

**ОПД.Ф.02.04 ДЕТАЛИ МАШИН**  
**АНАЛИЗ РАБОТЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ**  
Методические указания к лабораторной работе

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение конструкций предохранительных муфт, экспериментальное определение момента срабатывания и остаточного момента муфт; сравнение измеренного момента срабатывания с расчетным по величине их относительной погрешности.

## 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Муфты приводов - это сборочные единицы, предназначенные для соединения валов и передачи вращающего момента между ними. Предохранительные муфты, кроме того, служат для защиты деталей привода от повреждений при перегрузках, т.е. при превышении расчетного момента на рабочем органе. В этом случае происходит разрыв кинематической цепи за счет относительного перемещения полумуфт. Сведения о конструкциях муфт, их характеристиках см. в [1], [2], [3].

Момент срабатывания - это вращающий момент, при котором начинается относительное перемещение полумуфт и резкое падение нагрузки в кинематической цепи. В предохранительных муфтах, в которых рабочие элементы замыкаются пружинами, после срабатывания продолжается расцепление полумуфт при меньших величинах моментов, названных остаточными. Это можно объяснить различием коэффициентов трения покоя (в момент срабатывания) и движения (остаточный момент).

На рис.1 показано изменение вращающих моментов ( $T_{ср}$  - момента срабатывания;  $T_{ост}$  - остаточного момента): а) для фрикционных (дисковых, конусных) муфт; б) для кулачковых и шариковых муфт.

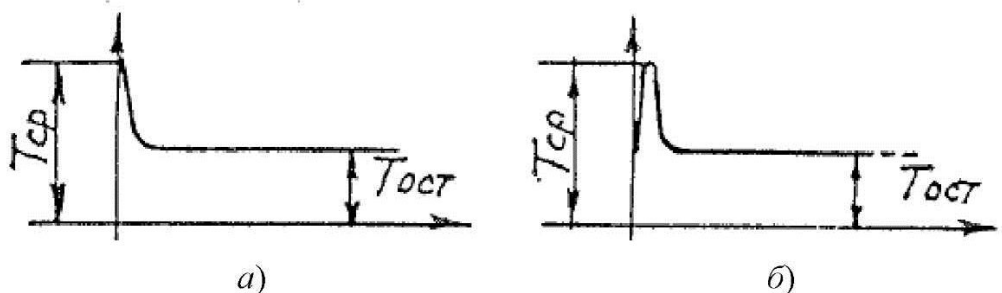


Рис.1. Вращающие моменты при срабатывании предохранительных муфт .

Коэффициент остаточного момента определяется по формуле

$$K_{ост} = T_{ост} / T_{ср} . \quad (1)$$

Устойчивость работы муфты или диапазон разброса нагрузки при срабатывании муфты вследствие нестабильности коэффициента трения характеризуется коэффициентом точности срабатывания

$$K_{\text{точ}} = T_{\text{ср max}} / T_{\text{ср min}} , \quad (2)$$

где  $T_{\text{ср max}}$  и  $T_{\text{ср min}}$  - наибольшая и наименьшая величины момента срабатывания при многократных испытаниях.

Относительная погрешность расчетного (заданного) и экспериментального моментов срабатывания определяется по зависимости

$$\Delta = 100(T - T_{\text{ср m}}) / T \% , \quad (3)$$

где  $T$  - величина расчетного (заданного) момента;

$T_{\text{ср m}}$  - среднеарифметическая величина экспериментального момента срабатывания муфты.

### 3. ОБЪЕКТЫ ИСПЫТАНИЯ

В работе испытываются четыре муфты: две зацепления (кулачковая и шариковая) и две фрикционные (дисковая и конусная). Силовое замыкание полумуфт осуществляется пружинами сжатия.

Формулы для расчета момента срабатывания  $T$  по известному осевому усилию на пружине  $F$  или для расчета  $F$  по заданному моменту  $T$  и технические параметры муфт приведены в табл. 1.

В табл. 1 обозначено :

$D$  - средний диаметр кулачков, диаметр расположения шариков, средние диаметры дисков и рабочего конуса;

$d$  - диаметр шлицевого (шпоночного) соединения полумуфты и вала;

$d_{\text{ш}}$  - диаметр шарика;

$h_{\text{ш}}$  - высота выступающей части шариков;

$z$  - число пар поверхностей трения;

$\alpha$  - угол профиля кулачка;

$\beta$  - половина угла конуса при вершине;

$\varphi$  - угол трения на кулачках и шариках;

$\gamma$  - угол наклона касательной в точке соприкосновения шариков к оси муфты;

$f$  - коэффициент трения в подвижном соединении полумуфты и вала;

$f_0$  - коэффициент трения: на кулачках; между шариками; на фрикционных поверхностях (материалы - сталь - текстолит).

Тарировочные характеристики пружин муфт указаны в табл. 2.

### 4. УСТРОЙСТВО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

Испытательный стенд (рис.2) включает в себя три системы: привода вращения, нагружения и измерения момента.

Таблица 1

Формулы для расчета  $T$  и  $F$  в муфтах

Параметры	Наименование муфты			
	кулачковая	шариковая	дисковая	конусная
1. $T, \text{Н}\cdot\text{м}$	$\frac{FD}{2000[\text{tg}(\alpha - \varphi) - D \cdot f/d]}$	$\frac{FD}{2000[\text{tg}(\gamma - \varphi) - D \cdot f/d]}$	$\frac{FD \cdot z \cdot f_0}{2000}$	$\frac{FD \cdot f_0}{2000 \sin \beta}$
2. $F, \text{Н}$	$\frac{2000T[\text{tg}(\alpha - \varphi) - D \cdot f/d]}{D}$	$\frac{2000T[\text{tg}(\gamma - \varphi) - D \cdot f/d]}{D}$	$\frac{2000T}{D \cdot z \cdot f_0}$	$\frac{2000T \sin \beta}{D \cdot f_0}$
3. $D, \text{мм}$	58	60	65	90
4.	$d = 40 \text{ мм}$	$d = 40 \text{ мм}; d_{\text{ш}} = 10 \text{ мм}$	$z = 5$	
5.	$\alpha = 45^\circ$	$h = 2,5 \text{ мм}$		$\beta = 20^\circ$
6. $f$	0,15	0,15	–	–
7. $f_0$	0,1 ... 0,12	0,07 ... 0,1	0,25 ... 0,4	0,25 ... 0,4
8.	$\varphi = \text{arctg } f_0$			
9.	$\gamma = \arcsin [(d_{\text{ш}} - h) / d_{\text{ш}}]$			

Таблица 2.

Зависимость осевой силы  $F$  (Н) на пружине от ее длины  $L$  (мм)

при прямом ходе нагружения.

Осевое усилие пружины $F$	0	100	200	300	400	500
	52,3	49	45	41	37	32,2
Муфты	53	49	45	41	37	32,5
	53	49	44	39	35	30,2
	53	49	44,5	39	34,5	30

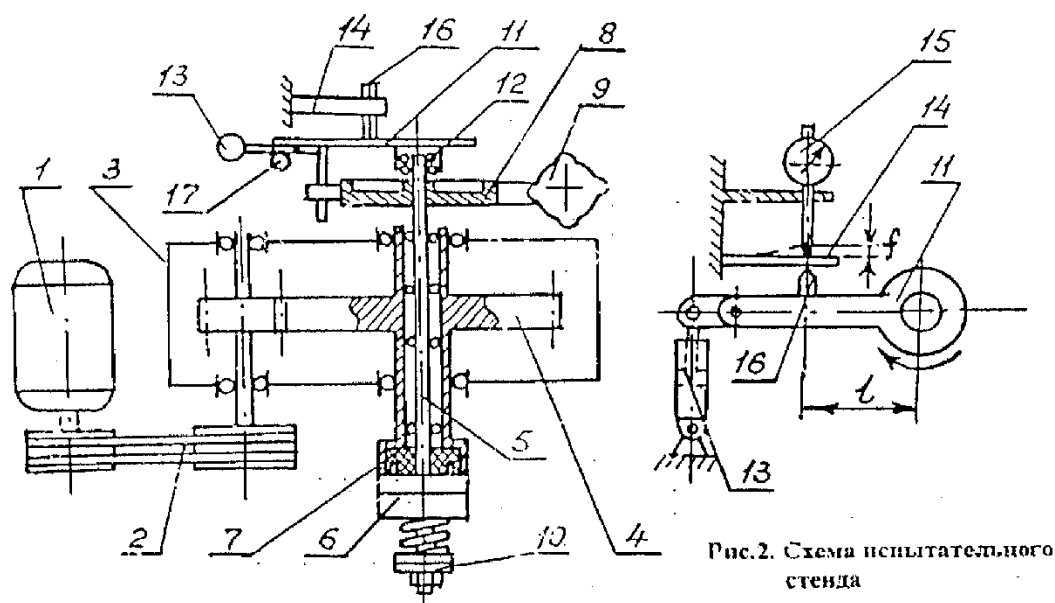


Рис. 2. Схема испытательного стенда

**4.1 Привод вращения** муфты осуществляется электродвигателем *1* мощностью 0,6 кВт, с частотой вращения  $940 \text{ мин}^{-1}$  через клиноременную передачу *2* и зубчатый цилиндрический одноступенчатый редуктор *3*, имеющий полый выходной вал колеса *4*, внутри которого на подшипниках находится ведомый вал *5*, имитирующий рабочий орган машины. Валы *4* и *5* соединяются испытуемой муфтой *6*, представляющей собой отдельный быстросменный узел.

Муфта надевается на шпонку консоли вала *5*. Ведущая полумуфта вводится тремя цилиндрическими штифтами на ее торце в отверстия упругого диска *7*, соединенного с валом *4* редуктора. Муфта закрепляется в осевом направлении на валу *5* прорезной шайбой и гайкой. Затем закрывается защитным прозрачным кожухом.

**4.2. Система нагружения** включает шкив *8*, установленный на другом конце вала *5* и охватываемый двумя рычагами с тормозными колодками. Величина тормозного момента регулируется силой давления колодок на шкив за счет вращения маховика *9* стяжного винта. Величина момента срабатывания муфты зависит от настройки длины винтовой пружины муфты *6* при помощи круглой гайки с контргайкой *10*.

Тормозные рычаги имеют балансирную подвеску: их ось связана с рычагом *11* и обоймой *12*, установленной на двух подшипниках качения на валу *5*. Таким образом, балансирная подвеска дает возможность тормозной системе поворачиваться относительно оси вала *5*, что необходимо для измерения момента.

Для гашения колебаний, возникающих при срабатывании муфты используется гидравлический демпфер **13**, корпус которого шарнирно связан с основанием стенда, а шток поршня с рычагом **11**.

**4.3. Система измерения** момента состоит из консольно закрепленной в неподвижной стойке плоской измерительной пластины **14** и индикатора часового типа **15** с ценой деления 0,01 мм.

При замыкании тормозных колодок шкив **8** силой сцепления с колодками поворачивает тормозные рычаги и связанный с ними рычаг **11** в сторону вращения. На расстоянии  $l = 67,5$  мм от оси поворота на рычаге **11** закреплена призма **16**, которая деформирует измерительную пластину **14**. Прогиб  $f$  пластины **14** фиксируется индикатором **15**.

При измерении прогиба  $f$  тензорезисторами тормозной механизм блокируется винтом **17**.

По замеренной величине  $f$  и известным размерам пластины **14** можно определить величину приложенной на призме **16** силы  $Q$ .

Тарировочная характеристика измерительной пластины **14** приведена в табл. 3.

Таблица 3

Деформация измерительной пластины в зависимости от усилия  $Q$

Усилие $Q$ , Н		200	400	600	800
Деформация $f$ в делениях индикатора $n_{\text{инд}}$	Прямой ход	130	250	370	490
	Обратный ход	140	250	380	-

Величина тормозного момента  $T'$  соответствующая  $T_{\text{ср}}$  и  $T_{\text{ост}}$  определяется по формуле

$$T' = k N l / 10^3 \text{ Н.м,} \quad (4)$$

где  $k = Q / n_{\text{инд}}$  - масштабно-тарировочный коэффициент измерительной пластины по данным табл.3;

$N$  ( $N_{\text{ср}}$  или  $N_{\text{ост}}$ ) - прогиб  $f$ , выраженный в показаниях индикатора, полученных при измерениях; при  $l = 67,5$  мм  $T = 67,5kN / 10^3$ .

## 5. ОХРАНА ТРУДА

Общие правила по охране труда для студентов и сотрудников в лаборатории "Детали машин" изложены в инструкции N289.

Для данной работы следует особо подчеркнуть:

1) При настройке длин пружин муфт при помощи гаечных ключей **выдвижной ящик стенда должен быть закрыт (задвинут внутрь)**.

- 2) Запрещается устанавливать длину пружины муфты **менее 40 мм**.
- 3) Перед включением стенда в сеть убедиться в надежности установки муфты на валу.
- 4) Категорически **запрещается включение двигателя при снятом (открытом) защитном кожухе муфты**.
- 5) Запрещается включать двигатель при затянутых на шкиве колодках тормоза.

## **6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

**6.1.** После изучения настоящих указаний следует выполнить подготовку к проведению экспериментальной части работы.

**6.1.1.** Построить тарировочные графики измерительной пластины (пружины) стенда (табл.3) и замыкающей пружины муфты (табл.2). Определить среднюю величину масштабно-тарировочного коэффициента  $k$  измерительной пластины **14**.

**6.1.2.** По величине заданного преподавателем момента  $T$  рассчитать для каждой муфты значение осевой силы  $F$  замыкающей пружины (формулы в табл.1). По величине  $F$  из табл.2 интерполяцией найти соответствующую силе длину пружины  $L$ .

Если преподавателем задается установочная длина  $L$  пружин (одна для всех муфт), то следует решить обратную задачу: по табл.2 определить силы  $F$ , соответствующие длине  $L$ , и по формулам табл.1 рассчитать моменты  $T$ , которые должны передавать муфты.

**6.1.3.** Заготовить таблицу (см. приложение: **бланк отчета**, раздел 4) для записи результатов измерения.

**6.1.4.** Установить испытуемую муфту на шпонку консоли ведомого вала **5**. Слегка поворачивая муфту, ввести штифты ведущей полумуфты в отверстия упругого диска **7**. На конец вала **5** надеть прорезную шайбу и зафиксировать муфту в осевом направлении шестигранной гайкой.

**6.1.5.** С помощью специальных ключей отвернуть круглую контргайку **10**, вращая вторую (регулировочную) гайку, по линейке установить длину пружины  $L$  и завернуть контргайку.

**6.1.6.** Осмотреть тормозное устройство, убедиться в его расторможенности и в том, что в период пуска нагрузка равна нулю.

**6.1.7.** Установить индикатор в стойку стенда с натягом в один оборот и выставить на нуль его шкалу. Проверить при этом, что призма **16** касается пластины **14**.

**6.1.8.** Закрывать муфту защитным кожухом.

## **6.2. Экспериментальная часть работы:**

**6.2.1.** В присутствии преподавателя включить привод и произвести первое пробное нагружение стенда, плавно вращая маховик **9**, до срабатывания муфты. Зафиксировать показания индикатора, соответствующие моменту срабатывания и остаточному моменту.

**6.2.2.** Маховиком **9** растормозить ведомый вал, т.е. снять с него нагрузку, до нулевого положения индикатора, чтобы исходное состояние покоя муфты было одинаковым при всех измерениях.

**6.2.3.** Повторить опыт для каждой муфты не менее **5...8** раз, записывая показания индикатора  $N_{ср}$  и  $N_{ост}$  в таблицу результатов.

**6.2.4.** Выключить двигатель снять защитный кожух и заменить испытанную муфту.

**6.2.5.** В последовательности п.п. 6.1.4...6.2.4 выполнить эксперимент с другими муфтами.

**6.2.6.** Подписать у преподавателя таблицу результатов и получить у него задание на составление индивидуального отчета.

**6.2.7.** Сдать муфты, индикатор, инструмент и литературу. Привести стенд и рабочее место в порядок.

## **7. УКАЗАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

О проделанной работе каждый студент представляет индивидуальный отчет, оформленный по типовой форме кафедры. Типовой бланк отчета приведен в приложении (с. 11...12).

К бланку отчета студентом прикладывается лист с эскизом муфты в разрезе, где должны быть указаны позиции всех деталей и приведен перечень их наименований.

Здесь же следует изобразить схему сил, действующих на соединительные элементы муфты при ее срабатывании. **Муфта для эскиза (с. 13...16) выдается преподавателем индивидуально.**

## **8. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

- 1) Назначение муфт и основные элементы их конструкций.
- 2) Виды смещений осей валов.
- 3) Классификация муфт.
- 4) Методика подбора соединительных муфт.
- 5) Предохранительные муфты: особенности конструкции и принцип действия.
- 6) Что такое автоматическая предохранительная муфта?
- 7) Устройство на (натуре) : а) привода вращения стенда; б) системы нагружения; в) системы измерения моментов.



- 8) Какие конструктивные параметры и как влияют на  $T_{\text{ср}}$  муфт в данной работе.
- 9) Что такое  $T_{\text{ср}}$  и  $T_{\text{ост}}$ ? Почему  $T_{\text{ср}} > T_{\text{ост}}$ ?
- 10) Какая величина  $K_{\text{точ}}$  и  $K_{\text{ост}}$  является наилучшей, исходя из эксплуатационных соображений?
- 11) Предложите меры по повышению эффективности работы предохранительных муфт.
- 12) На эскизе муфты покажите через какие детали передается силовой поток замыкания соединительных элементов.
- 13) Проанализируйте силы на рабочих поверхностях исследуемых муфт.
- 14) Какие конструктивные условия необходимо выполнить, чтобы кулачковая и шариковая муфты были автоматическими предохранительными?
- 15) Как влияет материал соединительных элементов на  $T_{\text{ср}}$ ?
- 16) Каким образом соединяются фрикционные накладки из неметаллов с дисками муфты?
- 17) Что называется характеристикой пружины?
- 18) Как тарировать: а) замыкающую пружину муфты; б) измерительную пластину стенда?
- 19) Какой принцип измерения момента используется в испытательном стенде?
- 20) Как конкретно измерить тормозной момент на стенде?
- 21) Чем можно объяснить погрешности расчетных и экспериментальных данных?

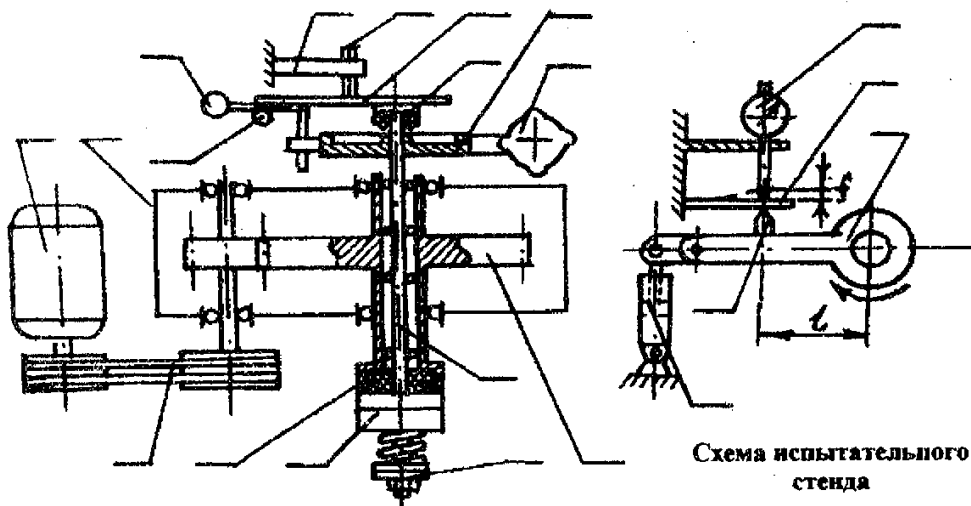
## **9. ЛИТЕРАТУРА**

1. Решетов Д.Н. Детали машин.- М.: Машиностроение, 1989.
2. Леликов О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу "Детали машин".- М.: Машиностроение, 2002. 440
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин.- М.: Высш. шк., 2001.- 447 с.
4. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам.- Л.: Политехника, 1991.- 384 с.

# АНАЛИЗ РАБОТЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ

Цель работы: \_\_\_\_\_

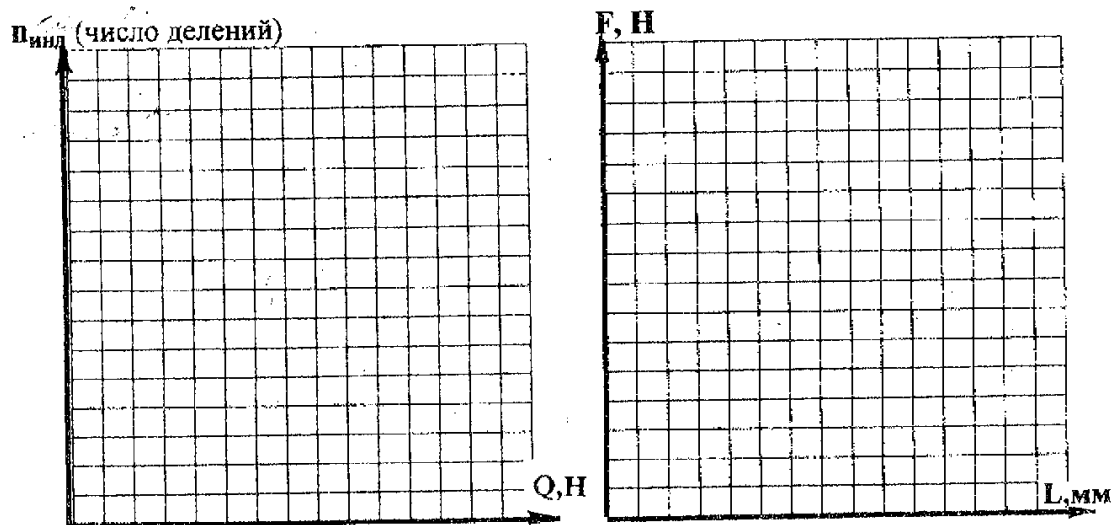
## 1. Устройство стенда



Обозначение позиций на рисунке:

## 2. Техническая характеристика \_\_\_\_\_ муфты

### 3. Тарировочные графики:



а) измерительной пластины:

б) пружины муфты

Масштабно-тарировочный коэффициент измерительной пластины:

$$k = \frac{Q}{n_{\text{инд}}} = \frac{H}{\text{чис.дел.}}$$

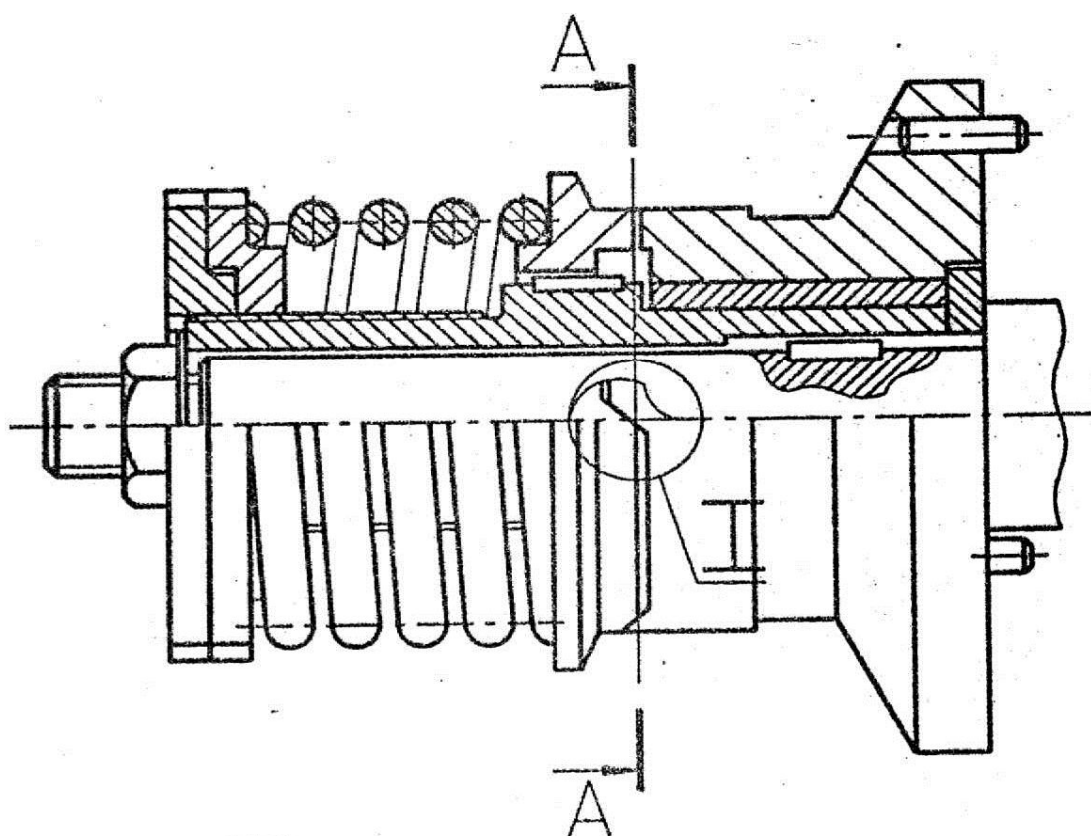
### 4. Результаты экспериментальных исследований:

Тип муфты		кулачковая		шариковая		дисковая		конусная	
Длина пружины L, мм									
Усилие F, Н;									
Момент T, Н·м (по формуле)									
Показания индикатора n <sub>инд</sub>		N <sub>ср</sub>	N <sub>ост</sub>	N <sub>ср</sub>	N <sub>ост</sub>	N <sub>ср</sub>	N <sub>ост</sub>	N <sub>ср</sub>	N <sub>ост</sub>
опыт	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
Среднее значение N									
Коэффициент остаточного момента K <sub>ост</sub> =N <sub>ост</sub> /N <sub>ср</sub>									
Коэффициент точности K <sub>точ</sub> =N <sub>ср max</sub> /N <sub>ср min</sub>									
Среднее значение T <sub>ср</sub> =N·k·67,5/10 <sup>3</sup> Н·м									
Погрешность Δ=(T-T <sub>ср</sub> )·100/T, %									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
									Лист
									2

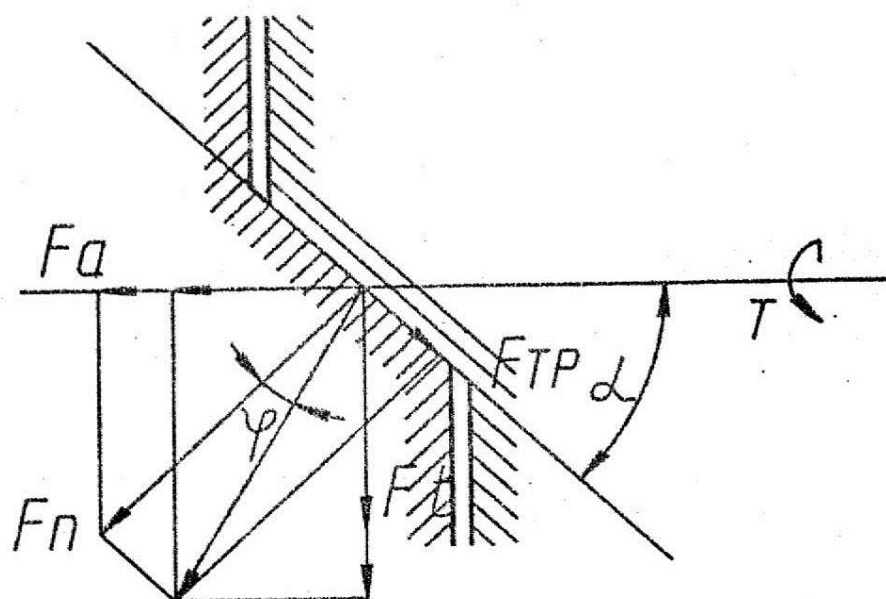
Разработали: А.А. Ульянов, Ю.П. Касляков

# КОНСТРУКЦИИ МУФТ для индивидуального задания

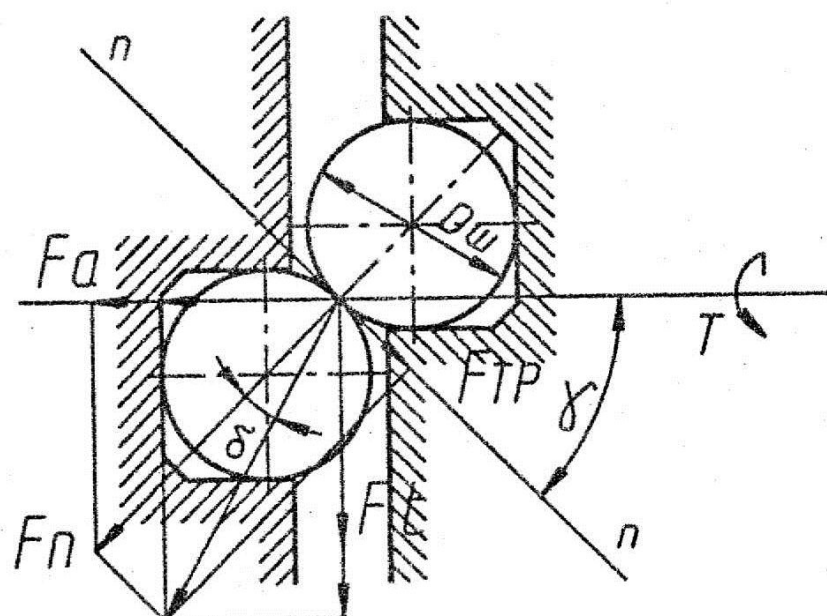
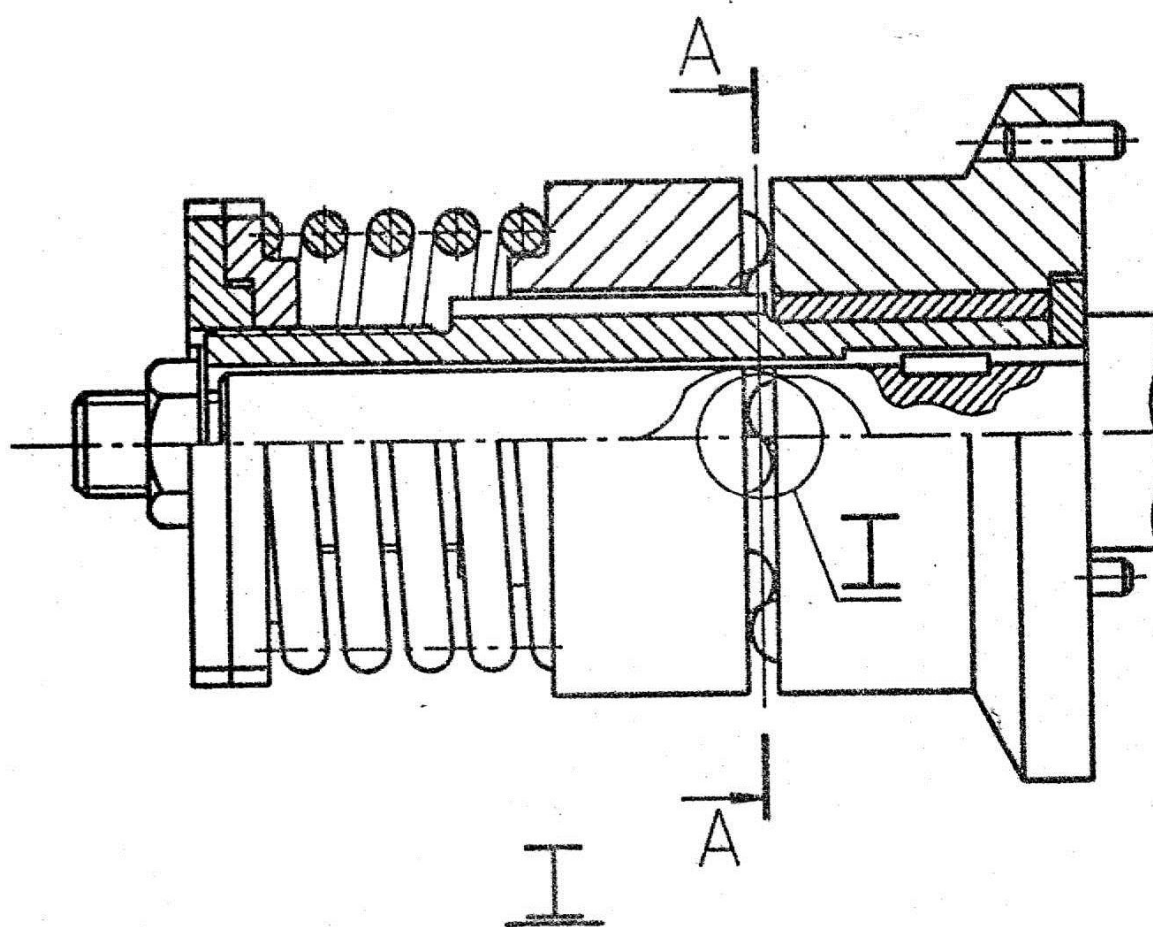
## 1. КУЛАЧКОВАЯ МУФТА



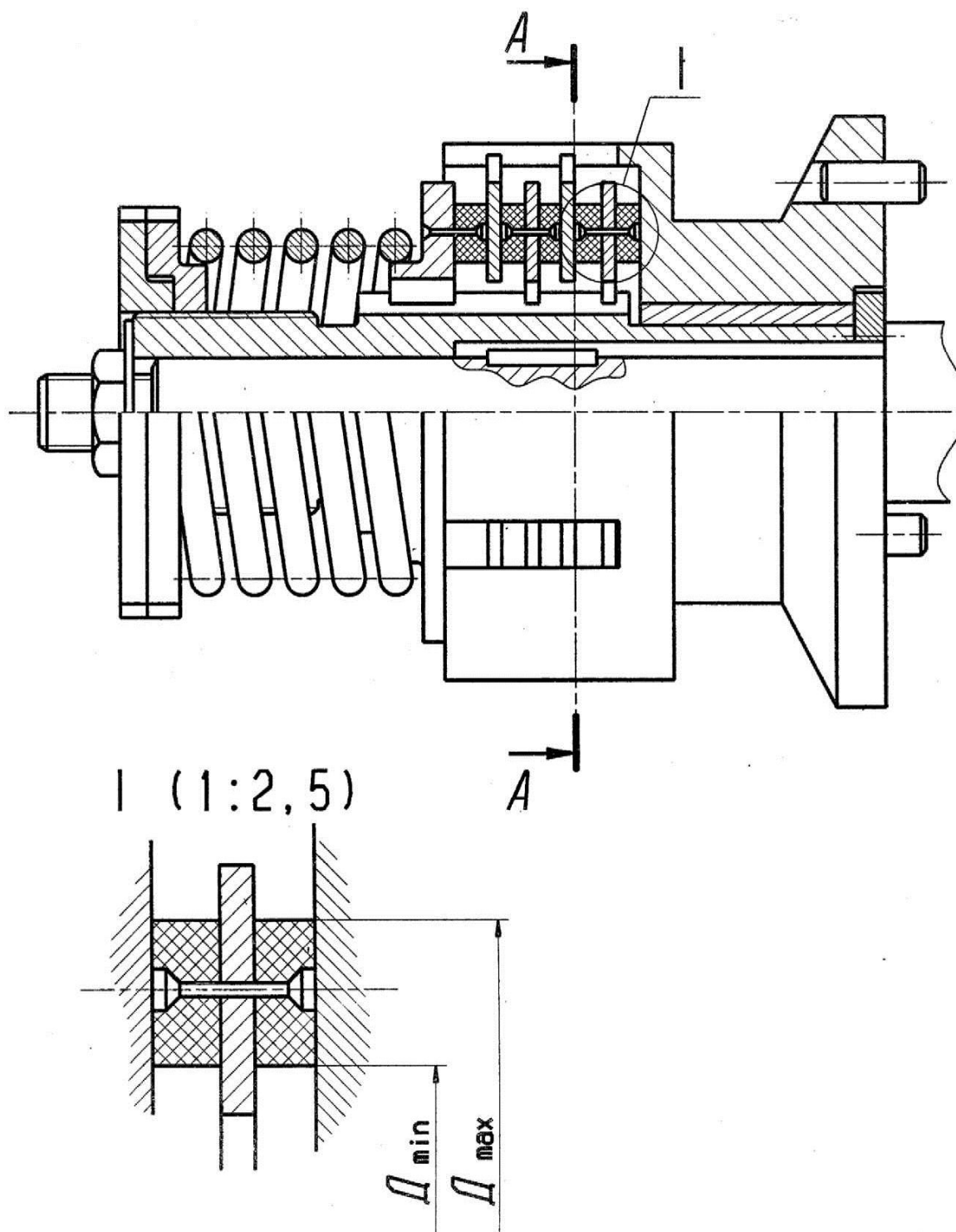
I



## 2. ШАРИКОВАЯ МУФТА



### 3. ДИСКОВАЯ МУФТА



#### 4. КОНУСНАЯ МУФТА

