

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ШЛІФУВАЛЬНОЇ БАБКИ ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 3М151

Сизий Ю.А., докт. техн. наук,
Ушаков О.М., канд. техн. наук, Новіков Д.Ф.
(Національний технічний університет “ХПІ”, м. Харків)

Calculations of moment of inertia wheelhead machine model 3M151 manual and automated methods. Found efficiency of the automated method based on modern software for designing parts

При проектуванні металорізального верстата необхідно виконати математичні розрахунки роботи його окремих елементів. Для верстата моделі 3М151 найбільш важливим є правильний розрахунок шліфувальної бабки для того щоб точно знати максимально можливе навантаження на привод. Основою цих розрахунків є момент інерції вузлів шліфувальної бабки. У цей час існують наступні методи розрахунку моменту інерції: ручний і автоматизований. Тому цілком робота є аналіз ефективності методів розрахунку моменту інерції шліфувальної бабки верстата моделі 3М151. Для визначення найбільш ефективного методу розрахунку моменту інерції необхідно виконати розрахунок на прикладі одного зі шківів приводу двома методами та порівняти отримані результати.

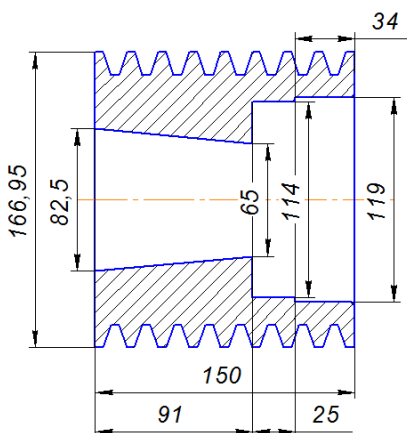


Рис. 1. Схема конструкції шківа шпинделя пасової передачі

Конструкція шківа передачі наведена на рис. 1. Для спрощення розрахунку слід замінити дійсну конструкцію шківа наближеною, що складається з якихось i -тіл простої форми, для яких можна просто розрахувати момент інерції:

$$I_i = r_i^2 \cdot m_i, \quad (1)$$

де r_i - відстань центра ваги i -го тіла до осі X , момент інерції навколо якої обчислюється.

Загальний момент інерції всього тіла:

$$I_x = \int r_i^2 \cdot m_i. \quad (2)$$

Шківні пасової передачі – тіла обертання, для яких розрахунок моменту інерції спрощується.

Так, для суцільного циліндричного тіла:

$$I_x = \frac{h \cdot \pi \cdot \rho \cdot R^4}{2} = \frac{m \cdot R^2}{2} \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^2), \quad (3)$$

де h – розмір циліндра уздовж осі, м; R – радіус навантаженої поверхні, м; ρ – щільність матеріалу циліндра, $\text{кг}/\text{м}^3$; m – маса циліндра, кг.

Для циліндричного тіла з отвором:

$$I_{x0} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot h \cdot \rho \cdot R^4 \cdot \left(1 - \left(\frac{R_1}{R}\right)^4\right) = m \cdot \frac{R^2}{2} \left[1 - \left(\frac{R_1}{R}\right)^4\right], \quad (4)$$

де R_1 – радіус отвору, м.

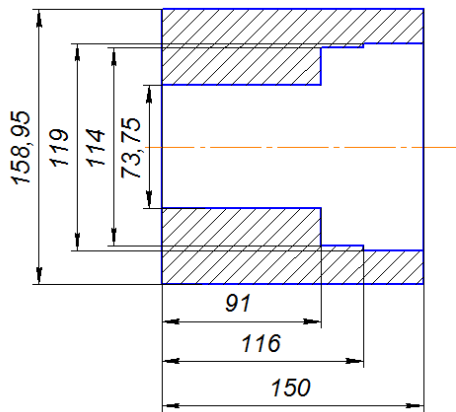


Рис. 2. Схема шківa для розрахунку моменту інерції ручним методом

шківa, усе тіло можна розділити на три окремих циліндри з отворами. Дане перетворення в значній мірі спрощує процес розрахунку моменту інерції тіла.

Розрахунок першого циліндричного тіла:

$$m_1 = \pi \cdot h \cdot \rho \cdot R^2 = 23,2 \text{ кг}; \quad I_{x_{o1}} = 0,0498 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Розрахунок другого циліндричного тіла:

$$m_2 = \pi \cdot h \cdot \rho \cdot R^2 = 10 \text{ кг}; \quad I_{x_{o2}} = 0,0056 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Розрахунок третього циліндричного тіла:

$$m_3 = \pi \cdot h \cdot \rho \cdot R^2 = 7,26 \text{ кг}; \quad I_{x_{o3}} = 0,0195 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Розрахунок сумарного моменту інерції шківa згідно рис. 2:

$$I_{x_o} = \sum I_{x_{oi}} = 0,0498 + 0,0056 + 0,0195 = 0,0749 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Розрахунок автоматизованим методом здійснюється за допомогою двох програмних продуктів: SolidWorks та Компас 3D.

За допомогою програмного продукту SolidWorks розроблено 3D модель шківa та розраховано його момент інерції: $m = 14,91 \text{ кг}; I_x = 0,0607651 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

За допомогою програмного продукту Компас 3D виконано креслення шківa та знайдено його момент інерції.

Найбільш точним є автоматизований метод розрахунку за допомогою програмного продукту SolidWorks, тому що він враховує всі конструкційні елементи шківa. Цій спосіб слід прийняти як номінальний.

Погрішність при розрахунку показників ручними способами:

$$\Delta I_x = \left(1 - \frac{I_x \text{ ручн.спосіб}}{I_x \text{ номінал}}\right) \times 100 = 23\%.$$

Погрішність при розрахунку показників за допомогою програмного продукту Компас 3D:

$$\Delta I_x = \left(1 - \frac{I_x \text{ компас}}{I_x \text{ номінал}}\right) \times 100 = 3,1\%.$$

Виконавши розрахунки моменту інерції двома способами за допомогою програмних продуктів, отримано практично однакові результати, що підтверджує їхню достовірність. Розбіжності в розрахунках відрізняються через те, що

Для розрахунку моменту інерції використовуємо два методи: ручний і автоматизований. При визначенні моменту інерції ручним методом слід використати формулу (4). На рис. 2 представлено схему, за якою виконується розрахунок моменту інерції для шківa.

Центральний отвір конусного виду був представлений як циліндричний отвір з усередненим діаметром. Пази для пасової передачі були представлені як циліндрична поверхня з усередненим діаметром. Після проведення перетворень

при розрахунках за допомогою програмного продукту Компас 3D неможливо врахувати вплив сегментної шпонки.

При розрахунках ручним способом схему деталі необхідно перетворювати в циліндричні тіла для зручності обчислення. Виходячи зі значної погрішності в 23 %, такий спосіб розрахунку моменту інерції є неефективним, і подальше його застосування є недоцільним.

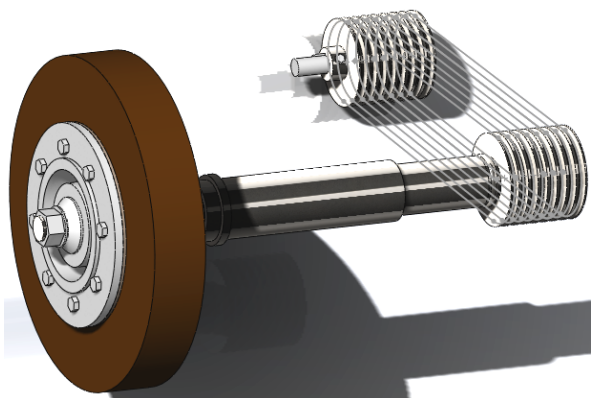


Рис. 3. 3D модель приводу шліфувальної бабки верстата моделі 3М151

Після вибору найбільш ефективного методу розрахунків (на підставі 3D моделі, розробленої в програмному продукті SolidWorks), виконується розрахунок моменту інерції для шківів електродвигуна, шпинделя й шліфувального круга із фланцем. Розрахунок моменту інерції шліфувального круга виконується у зборі з двома фланцями та прокладками, а також окремо: шліфувальний круг, фланець лівий та фланець правий (рис. 3, табл. 1).

Таблиця 1

Значення моменту інерції для вузлів приводу

Найменування вузла	Маса, кг	Момент інерції, кг·м ²
Шків приводу	14,91	$I_x = 0,0607651$
Шків електродвигуна	19,63	$I_x = 0,0558830$
Шпиндель	53,27	$I_x = 0,0659514$
Шліфувальний круг у зборі	108,87	$I_x = 2,3951757$
Шліфувальний круг	56,75	$I_x = 1,6541126$
Фланець правий	43,66	$I_x = 0,5446500$
Фланець лівий	8,46	$I_x = 0,1964131$
Ротор електродвигуна	1,91	$I_x = 0,0400000$
Привод у зборі	196,68	$I_x = 2,6177752$

Таким чином встановлено, що розвиток інформаційних технологій дозволяє значно зменшити час на проектування нових високоточних виробів. На основі розробленої 3D моделі виробу можна легко й швидко виконати математичні розрахунки роботи вузлів виробу. Точність таких розрахунків значна, тому що зменшується вплив людського чинника на процеси розрахунку й перетворень схеми деталі.

Список літератури: 1. Сизый Ю.А. Анализ предельных технологических возможностей круглошлифовального станка 3М151 при врезном шлифовании / Ю.А. Сизый, А.Н. Ушаков, Д.Ф. Новиков // Сучасні системи технологій у машинобудуванні. Збірник наукових праць, присвячений 90-річчю з дня народження професора Одеського національного політехнічного університету (ОНПУ) Якимова О.В. – Д.: ЛІРА. – 2015. – С. 68-75. 2. Киркач Н.Ф. расчет и проектирование деталей машин: учеб. пособие для техн. вузов; 3 изд., перераб. и доп. / Н.Ф. Киркач, Р.А. Баласаян. – Х.: Основа, 1991. – 276 с.