения в виде единого графика зависимости коэффициента трения f от скорости скольжения V и времени неподвижного контакта t. На рис.2 предоставлены типовые статокинетические характеристики материалов направляющих станков.

В лабораторных исследованиях можно определять значения коэффициента трения не при ступенчатом изменении скорости, а при непрерывном ее изменении с заданным ускорением. Получаемые статодинамические характеристики трения при положительном ускорении (возрастании скорости от 0 до V_{max}) расположены обычно несколько выше (рис.2, кривые I' и 2'), а при отрицательном ускорении (уменьшении скорости от V_{max} до 0) – обычно несколько ниже[1] (рис.2, кривые I" и 2") кинетической характеристики. Это различие можно рассчитать из предположения, что параметры динамического (при движении с ускорением) трения при мгновенной скорости V_i, которой соответствует момент времени t_i, определяются условиями трения в предшествующий отрезок времени Δt_i и равны параметрам кинетического (при равномерном движении) трения при скорости V, равной средней за период Δt_i; величина Δt_i зависит от ускорения.

---

[1] Для антискачковых масел (рис.2, кривые 4' и 4") – наоборот, для фторопластов (рис.2, кривые 3' и 3") разница кинетической и динамической характеристик несущественна

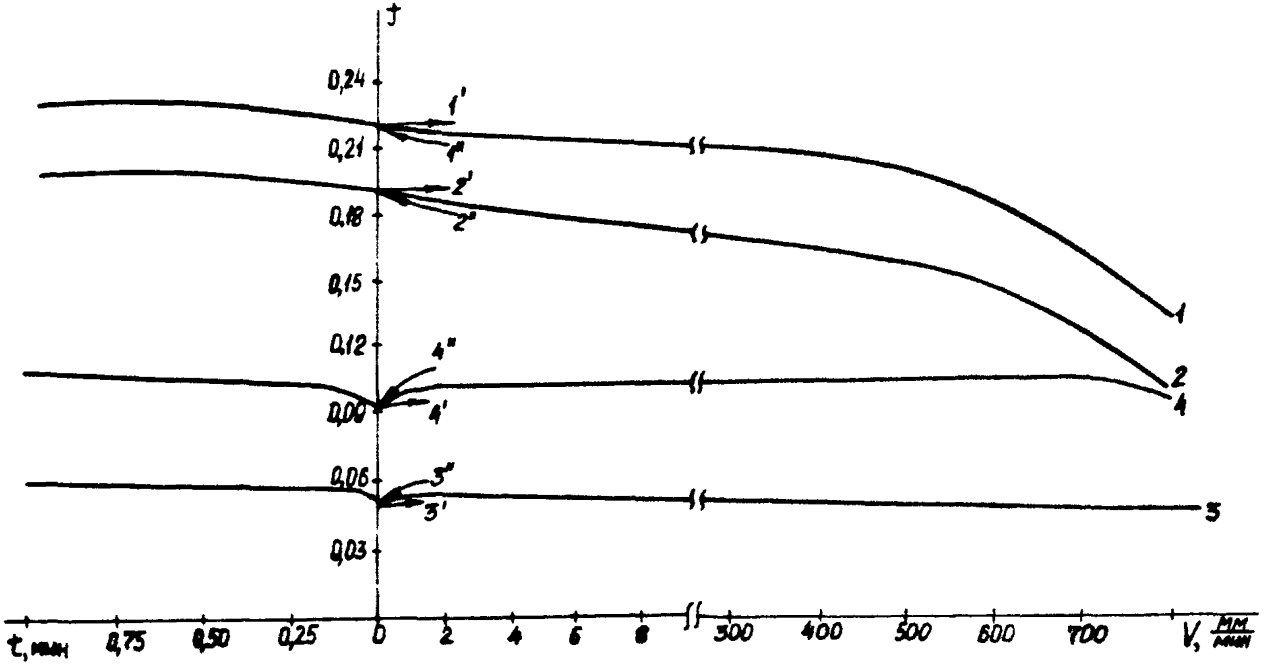


Рис.2.Статокинетические характеристики трения по стали при p=IMПа: смазывание маслом И-40А, материалы -чугун СЧ25 /I/, бронза БрОЦС6-6-3/2/, фторопласт Ф4КI5М5/3/; смазывание маслом ИНСп-40, материал-чугун СЧ-25/4/

Приложение
Рекомендуемое

Прибор для оценки антискачковых свойств конструкционных и смазочных материалов ПАС-I

(описание)

Более чем 20-летний опыт испытаний в ЭНИМСе на стенде ЛОН-23Н показал правильность принятой в этом стенде схемы испытаний (см.рис.I). Она реализована в серийном приборе ПАС-I настольного исполнения.

Прибор состоит из тиристорного электропривода ЭТПТI и рабочего узла. Блок управления приводом расположен на общем основании с рабочим узлом, двигатель постоянного тока - на отдельном основании (для исключения влияния его вибраций на измерения). Двигатель связан зубчатоременной передачей с валом червяка, передающим вращение червячному колесу.

Схема рабочего узла представлена на рис.3. Вращение получает полый вал I червячного колеса, на верхнем торце которого укреплено кольцо 2. К ограниченному съемными буртиками верхнему торцу кольца поджаты три одинаковых цилиндрических образца 3 из контролируемых материалов, равноудаленные друг от друга. Трение осуществляется между торцами образцов 3 и круговой направляющей кольца 2. Нагрузка на образцы передается через нагрузочный винт 4, гайку с ручками 5, упорный шарикоподшипник 6 и нажимной диск 7. Последний винтами 8 через сухари (на рис.3 не показаны) может поджиматься к лыскам резьбовой поверхности винта 4.

Нажимной диск 7 в горизонтальной плоскости связан с измерительным динамометром 9 тягой I0. На верхнем торце винта 4 укреплен нагрузочный динамометр II, соединенный со струной I2, проходящей через сквозные осевые отверстия винта 4 и вала I и укрепленной нижним концом на неподвижном корпусе I3. Вращением гайки 5 и соответствующим подъемом или опусканием винта 4 создают определенное натяжение струны I2, которое обеспечивает требуемую для испытаний нагрузку на образцы 3.

Центрирование нагрузочного винта с гайкой и нажимным диском осуществляется винтом 4, нижний гладкий конец которого расположен с зазором в шарикоподшипнике. На внутреннем кольце последнего находится фторопластовая втулка. Для демпфиро-

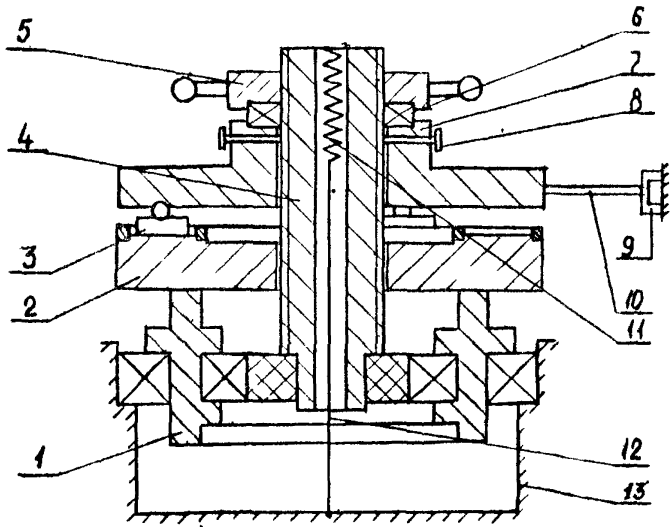


Рис.3. Схема рабочего узла прибора ПАС-I
/привод вращения вала I
условно не показан/

вания колебаний номинально постоянной скорости вращения вала I на нем предусмотрена установка масляного демпфера.

Прибор работает следующим образом. При отвинченной гайке 5 и поднятом (и поджатом в верхнем положении к лыскам винта 4) нажимном диске 7 очищают согласно п.3 Р рабочую поверхность кольца 2 и устанавливают на нее три очищенные образца 3. Ослабляют винты 8, опускают диск 7 на образцы (через шарики), слегка поджимают его в нижнем положении к лыскам винта 4; вращением гайки 5 устанавливают по динамометру II нагрузку испытаний. Включают двигатель с заданной скоростью. Проводят испытание согласно п.4 Р и по динамометру 9 оценивают коэффициент трения и амплитуду автоколебаний образцов с диском. Вращением гайки 5 и регулятора электропривода изменяют нагрузку на образцы 3 и скорость вращения кольца 2; повторяют испытания на других режимах. После окончания испытания выключают привод, отвинчивают гайку 5 и поднимают диск 7 для смены образцов или смазочного материала.

Литература

I. Лапидус А.С., Портман В.Т., Левин Г.А. Стенд для испытания антифрикционных и антискачковых свойств материалов и масел // Станки и инструмент. - 1974. - №I.

2. Применение полимерных материалов для направляющих металлорежущих станков: Методические рекомендации/ Ред. А.С.Лапидус и П.К.Дашен.-М.: НИИМАШ, 1983.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕСЕНЫ ЭНИМС Минстанкопрома СССР

ИСПОЛНИТЕЛИ: к.т.н. Н.В.Гитис (руководитель темы), к.т.н. А.С.Лапидус, А.И.Крохотин; Б.Н.Чижов; А.В.Никитин

УТВЕРЖДЕНЫ ПРИКАЗОМ ВНИИНМАШ № 259 от 2I.09.88г.

ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

Ссылочные нормативно-технические документы

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, приложения
ГОСТ 20799-75	I.I
ГОСТ I0054-82	3.2

Содержание С.

I. Общие требования 3
2. Приборы и материалы 4
3. Подготовка к испытаниям 6
4. Проведение испытаний 7
5. Обработка и оценка результатов 9
Приложение рекомендуемое I2
Литература I4
Информационные данные I5

Метод экспериментальной оценки антискачковых свойств конструкционных и смазочных материалов

Рекомендации Р 50-54-I00-88

Редактор Волкова А.И.
Мл.редактор Еремеева Т.В.

ВНИИНМАШ Госстандарта СССР

Ротапринт ВНИИНМАШ I23007 Москва, ул.Шеногина, 4
Тираж 300 экз. Объем 0,7 уч.-изд.л. Цена 50 коп.
Заказ №

gost.e-ecolog.ru