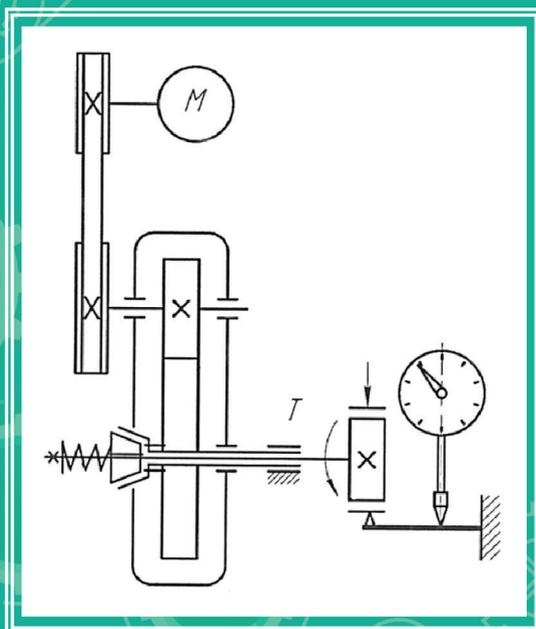


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет

С.В. Мурашкин, А.А. Балахнина, И.В. Сорока

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ

Лабораторный практикум



© Мурашкин С.В., Балахнина А.А., Сорока И.В., 2024

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2024

ISBN 978-5-8259-1623-1

УДК 621.825(075.8)  
ББК 34.941я73

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Сервис технических и технологических систем» Поволжского государственного университета сервиса *Б.М. Горшков*;  
канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Нанотехнологии, материаловедение и механика» Тольяттинского государственного университета *С.Г. Прасолов*.

Мурашкин, С.В. Изучение конструкции, исследование точности срабатывания предохранительных муфт : лабораторный практикум / С.В. Мурашкин, А.А. Балахнина, И.В. Сорока. – Тольятти : Издательство ТГУ, 2024. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1623-1.

В лабораторном практикуме представлены конструкции предохранительных муфт, даны экспериментальное определение значений крутящих моментов срабатывания муфт и сравнение их с расчетными значениями. Рассмотрен коэффициент точности срабатывания муфт.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение», 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 20.03.01 «Техносферная безопасность», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», изучающих курс «Механика 4», очной формы обучения.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8/10; ПИИ 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader; интернет-браузер.

© Мурашкин С.В., Балахнина А.А., Сорока С.В., 2024  
© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2024

Учебное издание

**Мурашкин Сергей Викторович**  
**Балахнина Анна Александровна**  
**Сорока Ирина Валерьевна**

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ,  
ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ  
ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ

Редактор *О.П. Корабельникова*  
Технический редактор *Н.П. Крюкова*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

В оформлении пособия использовано изображение  
от freepik на сайте [ru.freepik.com](http://ru.freepik.com)

Дата подписания к использованию 20.02.2024.

Объем издания 2,4 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Тираж 50 экз. Заказ № 1-74-22.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,

тел. 8 (8482) 44-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Введение .....                 | 5  |
| Лабораторная работа .....      | 7  |
| Заключение .....               | 22 |
| Рекомендуемая литература ..... | 23 |
| Приложение .....               | 24 |

## ВВЕДЕНИЕ

Муфты предохранительные – пружинно-цепные и фрикционные – широко применяют в машиностроении не только для передачи рабочего крутящего момента от вала к валу совместно работающих агрегатов, но и для защиты дорогостоящих узлов и деталей машин от случайных перегрузок. Эти муфты автоматически разъединяют валы (выключаются) при возникновении перегрузки и автоматически восстанавливают работоспособность машины после прекращения действия перегрузки. От их четкой работы напрямую зависит технологическая безопасность.

Точность ограничения нагрузки муфтой – одна из важнейших ее характеристик, оцениваемая коэффициентом точности срабатывания. Однако на точность срабатывания влияет множество факторов, таких как конструкция муфт, точность изготовления деталей, состояние и материал контактных поверхностей, наличие вибраций, величина нагрузки и другие.

В настоящее время для различных конструкций муфт достаточно хорошо разработаны методики теоретических расчетов силы прижатия полумуфт, необходимой для обеспечения передачи рабочего крутящего момента [1; 2; 4]. Но сам процесс срабатывания и, в частности, причины, следствия и направления работы по профилактике точности срабатывания остаются недостаточно освещенными в учебно-методической литературе.

Поэтому изучение конструкции муфт и экспериментальные исследования точности их срабатывания являются актуальными.

**Объект исследования:** технологическая безопасность.

**Предмет исследования:** коэффициент точности срабатывания предохранительных муфт.

**Цель работы** – изучение конструкции предохранительных муфт. Экспериментальное определение значений крутящих моментов срабатывания муфт и сравнение их с расчетными значениями. Оценка коэффициента точности срабатывания муфт.

### **Алгоритм выполнения лабораторной работы**

1. Изучить конструкции предохранительных муфт.
2. Экспериментально определить значения крутящих моментов срабатывания муфт и сравнить их с расчетными значениями.
3. Вычислить значения коэффициентов точности срабатывания муфт.
4. Обобщить и проанализировать результаты, полученные в ходе экспериментального исследования.

**Для решения поставленных задач использованы следующие методы исследования:**

- теоретические (изучение и анализ литературы);
- эмпирические (эксперимент);
- методы статистического анализа экспериментальных данных.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Основное назначение приводных муфт – передача крутящего момента между валами, являющимися продолжением один другого, или между валом и установленными на нем деталями: зубчатыми колесами, шкивами, звездочками. Помимо основного назначения, муфты могут быть предназначены одновременно и для выполнения вспомогательных функций: для компенсации неточности изготовления и сборки, гашения упругих колебаний в приводе, управления сцеплением соединяемых валов, автоматического предохранения валов от возможных перегрузок привода нерасчетным моментом. Для предотвращения перегрузок и поломок ответственных узлов в приводе машин применяются предохранительные муфты.

Лабораторная работа предусматривает изучение конструкций предохранительных муфт четырех типов: пружинно-кулачковой, пружинно-шариковой, дисково-фрикционной, конусной фрикционной.

Пружинно-кулачковые и шариковые муфты широко применяются при небольших скоростях и передаваемых моментах. Они обеспечивают высокую точность и надежность срабатывания. Муфты включаются и выключаются за счет осевого перемещения на шлицах или шпонке одной подпружиненной полумуфты. При перегрузках муфта выключается (пощёлкивает), причем сцепление (включение) автоматически восстанавливается после прекращения действия перегрузок и поворота полумуфты на целое число угловых шагов кулачков (шариков).

Сила прижатия полумуфт  $Q$  пружиной, необходимая для обеспечения передачи рабочего момента:

$$Q = \frac{2 \cdot M_p}{D} \left[ \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - \frac{D}{d} \cdot f \right], \quad (1)$$

где  $Q$  – сила сжатия полумуфт пружиной, Н;  $M_p$  – рабочий момент при срабатывании муфты, Н · м;  $D$  – наружный диаметр кулачков (диаметр расположения шариков), м;  $\alpha$  – угол наклона рабочей поверхности кулачков, град;  $\varphi$  – угол трения между кулачками

(шариками), град;  $d$  – диаметр вала, направляющего подвижную полумуфту, м;  $f$  – коэффициент трения в шлицевом соединении подвижной полумуфты.

**Расчет рабочего момента на шариковой муфте** ведется по формуле (1), аналогичной расчету кулачковой. Расчет угла наклона рабочей поверхности кулачков заменяют расчетом угла  $\alpha$  наклона касательной в точке соприкосновения шариков с осью полумуфты:

$$\alpha = \arcsin \frac{D_{ш} - h}{D_{ш}}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол наклона касательной в точке соприкосновения шариков с осью полумуфт, град;  $D_{ш}$  – диаметр шариков, мм;  $h$  – высота выступающей части шарика, мм.

Фрикционные муфты используют как правило только при кратковременных перегрузках, поскольку при продолжительном скольжении мощность, расходуемая на трение, вызывает интенсивное выделение тепла.

Срабатывание муфты – сложный динамический процесс, и максимальная нагрузка деталей машин зависит от регулировочного момента муфты  $M_{пер}$ , скорости нарастания перегрузки, жесткости системы и моментов инерции масс. Точность ограничения нагрузки муфтой – одна из важнейших ее характеристик, оцениваемая **коэффициентом точности срабатывания**  $\chi$ .

$$\chi = \frac{M_{max}}{M_{min}}, \quad (3)$$

где  $M_{max}$  и  $M_{min}$  – наибольший и наименьший крутящие моменты соответственно, при которых возможно срабатывание муфты, Н · м.

Чем ближе значение  $\chi$  к единице, тем надежнее работает муфта и тем выше ее качество. В данной работе за **допускаемое значение коэффициента точности** принимаем  $[\chi] = 1,20$ .

Контактные поверхности, передающие крутящий момент, у фрикционных предохранительных муфт изготавливают из разнородных «несхватывающихся» материалов (пара трения: сталь – фрикционный материал на асбестовой основе). Они осуществляют передачу крутящего момента за счет сил трения между полумуфтами.

Их выполняют дисковыми или конусными. Основное применение получили многодисковые муфты. Конусные применяют только при малых моментах работы механизма. В зависимости от места расположения предохранительные муфты выполняются работающими всухую или в масле.

Наибольшее применение находят муфты, работающие без смазки. Так как коэффициент трения в них наиболее стабилен, они обладают лучшей рабочей характеристикой.

Сила  $Q_d$  прижима дисков пружиной, необходимая для передачи рабочего момента дисковой фрикционной муфты:

$$Q_d = \frac{2 \cdot M_p}{D \cdot z \cdot f}, \quad (4)$$

где  $Q_d$  – сила прижима дисков пружиной, Н;  $M_p$  – рабочий момент срабатывания дисковой муфты, Н · м;  $D$  – средний диаметр контакта дисков, м;  $z$  – количество поверхностей трения, шт.;  $f$  – коэффициент трения на рабочих контактных поверхностях.

Сила  $Q_k$  прижима пружиной подвижной полумуфты конусной фрикционной муфты, необходимая для передачи рабочего момента, определяется по формуле:

$$Q_k = \frac{2 \cdot M_p \cdot \sin \alpha}{D \cdot f}, \quad (5)$$

где  $Q_k$  – сила прижатия пружиной конусов полумуфт, Н;  $M_p$  – рабочий момент срабатывания конусной муфты, Н · м;  $\alpha$  – половина угла при вершине конуса, град;  $D$  – средний диаметр контакта фрикционных поверхностей, м;  $f$  – коэффициент трения на рабочих поверхностях.

## Оборудование и инструменты

1. Установка для испытаний предохранительных муфт типа ДМ-40 (рис. 1, 2).
2. Кулачковая предохранительная муфта (рис. 3).
3. Шариковая предохранительная муфта (рис. 4).
4. Дисковая фрикционная предохранительная муфта (рис. 5).
5. Конусная фрикционная предохранительная муфта (рис. 6).
6. Ключ для круглых гаек 7811-0319 1 Н 12.X1 ГОСТ 16984—79.
7. Гаечный ключ 7811-0027 С 1 X 9 ГОСТ 2839—80 (зев ключа 13×14).
8. Гаечный ключ 7811-0041 С 1 X 9 ГОСТ 2839—80 (зев ключа 27×30).
9. Штангенциркуль для замера длины пружины.
10. Индикатор часового типа с удлиненным наконечником.

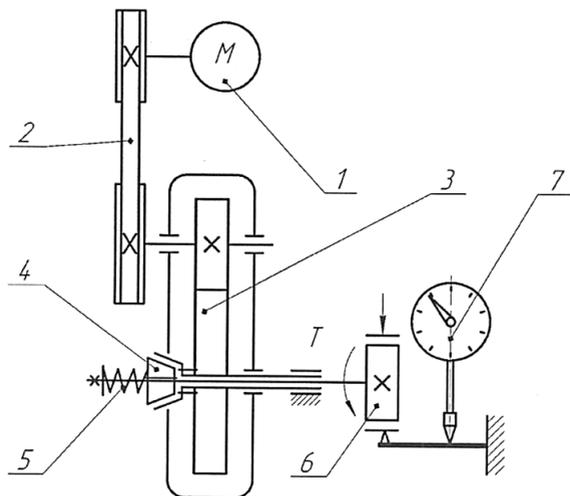


Рис. 1. Кинематическая схема установки ДМ-40:  
1 – электродвигатель; 2 – ременная передача; 3 – редуктор;  
4 – муфта конусная; 5 – пружина; 6 – тормоз колодочный;  
7 – индикаторная головка

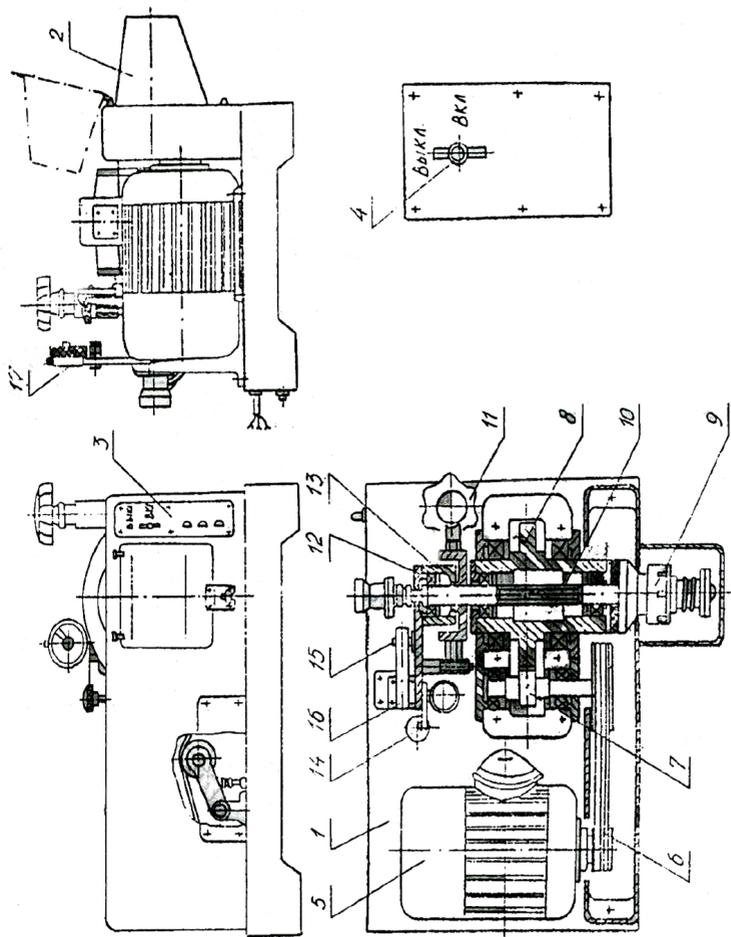


Рис. 2. Установка для испытаний предохранительных муфт типа ДМ-40: 1 — чугунная плита; 2 — защитный кожух; 3 — пульт управления; 4 — ручка включения и выключения; 5 — электродвигатель; 6 — клиноременная передача; 7 — зубчатое колесо ведущее; 8 — зубчатое колесо ведомое; 9 — испытываемая муфта; 10 — ведомый вал; 11 — колодочный тормоз; 12 — штанга; 13 — обойма; 14 — демпфер гидравлический; 15 — призма; 16 — плоская измерительная пружина; 17 — индикатор

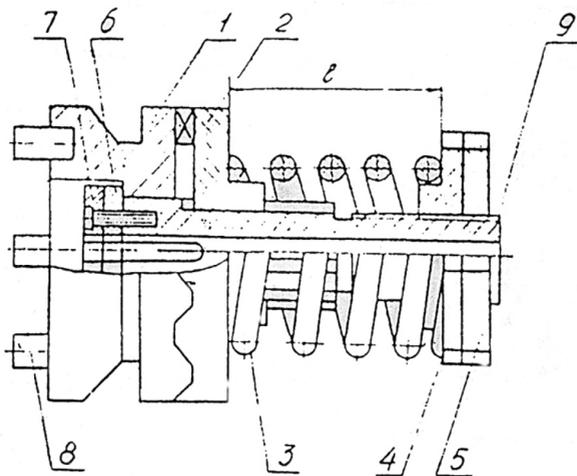


Рис. 3. Кулачковая предохранительная муфта:  
 1 – полумуфта; 2 – подвижная полумуфта; 3 – пружина;  
 4 – регулируемая гайка; 5 – контргайка; 6 – шайба; 7 – стопорная гайка;  
 8 – штифты; 9 – втулка передачи рабочего момента

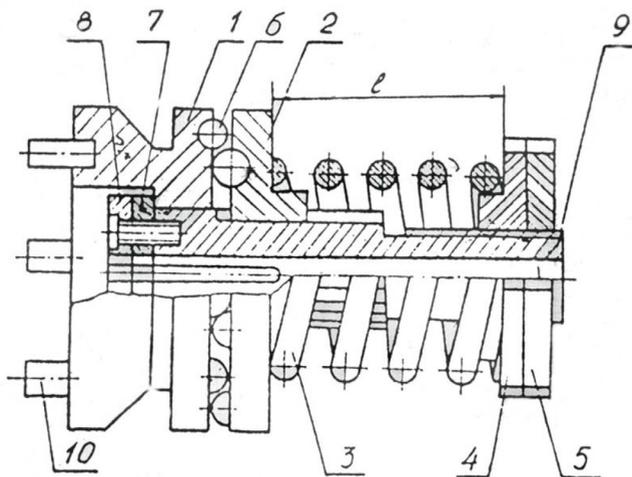


Рис. 4. Шариковая предохранительная муфта:  
 1 – муфта; 2 – подвижная полумуфта; 3 – пружина; 4 – регулировочная  
 гайка; 5 – контргайка; 6 – шарики; 7 – шайба; 8 – стопорная шайба;  
 9 – втулка передачи рабочего момента; 10 – штифты

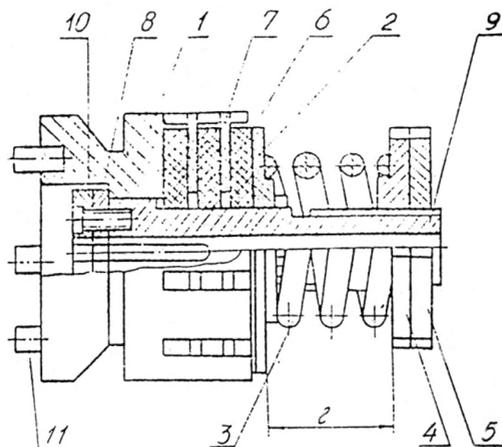


Рис. 5. Дисксовая фрикционная предохранительная муфта:  
 1 – полумуфта; 2 – подвижная полумуфта; 3 – пружина;  
 4 – регулировочная гайка; 5 – контргайка; 6 – фрикционный диск  
 внутренней обоймы; 7 – наружный диск обоймы; 8 – шайба; 9 – втулка  
 передачи рабочего момента; 10 – стопорная шайба; 11 – штифты

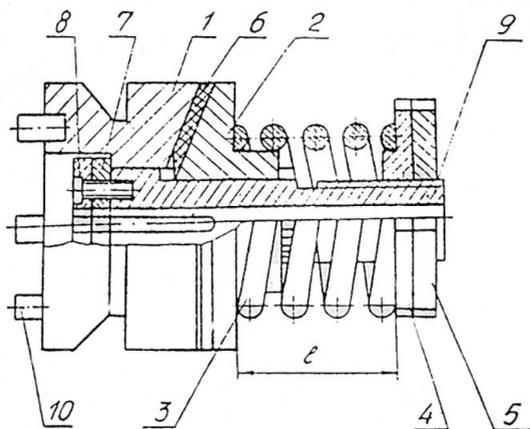


Рис. 6. Конусная фрикционная предохранительная муфта:  
 1 – полумуфта; 2 – подвижная полумуфта; 3 – пружина;  
 4 – регулировочная гайка; 5 – контргайка; 6 – фрикционная  
 прокладка; 7 – шайба; 8 – стопорная шайба; 9 – втулка передачи  
 рабочего момента; 10 – штифты

## Описание установки

Установка ДМ-40 (рис. 1, 2) смонтирована на чугунной плите 1. На передней части станины установлены защитный кожух 2 и пульт управления 3, на котором вынесена ручка управления двигателем 4. Для запуска электродвигателя необходимо установить ручку в положение «вкл». С электродвигателя 5 вращение передается на клиноременную передачу 6, далее на зубчатые колеса 7 и 8, а затем через испытываемую муфту 9 на ведомый вал 10. Нагрузка ведомого вала осуществляется балансирующим колодочным тормозом 11, позволяющим плавно изменять силу сжатия колодок и величину нагрузки на муфте. Рычаги соединены штангой 12 с обоймой 13, сидящей на подшипниках ведомого вала. Такая подвеска позволяет тормозной системе свободно качаться вокруг оси вала. Тормоз снабжен гидравлическим демпфером 14. Регистрация момента на валу производится следующим образом: штанга 12 через призму 15 опирается на плоскую измерительную пружину 16, величину прогиба которой замеряют индикатором 17.

## Техническая характеристика установки ДМ-40

Установка ДМ-40 (рис. 1, 2) имеет следующие технические характеристики:

- номинальный момент срабатывания муфт – до 20 Н · м;
- номинальная угловая скорость вращения вала муфт (частота вращения) –  $12 \text{ с}^{-1}$  (115 об/мин);
- способ нагружения – колодочным тормозом;
- способ тарирования тормоза – грузовым моментом;
- замер крутящего момента на муфте – электротензометрический или при помощи индикатора часового типа;
- замер силы пружины муфты – по длине пружины;
- определение силы – с помощью тарировочного графика характеристики пружины;
- крутящий момент, создаваемый колодочным тормозом и соответствующий одному микрометру прогиба плоской измерительной пружины –  $5,54 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}}{\text{мкм}}$ ;

- привод – от электродвигателя АОЛ-12-6, мощностью 0,6 кВт, частотой вращения  $n = 950$  об/мин;
- габаритные размеры –  $650 \times 570 \times 410$  мм;
- масса – 130 кг.

### **Технические характеристики испытываемых муфт**

#### **1. Кулачковая предохранительная муфта**

Параметры кулачковой предохранительной муфты:

- $D = 64$  мм – диаметр наружной поверхности кулачков;
- $\varphi = 5^\circ$  – угол трения между кулачками;
- $\alpha = 45^\circ$  – угол наклона рабочей поверхности кулачков;
- $d = 40$  мм – диаметр вала, направляющего подвижную полумуфту;
- $f = 0,15$  – коэффициент трения в шлицевом (шпоночном) соединении подвижной полумуфты.

#### **2. Шариковая предохранительная муфта**

Параметры шариковой предохранительной муфты:

- $D = 60$  мм – диаметр расположения шариков;
- $d = 40$  мм – диаметр вала, направляющего подвижную полумуфту;
- $D_{ш} = 10$  мм – диаметр шариков;
- $h = 2,5$  мм – высота выступающей части шарика;
- $z = 3$  шт. – количество шариков.

#### **3. Дисковая фрикционная предохранительная муфта**

Параметры дисковой фрикционной предохранительной муфты:

- $D = 65$  мм – средний диаметр контакта дисков, мм;
- $z = 5$  шт. – количество поверхностей трения;
- $f = 0,4...0,5$  – коэффициент трения на рабочих поверхностях.

#### **4. Конусная фрикционная предохранительная муфта**

Параметры конусной фрикционной предохранительной муфты:

- $\alpha = 20^\circ$  – половина угла при вершине конуса;
- $D = 90$  мм – средний диаметр контакта фрикционных поверхностей;
- $f = 0,35...0,45$  – коэффициент трения на рабочих поверхностях.

## **Правила техники безопасности**

1. Перед включением установки ДМ-40 проверить наличие заземления и его исправность.
2. Проверить наличие и исправность кожухов на токоведущих и вращающихся частях установки.
3. Проверить крепление пружины (гайка и контргайка должны быть затянуты до упора).
4. При любом виде несчастного случая необходимо:
  - известить об этом преподавателя;
  - оказать первую медицинскую помощь пострадавшему;
  - вызвать скорую помощь;
  - до начала расследования причин сохранить обстановку, при которой произошел несчастный случай.
5. При поражении током необходимо:
  - отключить электроэнергию от источника питания;
  - освободить пострадавшего от воздействия электроэнергии;
  - делать пораженному искусственное дыхание до прибытия скорой помощи.

## **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности и расписаться в журнале.
2. Ответить на контрольные вопросы и получить допуск к проведению лабораторной работы.
3. Определить тип предохранительной муфты, названной преподавателем.
4. Установить эту муфту на ведомый вал  $I0$  и закрепить (рис. 2), отвернуть контргайку 5 (рис. 3). С помощью гайки 4 (рис. 3) установить начальное усилие прижатия полумуфт 100 Н, которому соответствует определенная длина сжатой пружины для каждого типа муфт (табл. 1). Затянуть до упора контргайку.

5. Закрывать предохранительный кожух, установить индикатор часового типа в гнезде (рис. 2).

6. Установить показание индикатора по шкале на «0».

7. Включить в присутствии преподавателя электродвигатель.

8. Плавно нагрузить муфту колодочным тормозом *II* до ее срабатывания.

9. Зафиксировать показания индикатора 7 (рис. 1) и записать их.

**ВО ИЗБЕЖАНИЕ ПЕРЕГРЕВА КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА И РАЗБРОСА ПОКАЗАНИЙ ИНДИКАТОРА ПОСЛЕ КАЖДОГО ЗАМЕРА МУФТУ СЛЕДУЕТ НЕМЕДЛЕННО РАЗГРУЗИТЬ!**

10. Показания индикатора  $m_i$  (в мкм) занести в таблицу бланка отчета.

Измерение повторить три раза, выполняя приемы, описанные в пунктах 8–10.

11. Выключить электродвигатель.

12. Установить поочередно усилия прижатия полумуфт 200 Н, 300 Н и выполнить аналогичные замеры.

13. Провести аналогичные опыты со всеми типами предохранительных муфт, выполняя приемы, описанные в пунктах 4–12.

14. Рассчитать момент срабатывания муфты по формуле:

$$M_i = m_i \Delta, \quad (6)$$

где  $M_i$  –  $i$ -й момент срабатывания муфты, Н · м;  $m_i$  –  $i$ -е показание индикатора, мкм;  $\Delta$  – крутящий момент, создаваемый колодочным тормозом и соответствующий одному микрометру прогиба плоской измерительной пружины,  $\Delta = 5,54 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}}{\text{мкм}}$ .

15. Результаты расчетов занести в таблицу бланка отчета.

Таблица 1

Начальное усилие прижатия полумуфт в зависимости от длины пружины

| Q, Н | Длина сжатой пружины муфт l, мм |           |                      |                      |
|------|---------------------------------|-----------|----------------------|----------------------|
|      | Кулачковой                      | Шариковой | Дисковой фрикционной | Конусной фрикционной |
| 100  | 47,2                            | 47        | 46                   | 46,5                 |
| 200  | 42,4                            | 42        | 41                   | 41                   |
| 300  | 37,6                            | 37        | 36                   | 36                   |

16. Статистически обработать результаты из  $n$  измерений экспериментального момента  $M_{\text{э}}$  срабатывания муфты:

– вычислить его среднее арифметическое значение по формуле

$$M_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i ; \quad (7)$$

– определить среднеквадратичную погрешность  $\delta$  результата серии измерений по формуле

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - M_c)^2}{n(n-1)}} ; \quad (8)$$

– задать надежность  $\alpha$  доверительного интервала (0,9 или 0,95);  
 – для выбранной надежности  $\alpha$  в зависимости от числа выполненных измерений  $n$  определить коэффициент Стьюдента ( $C$ ) (табл. 2);

## Коэффициент Стьюдента (С)

| Число<br>выполненных<br>измерений ( $n$<br>– 1) | Надежность доверительного интервала, $\alpha$ |                 |
|---|---|-----------------|
|   | $\alpha = 0,90$                               | $\alpha = 0,95$ |
|   | Коэффициент Стьюдента (С)                     |                 |
| 1   | 6,31  | 12,7            |
| 2   | 2,92  | 4,3             |
| 3   | 2,35  | 3,18            |
| 4   | 2,13  | 2,78            |
| 5   | 2,02  | 2,57            |

– найти границы доверительного интервала по формуле

$$\varepsilon = C \cdot \delta; \quad (9)$$

– результат измерений записать в виде:

$$M_{\text{э}} = M_{\text{с}} \pm \varepsilon.$$

17. Преобразовать одну из формул (1), (4) или (5) для расчета рабочего момента срабатывания  $M_{\text{р}}$  испытываемой муфты. Рассчитать момент срабатывания муфты при прижатии подвижной полумуфты усилием 100, 200 и 300 Н.

18. По результатам эксперимента и расчетным значениям рассчитать процент ошибки момента срабатывания муфты по формуле

$$\psi = \frac{M_{\text{с}} - M_{\text{р}}}{M_{\text{с}}} \cdot 100 \%, \quad (10)$$

где  $M_{\text{с}}$  – среднее значение рабочего крутящего момента срабатывания муфты, определенного по экспериментальным данным, Н · м;  $M_{\text{р}}$  – рабочий момент срабатывания муфты, полученный в результате расчета по формуле (1), (4) или (5), Н · м.

19. Оценить по формуле (3) коэффициент точности срабатывания  $\chi$  муфты и сравнить с допусковым значением:  $[\chi] = 1,20$ .

20. По результатам эксперимента сделать и записать выводы, ответив на следующие вопросы:

1. Какая предохранительная муфта не применяется на высоких скоростях?
2. Что в первую очередь необходимо сделать при поражении током?
3. Что в первую очередь необходимо проверить при включении установки?
4. Какова основная функция муфт в приводе?
5. Какова вспомогательная функция предохранительных муфт в приводе?
6. В чем основное отличие кулачковой предохранительной муфты от шариковой предохранительной муфты?
7. Какая из фрикционных муфт применяется при больших нагрузках?
8. За счет какого фактора осуществляется передача крутящего момента в предохранительных фрикционных муфтах?
9. Каким образом происходит включение и выключение кулачковой и шариковой предохранительных муфт?
10. В каком случае происходит автоматическое восстановление сцепления в кулачковой и шариковой муфтах?
11. Как влияет уменьшение длины сжатой пружины при испытаниях муфты на момент срабатывания (увеличивается, уменьшается, остается без изменений)?
12. Как происходит изменение момента срабатывания муфты в начальный момент и по мере ее работы (увеличивается, уменьшается, остается без изменений)?
13. Какие факторы влияют на разброс параметров испытываемой муфты (коэффициент трения, увеличение температуры от сил трения, износ поверхности трения)?
14. Какую вспомогательную функцию выполняет испытываемая муфта в приводе (компенсация неточностей изготовления валов, гашение упругих колебаний, предохранение валов от перегрузок)?

### **Требования к оформлению отчета**

В работе изучаются конструкции и принципы работы четырёх типов предохранительных муфт. Для каждой испытываемой муфты (при значениях усилия прижатия полумуфт 100, 200, 300 Н) теоретически и экспериментально определяются значения крутящих моментов срабатывания, которые сравниваются между собой по проценту ошибки. Значения моментов срабатывания определяются после статистической обработки результатов экспериментальных измерений.

Значения коэффициентов точности срабатывания муфт вычисляются по формуле (3) и сравниваются с допуском. По результатам исследований записываются выводы.

О проведенной работе представляется отчет по форме, данной в приложении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Муфты предохранительные: пружинно-цепные и фрикционные — автоматически разъединяют валы (срабатывают) при возникновении перегрузки и автоматически восстанавливают работоспособность машины после прекращения действия перегрузки. От точности их срабатывания напрямую зависит технологическая безопасность.

Реализации цели работы способствовало решение следующих задач:

- 1) рассмотрены конструкции предохранительных муфт и установки для их испытаний;
- 2) описаны методики экспериментального определения значений крутящих моментов срабатывания муфт и сравнения их с расчетными значениями;
- 3) для условий данной работы принята величина допускаемого значения коэффициента точности срабатывания муфт;
- 4) описана методика вычисления значения коэффициента точности срабатывания муфт и сравнения её с допускаемым значением;
- 5) представлена методика обобщения и анализа результатов, полученных в ходе теоретического и экспериментального исследований, в виде отдельных выводов и ответов на контрольные вопросы.

Особенностью этой работы является то, что на основании многочисленных экспериментальных испытаний за **допускаемое значение коэффициента точности** срабатывания предохранительных муфт **принято значение**  $[\chi] = 1,20$ .

Необходимо отметить, что теоретические и экспериментальные результаты данной работы способствуют лучшему пониманию материала темы, повышают уровень практических знаний и навыков при выполнении экспериментальных научно-исследовательских работ.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Решетов, Д. Н. Детали машин : учебник для вузов / Д. Н. Решетов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 1989. — 496 с.
2. Иванов, М. Н. Детали машин : курсовое проектирование : учеб. пособие для вузов / М. Н. Иванов, В. Н. Иванов. — Москва : Высшая школа, 1975. — 551 с.
3. Сергеев, А. Г. Метрология : учебник / А. Г. Сергеев. — Москва : Логос, 2004. — 286, [1] с. — (Новая университетская библиотека). — ISBN 5-94010-336-7.
4. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 томах / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2001. — 3 т.

ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Нанотехнологии, материаловедение и механика»

Отчет по лабораторной работе

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ  
СРАБАТЫВАНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ**

Студенты \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Тольятти 20\_\_ г.

## Результаты исследования точности срабатывания дисковой фрикционной предохранительной муфты

| Параметры опыта  | Результаты измерений<br>и расчетов |     |     |
|--|------------------------------------|-----|-----|
| Сила сжатия пружины $Q_d$ , Н  | 100                                | 200 | 300 |
| Длина сжатой пружины $l$ , мм  |                                    |     |     |
| Показания индикатора в отдельном измерении $m_i$ , мкм                               |                                    |     |     |
|  |                                    |     |     |
|  |                                    |     |     |
| Среднее значение $m_{cp}$ , мкм  |                                    |     |     |
| Момент срабатывания муфты $M_i$ , Н · м  |                                    |     |     |
|  |                                    |     |     |
|  |                                    |     |     |
| Среднее значение момента $M_c$ , Н · м   |                                    |     |     |
| Среднеквадратическая погрешность результата серии измерений момента $\delta$ , Н · м |                                    |     |     |
| Граница доверительного интервала $\epsilon$ , Н · м                                  |                                    |     |     |
| Значение момента срабатывания муфты $M_3$ , Н · м                                    |                                    |     |     |
| Расчетный момент на муфте $M_p$ , Н · м  |                                    |     |     |
| Ошибка срабатывания $\psi$ , %   |                                    |     |     |
| Коэффициент точности срабатывания $\chi$   |                                    |     |     |

Выводы:

Работу выполнил \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## Результаты исследования точности срабатывания конусной фрикционной предохранительной муфты

| Параметры опыта   | Результаты измерений<br>и расчетов |     |     |
|---|------------------------------------|-----|-----|
| Сила сжатия пружины $Q_{\text{кон}}$ , Н  | 100                                | 200 | 300 |
| Длина сжатой пружины $l$ , мм   |                                    |     |     |
| Показания индикатора в отдельном измерении<br>$m_i$ , мкм                               |                                    |     |     |
|   |                                    |     |     |
|   |                                    |     |     |
| Среднее значение $m_{\text{ср}}$ , мкм  |                                    |     |     |
| Момент срабатывания муфты $M_i$ , Н · м   |                                    |     |     |
|   |                                    |     |     |
|   |                                    |     |     |
| Среднее значение момента $M_{\text{с}}$ , Н · м   |                                    |     |     |
| Среднеквадратическая погрешность результата<br>серии измерений момента $\delta$ , Н · м |                                    |     |     |
| Граница доверительного интервала $\epsilon$ , Н · м                                     |                                    |     |     |
| Значение момента срабатывания муфты $M_{\text{з}}$ ,<br>Н · м                           |                                    |     |     |
| Расчетный момент на муфте $M_{\text{р}}$ , Н · м  |                                    |     |     |
| Ошибка срабатывания $\psi$ , %  |                                    |     |     |
| Коэффициент точности срабатывания $\chi$  |                                    |     |     |

Выводы:

Работу выполнил \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

**Результаты исследования точности срабатывания  
пружинно-кулачковой предохранительной муфты**

| Параметры опыта  | Результаты измерений<br>расчетов |     |     |
|--|----------------------------------|-----|-----|
|  | 100                              | 200 | 300 |
| Сила сжатия пружины $Q_{\text{кул}}$ , Н   |                                  |     |     |
| Длина сжатой пружины $l$ , мм  |                                  |     |     |
| Показания индикатора в отдельном измерении $t$ , мкм                                 |                                  |     |     |
|  |                                  |     |     |
|  |                                  |     |     |
| Среднее значение $t_{\text{ср}}$ , мкм   |                                  |     |     |
| Момент срабатывания муфты $M_r$ , Н · м  |                                  |     |     |
|  |                                  |     |     |
|  |                                  |     |     |
| Среднее значение момента $M_c$ , Н · м   |                                  |     |     |
| Среднеквадратическая погрешность результата серии измерений момента $\delta$ , Н · м |                                  |     |     |
| Граница доверительного интервала $\varepsilon$ , Н · м                               |                                  |     |     |
| Значение момента срабатывания муфты $M_s$ , Н · м                                    |                                  |     |     |
| Расчетный момент на муфте $M_p$ , Н · м  |                                  |     |     |
| Ошибка срабатывания $\psi$ , %   |                                  |     |     |
| Коэффициент точности срабатывания $\chi$   |                                  |     |     |

Выводы:

Работу выполнил \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

## Результаты исследования точности срабатывания пружинно-шариковой предохранительной муфты

| Параметры опыта  | Результаты измерений<br>и расчетов |     |     |
|--|------------------------------------|-----|-----|
| Сила сжатия пружины $Q_{ш}$ , Н  | 100                                | 200 | 300 |
| Длина сжатой пружины $l$ , мм  |                                    |     |     |
| Показания индикатора в отдельном измерении $m$ , мкм                                 |                                    |     |     |
|  |                                    |     |     |
|  |                                    |     |     |
| Среднее значение $m_{ср}$ , мкм  |                                    |     |     |
| Момент срабатывания муфты $M_s$ , Н · м  |                                    |     |     |
|  |                                    |     |     |
|  |                                    |     |     |
| Среднее значение момента $M_c$ , Н · м   |                                    |     |     |
| Среднеквадратическая погрешность результата серии измерений момента $\delta$ , Н · м |                                    |     |     |
| Граница доверительного интервала $\epsilon$ , Н · м                                  |                                    |     |     |
| Значение момента срабатывания муфты $M_3$ , Н · м                                    |                                    |     |     |
| Расчетный момент на муфте $M_p$ , Н · м  |                                    |     |     |
| Ошибка срабатывания $\psi$ , %   |                                    |     |     |
| Коэффициент точности срабатывания $\chi$   |                                    |     |     |

Выводы:

Работу выполнил \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_