

УДК 621.771

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ЗУБЧАТЫХ МУФТ

Мальцев Андрей Анатольевич

доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ имени Н.Э. Баумана

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru

Аннотация

Идентифицированы осевые моменты инерции муфт типа МЗ и МЗП общемашиностроительного применения, пригодных для соединения соосных горизонтальных валов электроприводов рабочих валков прокатных станов.

Ключевые слова: металлургия, динамика, электропривод, зубчатая муфта.

IDENTIFICATION OF GEAR COUPLINGS DYNAMIC MOMENTS OF INERTIA

Andrey A. Maltsev

associate professor of BMSTU ФН-7 and МТ-10 departments

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru

ABSTRACT

Axial moments of inertia of couplings of types MZ and MZP of general machine-building application suitable for connection of coaxial horizontal shafts of rolling mills working rolls electric drives are identified.

Keywords: metallurgy, dynamics, electric drive, gear coupling.

Актуальность темы исследования несомненна в случаях отсутствия справочной информации о величинах динамических (осевых) моментов инерции соединительных зубчатых муфт, необходимой для выполнения динамических расчетов на стадии проектирования электроприводов новых технологических машин и комплексов.

Объекты исследования – муфты типов МЗ (муфта зубчатая) и МЗП (муфта зубчатая с промежуточным валом), входящие в состав электроприводов рабочих валков прокатных станов (рис. 1, рис. 2).

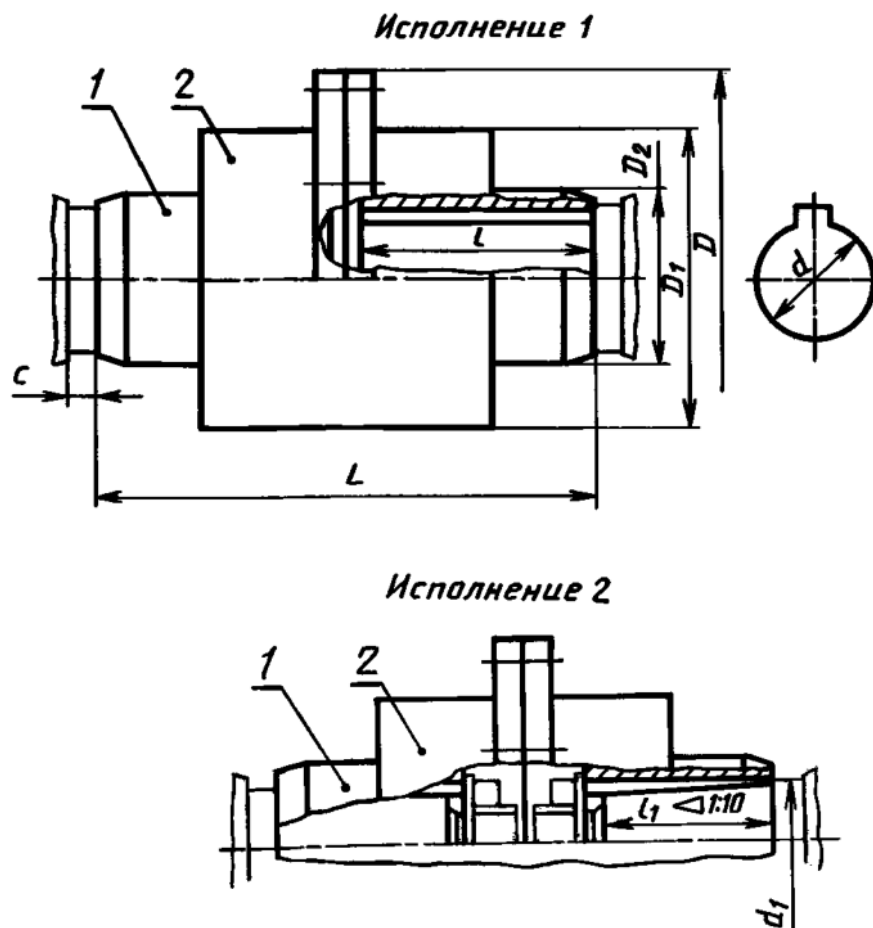


Рисунок 1. Эскиз муфты типа МЗ по ГОСТ Р 50895-96:
1 – втулка; 2 – обойма

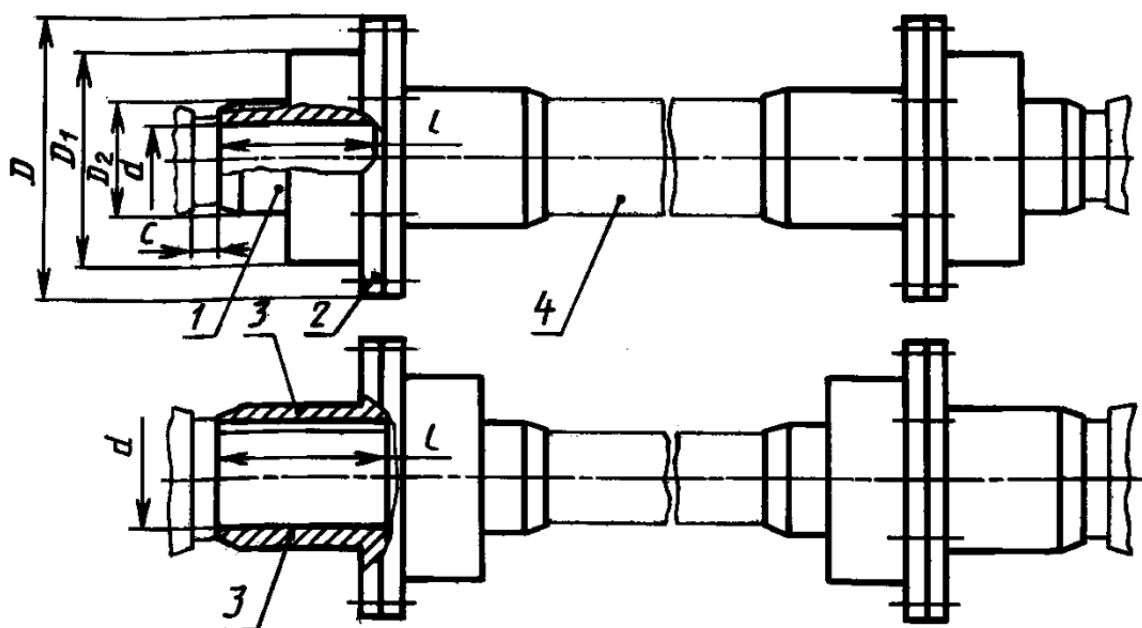


Рисунок 2. Эскиз муфты типа МЗП по ГОСТ Р 50895-96:
1 – втулка; 2 – обойма;
3 – фланцевая полумуфта;
4 – промежуточный вал

Задача исследования – ориентировочно идентифицировать динамические моменты инерции зубчатых муфт типов МЗ и МЗП с целью дальнейшего построения динамических крутильно-колебательных моделей электроприводов.

Материалы исследования – диаметры, массы и динамические моменты муфт типов МЗ и МЗП, взятые из ГОСТ Р 50895-96 «Муфты зубчатые. Технические условия» (табл. 1), ГОСТ 5006-55 «Муфты зубчатые общего назначения» и справочника [1].

Метод исследования – аналитический, формула расчета момента инерции соединительной муфты взята из учебника [2] и книги [3]:

$$J_{\text{муфты}} = K_m m D^2, \quad (1)$$

где

K_m – коэффициент распределения массы муфты;

m – масса муфты;

D – диаметр муфты,

откуда

$$K_m = \frac{J_{\text{муфты}}}{m D^2}. \quad (2)$$

Первый результат исследования – по формуле (2) вычислены значения коэффициентов распределения масс для муфт типа МЗ (табл. 1, табл. 2).

Таблица 1. Зубчатые муфты типа МЗ по ГОСТ Р 50895-96

| Исходные данные | | | Результат |
|--|----------------------------|---|--|
| Диаметр муфты $D_{\text{МЗ}}$ [мм] | Масса муфты m [кг] | Момент инерции $J_{\text{МЗ}}$ [кг · м ²] | Коэффициент распределения массы муфты $K_{\text{МЗ}}$ |
| 145 | 6,7 | 0,05 | 0,355 |
| 170 | 9,2 | 0,06 | 0,226 |
| 185 | 11,2 | 0,08 | 0,209 |
| 200 | 15,2 | 0,15 | 0,247 |
| 230 | 22,6 | 0,25 | 0,209 |
| 270 | 40,5 | 0,50 | 0,169 |
| 300 | 62,5 | 1,15 | 0,204 |
| 330 | 100 | 2,25 | 0,207 |
| 410 | 164,3 | 6 | 0,217 |
| 470 | 228 | 10,5 | 0,208 |
| Среднее арифметическое значение $K_{\text{МЗ}}$ | | | 0,225 |

Таблица 2. Зубчатые муфты типа МЗ по ГОСТ 5006-55

| Исходные данные | Результат |
|-----------------|-----------|
| | т |

| Диаметр муфты $D_{МЗ}$ | Масса муфты m | Маховой момент $GD_{МЗ}^2$ | | Момент инерции $J_{МЗ}$ | Коэффициент распределения массы муфты $K_{МЗ}$ |
|--|--------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|---|
| | | [кгс · м ²] | [Н · м ²] | | |
| 170 | 10,2 | 0,12 | 1,18 | 0,03 | 0,102 |
| 185 | 14,3 | 0,21 | 2,06 | 0,05 | 0,107 |
| 220 | 24 | 0,42 | 4,12 | 0,105 | 0,09 |
| 250 | 38 | 0,85 | 8,34 | 0,213 | 0,089 |
| 290 | 57 | 1,8 | 17,66 | 0,45 | 0,094 |
| 320 | 80 | 2,8 | 27,47 | 0,7 | 0,085 |
| 350 | 110 | 4,6 | 45,13 | 1,15 | 0,085 |
| 380 | 163 | 8,3 | 81,42 | 2,076 | 0,088 |
| 430 | 187 | 14,2 | 139,3 | 3,55 | 0,103 |
| 490 | 262 | 28 | 274,68 | 7 | 0,111 |
| 545 | 382 | 55 | 539,55 | 13,75 | 0,121 |
| 590 | 550 | 85 | 833,85 | 21,25 | 0,111 |
| 680 | 765 | 160 | 1570 | 40 | 0,113 |
| 730 | 960 | 215 | 2109 | 53,75 | 0,105 |
| 780 | 1280 | 325 | 3188 | 81,25 | 0,104 |
| 900 | 1800 | 600 | 5886 | 150 | 0,103 |
| 1000 | 2500 | 1140 | 11180 | 285 | 0,114 |
| 1100 | 3400 | 1600 | 15700 | 400 | 0,097 |
| 1250 | 4650 | 2700 | 26490 | 675 | 0,093 |
| Среднее арифметическое значение $K_{МЗ}$ | | | | | 0,101 |

Зависимость между маховым моментом и моментом инерции следующая:

$$J_{МЗ} = \frac{GD_{МЗ}^2}{4g}, \quad (3)$$

где

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Вывод: вычисленное среднее арифметическое значение коэффициента распределения массы зубчатой муфты типа МЗ по ГОСТ 5006-55 ($K_{МЗ} = 0,101$) удовлетворительно совпало с рекомендованным в книге [3, с. 50] ориентировочным значением коэффициента распределения массы соединительной муфты ($K_m = 0,11$), в отличие от вычисленного среднего арифметического значения коэффициента распределения массы зубчатой муфты типа МЗ по ГОСТ Р 50895-96 ($K_{МЗ} = 0,225$), поэтому решено в дальнейших расчетах коэффициент $K_{МЗ}$ принять равным 0,101, а не 0,225.

Второй результат исследования – по формуле (2) вычислены значения коэффициентов распределения масс для муфт типа МЗП (табл. 3).

Таблица 3. Зубчатые муфты типа МЗП по ГОСТ 5006-55

| Исходные данные | Результат |
|-----------------|-----------|
|-----------------|-----------|

| Диаметр муфты $D_{МЗП}$ | Масса комплекта m | Маховой момент $GD_{МЗП}^2$ | | Момент инерции $J_{МЗП}$ | Коэффициент распределения массы комплекта $K_{МЗП}$ |
|---|------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| | | [кгс · м ²] | [Н · м ²] | | |
| 170 | 20,5 | 0,24 | 2,354 | 0,06 | 0,101 |
| 185 | 31 | 0,47 | 4,611 | 0,118 | 0,111 |
| 220 | 51 | 0,87 | 8,535 | 0,218 | 0,088 |
| 250 | 76 | 1,8 | 17,658 | 0,45 | 0,095 |
| 290 | 115 | 3,5 | 34,335 | 0,875 | 0,090 |
| 320 | 170 | 6,0 | 58,86 | 1,5 | 0,086 |
| 350 | 218 | 10,0 | 98,1 | 2,5 | 0,094 |
| 380 | 337 | 16,5 | 161,865 | 4,125 | 0,085 |
| 430 | 355 | 20,5 | 201,105 | 5,125 | 0,078 |
| 490 | 505 | 40,0 | 392,4 | 10 | 0,082 |
| 545 | 750 | 75,0 | 735,75 | 18,75 | 0,084 |
| 590 | 1050 | 100 | 981 | 25 | 0,068 |
| 680 | 1500 | 230 | 2256 | 57,5 | 0,083 |
| 730 | 1850 | 340 | 3335 | 85 | 0,086 |
| 780 | 2400 | 500 | 4905 | 125 | 0,086 |
| 900 | 3500 | 960 | 9418 | 240 | 0,085 |
| 1000 | 4800 | 1800 | 17660 | 450 | 0,094 |
| 1100 | 6600 | 2600 | 25510 | 650 | 0,081 |
| 1250 | 9400 | 4550 | 44640 | 1138 | 0,077 |
| Среднее арифметическое значение $K_{МЗП}$ | | | | | 0,087 |

Вывод: среднее арифметическое значение коэффициента распределения массы зубчатой муфты типа МЗП по ГОСТ 5006-55 ($K_{МЗП} = 0,087$) оказалось меньше среднего арифметического значения коэффициента распределения массы зубчатой муфты типа МЗ по ГОСТ 5006-55 ($K_{МЗ} = 0,101$).

Третий результат исследования – по формуле (1) идентифицированы осевые моменты инерции муфт типа МЗ и МЗП конструкции ЗАО «Литейно-механический завод «Прогресс» (табл. 4, табл. 5).

Таблица 4. Зубчатые муфты типов МЗ конструкции ЗАО «Литейно-механический завод «Прогресс»

http://lmz-stell.ru/mufta_zubchataya_serii_mz?ysclid=lm7lrv644p663211637

| Исходные данные | | | | Результат |
|-----------------|--------------------|---------------------------|---|----------------------------|
| Тип | Масса муфты m | Диаметр муфты $D_{МЗ}$ | Коэффициент распределения массы муфты $K_{МЗ}$ | Момент инерции $J_{МЗ}$ |
| | [кг] | [мм] | | [кг · м ²] |
| МЗ-1 | 12 | 160 | 0,101 | 0,031 |

| | | | | |
|-------|------|-----|--|---------|
| МЗ-2 | 16 | 182 | | 0,054 |
| МЗ-3 | 30 | 220 | | 0,147 |
| МЗ-4 | 51 | 250 | | 0,322 |
| МЗ-5 | 61 | 290 | | 0,518 |
| МЗ-6 | 81 | 320 | | 0,838 |
| МЗ-7 | 109 | 350 | | 1,349 |
| МЗ-8 | 146 | 380 | | 2,129 |
| МЗ-9 | 176 | 430 | | 3,287 |
| МЗ-10 | 264 | 490 | | 6,402 |
| МЗ-11 | 376 | 545 | | 11,280 |
| МЗ-12 | 531 | 590 | | 18,669 |
| МЗ-13 | 739 | 684 | | 34,920 |
| МЗ-14 | 933 | 734 | | 50,769 |
| МЗ-15 | 1288 | 784 | | 79,959 |
| МЗ-16 | 1547 | 900 | | 126,560 |

Таблица 5. Зубчатые муфты типов МЗП конструкции

ЗАО «Литейно-механический завод «Прогресс»

http://lmz-stell.ru/mufta_zubchataya_serii_mz?ysclid=lm7lr644p663211637

| Исходные данные | | | | Результат |
|-----------------|-----------------|------------------|---|------------------------|
| Тип | Масса комплекта | Диаметр муфты | Коэффициент распределения массы комплекта | Момент инерции |
| | m | $D_{\text{МЗП}}$ | | |
| | [кг] | [мм] | | [кг · м ²] |
| МЗП-1 | 22 | 160 | 0,087 | 0,049 |
| МЗП-2 | 32 | 182 | | 0,092 |
| МЗП-3 | 60 | 220 | | 0,253 |
| МЗП-4 | 96 | 250 | | 0,522 |
| МЗП-5 | 124 | 290 | | 0,907 |
| МЗП-6 | 160 | 320 | | 1,425 |
| МЗП-7 | 222 | 350 | | 2,366 |
| МЗП-8 | 294 | 380 | | 3,693 |
| МЗП-9 | 348 | 430 | | 5,598 |
| МЗП-10 | 528 | 490 | | 11,029 |
| МЗП-11 | 744 | 545 | | 19,226 |
| МЗП-12 | 1040 | 590 | | 31,496 |
| МЗП-13 | 1500 | 684 | | 61,055 |
| МЗП-14 | 1248 | 734 | | 58,496 |
| МЗП-15 | 2474 | 784 | | 132,297 |
| МЗП-16 | 2690 | 900 | | 189,564 |

Заключение: результаты исследования могут быть использованы студентами в дипломном проектировании новых технологических машин и комплексов.

Список литературы:

1. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – Ленинград: Машиностроение, 1979. – 344 с.
2. Целиков А.И., Полухин П.И., Гребеник В.М. и др. Машины и агрегаты металлургических заводов. Том. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / Учебник для вузов. – Москва: Металлургия, 1988. – 680 с.
3. Иванченко Ф.К., Красношапка В.А. Динамика металлургических машин. – Москва: Металлургия, 1983. – 295 с.

References:

1. Polyakov V.S., Barbashev I.D., Ryakhovsky O.A. Handbook of couplings. – Leningrad: Mashinostroenie, 1979. – 344 p.
2. Tselikov A.I., Polukhin P.I., Grebenik V.M. et al. Machines and aggregates of metallurgical plants. Vol. 3. Machines and units for the production and finishing of rolled products / Textbook for universities. – Moscow: Metallurgy, 1988. – 680 p.
3. Ivanchenko F.K., Krasnoshapka V.A. Dynamics of metallurgical machines. – Moscow: Metallurgy, 1983. – 295 p.