

В.С. НАДЄЙН, к.т.н., доцент каф. МВтаС КНТУ, м. Кіровоград

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ДИСКОВОГО ШЕВЕРА

Методика розрахунку дискового шевера через достатньо вільний та багатоваріантний вибір вихідних параметрів інструменту і верстатного зачеплення представляє ітераційний процес з обов'язковою перевіркою виконання ряду умов. Для прискорення збіжності процесу обчислення використані властивості верстатного гвинтового зачеплення зі зміщенням вихідного контуру і характерних точок профілів шевера і колеса.

Методика расчета дискового шевера из-за достаточного свободного и многовариантного назначения исходных параметров инструмента и станочного зацепления представляет итерационный процесс с обязательной проверкой выполнения ряда условий. Для ускорения сходимости процесса вычисления использованы свойства станочного винтового зацепления со смещением исходного контура и характерных точек профилей шевера и колеса.

Method of calculating the disk shaving tool because of the fairly free and multivariate purpose of initial parameters of machine tool and the link is an iterative process with a mandatory check fulfillment of certain conditions. To speed up the convergence process of calculating the properties of the used machine tool screw engagement with the displacement of the original circuit and the characteristic points of the profiles shaving tool & wheels.

Наявні на даний час методики розрахунку дискового шевера складні, так як вибір і призначення параметрів шевера є досить вільні. Внаслідок цього не можна гарантувати придатність вказаних параметрів для виконання умов правильності обробки колеса або конструктивних обмежень розмірів шевера. Тому процес розрахунку шевера є ітераційним, що потребує високої кваліфікації конструктора-інструментальника [1-5].

Враховуючи сказане, створення методики розрахунку шеверів з обґрунтованим цілеспрямованим визначенням основних параметрів шевера є **актуальним** і складає мету даної статті.

Вихідними даними для розрахунку є геометричні параметри оброблюваного колеса, які розраховують за методикою, наведеною в [6, 7].

Надалі домовимось щодо індексів для того, щоб відрізнити однойменні параметри робочого і верстатного зачеплень, оброблюваного колеса і шевера. Параметри оброблюваного колеса (надалі колеса) у робочому зачепленні мають подвійних індекс 12, наприклад початковий діаметр у робочому зачепленні d_{w12} . Початковий діаметр оброблюваного колеса у верстатному зачепленні буде означений як d_{w1} . Параметр, загальний для оброблюваного колеса і шевера у верстатному зачепленні, має подвійний індекс 01, наприклад нормальний початковий кут верстатного зачеплення α_{mw01} . Крім того, параметрам сточеного шевера додається літера "с" в кінці складного індексу. Параметри нового шевера додаткових літер в індексах не мають. Позначення параметрів коліс, шевера і

верстатного зачеплення відповідають ГОСТ 16530-70, ГОСТ 16531-70.

Алгоритм розрахунку параметрів шевера наведено нижче, причому всі параметри оброблюваного колеса вважаються відомими.

Вихідними даними для розрахунку шевера є кут перехрещення осей шевера і колеса $\Sigma = 10...15$, зовнішній максимальний діаметр шевера d'_{a0} , який призначають за паспортом шевінгувального верстата та глибина h_k стружкових канавок. Параметри шевера, а також вимоги до його виготовлення, повинні відповідати ГОСТ 8570-57*, ГОСТ 10222-62*.

1. Початковий діаметр колеса у верстатному зачепленні

$$d_{w10} = \frac{d_{a1} + d_{p1}}{2}.$$

2. Кут профілю торцевий на діаметрі d_{w1} колеса

$$\cos \alpha_{rw1} = \frac{d_{b1}}{d_{w1}}.$$

3. Кут нахилу зуб'їв колеса на діаметрі d_{w1} колеса

$$\operatorname{tg} \beta_{w1} = \frac{d_{w1}}{d_1} \operatorname{tg} \beta_1.$$

4. Нормальний кут верстатного зачеплення

$$\operatorname{tg} \alpha_{mw01} = \operatorname{tg} \alpha_{w1} \cos \beta_{w1}.$$

5. Початковий кут нахилу зуб'їв шевера

$$\beta_{w0} = \beta_{w1} - \Sigma.$$

6. Ділильний кут нахилу зуб'їв шевера

$$\sin \beta_0 = \frac{\sin \beta_1 \cdot \sin \beta_{w0}}{\sin \beta_{w1}}.$$

7. Торцевий початковий кут профілю шевера

$$\operatorname{tg} \alpha_{rw0} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{mw0}}{\cos \beta_{w0}}.$$

8. Основний кут нахилу зуб'їв шевера

$$\sin \beta_{b0} = \sin \beta_0 \cos \alpha.$$

9. Число зуб'їв шевера

$$z_0 = \frac{d'_{a0} - (3...4)m_n}{m_n} \cos \beta_0.$$

Округлюють до цілого числа, не кратного z_1 .

10. Кут профілю на вершині зуба шевера

$$\sin \alpha_{a0} = \frac{\sin \alpha_{a1} \cdot \cos \beta_{b1}}{\cos \beta_{b0}}.$$

11. Кут профілю в нижній активній точці зуба колеса у верстатному зачепленні

$$\operatorname{tg} \alpha_{p10} = \operatorname{tg} \alpha_{tw1} - \frac{z_0 \cos^2 \beta_{b1}}{z_1 \cos^2 \beta_{b0}} (\operatorname{tg} \alpha_{a0} - \operatorname{tg} \alpha_{tw0}).$$

12. *Перевірка №1* відсутності підрізу зуба колеса. Повинно бути $\alpha_{p12} > \alpha_{p10} > 0$.

Якщо умова задовольняється то виконується *перевірка №2*. Якщо умова не виконується, то змінюють d_{w10} і повторюють розрахунок, починаючи з пункту 2.

Перевірка №2 наявності і величини радіального зазору в западині колеса.

12.1 Міжосьова відстань у верстатному зачепленні

$$a_{w01} = \frac{m_n \sin \beta_{w1}}{2 \sin \beta_1} \left(\frac{z_1}{\cos \beta_{w1}} + \frac{z_0}{\cos \beta_{w0}} \right).$$

12.2 Початковий діаметр шевера

$$d_{w01} = 2a_{w01} - d_{w10}.$$

12.3 Основний діаметр шевера

$$d_{b0} = \frac{d_{b1} z_0 \cos \beta_{b1}}{z_1 \cos \beta_{b0}}.$$

12.4 Діаметр вершин шевера

$$d_{a0} = \frac{d_{b0}}{\cos \alpha_{a0}}.$$

12.5 Радіальний зазор в западині колеса

$$c_{10} = a_{w01} - 0.5(d_{a0} + d_{f1}).$$

12.6 Якщо $0 < c_{12} \leq 0,1 m_n$, то переходять до перевірки *N3*. Якщо не виконується умова, то приймають $c_{10} = 0,1 m_n$, визначають нове значення $d_{a0} = a_{w01} - 0,5 d_{f1} - 0,1 m_n$, для цієї величини визначають нове значення кута профілю на вершині зуба шевера

$$\cos \alpha_{a0} = \frac{d_{b0}}{d_{a0}},$$

і ведуть розрахунок з пункту 11.

Перевірка №3 розміщення стружкових канавок на вершині зуба нового шевера.

12.7. Нормальний крок на початковому колі колеса

$$p_{mw1} = \frac{\pi d_{w1}}{z_1} \operatorname{tg} \beta_{w1}.$$

12.8. Торцевий кут профілю зуба колеса

$$\operatorname{tg} \alpha_{r1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta_1}.$$

12.9. Початкова нормальна товщина зуба колеса

$$S_{mw1} = d_{w1} \left(\frac{\pi}{2 z_1} + \frac{2 x_1 \operatorname{tg} \alpha}{z_1} + \operatorname{inv} \alpha_{r1} - \operatorname{inv} \alpha_{rw1} \right).$$

12.10. Початкова нормальна товщина зуба шевера

$$s_{nw0} = p_{mw1} - s_{mw1}.$$

12.11. Нормальна товщина на вершині зуба шевера

$$s_{na0} = d_{a0} \left(\frac{s_{nw0}}{d_{w01} \cos \beta_{w0}} + \operatorname{inv} \alpha_{tw0} - \operatorname{inv} \alpha_{ra0} \right).$$

Повинно бути $s_{na0} \geq 2,5 h_k$. Якщо умова виконується, то параметри нового шевера винайдено, переходять до розрахунку шевера сточеного. Якщо умова не виконується, змінюють d'_{a0} і розрахунок повторюють починаючи з пункту 9.

13. Діаметр граничних точок профілю сточеного шевера

$$d_{l0c} = d_{b0} + 2a,$$

де $a = 2 \text{ мм}$ при $m_n < 3 \text{ мм}$, $a < 3 \text{ мм}$ при $m_n = 3..5 \text{ мм}$, $a = 4 \text{ мм}$ при $m_n > 5 \text{ мм}$.

14. Діаметр вершин сточеного шевера

$$d_{a0c} = d_{l0c} + 2m_n(2h_a^* + c^*).$$

15. Початковий діаметр сточеного шевера у верстатному зачепленні

$$d_{w01c} = \frac{d_{a0c} + d_{l0c}}{2}.$$

16. Торцевий кут профілю на початковому діаметрі сточеного шевера

$$\cos \alpha_{rw0c} = \frac{d_{b0}}{d_{w01c}}.$$

17. Кут профілю в нижній точці профілю шевера у верстатному зачепленні

$$\operatorname{tg} \alpha_{p0c} = \operatorname{tg} \alpha_{tw0c} - \frac{z_1 \cos^2 \beta_0}{z_0 \cos^2 \beta_1} (\operatorname{tg} \alpha_{ta1} - \operatorname{tg} \alpha_{tw1}).$$

18. Діаметр нижніх активних точок профілю сточеного шевера

$$d_{p0c} = \frac{d_{b0}}{\cos \alpha_{p0c}}.$$

Перевірка: повинно бути $d_{p0c} > d_{l0c}$. Якщо умова не виконується то зменшити a чи збільшити d_l і провести новий розрахунок сточеного шевера з пункту 14.

19. Початковий кут нахилу зуба сточеного шевера

$$\operatorname{tg} \beta_{w0c} = \frac{d_{w01c}}{d_0} \operatorname{tg} \beta_0.$$

20. Початковий кут нахилу зуба колеса у верстатному зачепленні зі сточеним шевером

$$\beta_{w1} = \Sigma + \beta_{w0c}.$$

21. Початковий нормальний кут зачеплення сточеного шевера з колесом

$$\operatorname{tg} \alpha_{nw01c} = \operatorname{tg} \alpha_{tw0c} \cos \beta_{w01}.$$

22. Торцевий початковий кут профілю колеса

$$\operatorname{tg} \alpha_{tw1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{nw01c}}{\cos \beta_{w1}}.$$

23. Нормальний крок на початковому колі колеса верстатного зачеплення із сточеним шевером

$$p_{nw01} = \frac{\pi d_{b1} \cos \beta_{w1}}{z_1 \cos \alpha_{tw1}}.$$

24. Нормальна товщина зуба на початковому колі колеса у верстатному зачепленні із сточеним шевером

$$S_{nw1} = \frac{\pi d_{b1}}{\cos \alpha_{tw1}} \left(\frac{\pi}{2z_1} + \frac{2x_1 \operatorname{tg} \alpha}{z} + \operatorname{inv} \alpha_{t1} - \operatorname{inv} \alpha_{tw1} \right).$$

25. Нормальна початкова товщина зуба сточеного шевера

$$S_{nw0c} = t_u - S_{nw1}.$$

26. Торцевий кут профілю в граничній точці зуба сточеного шевера

$$\alpha_{l0} = \arccos \frac{d_{b0}}{d_{l0}}.$$

27. Товщина зуба шевера на колі граничних точок профілю шевера

$$s_{l10} = d_{l10} \left(\frac{s_{mw0c}}{d_{w0c} \cos \beta_{w0c}} + \operatorname{inv} \alpha_{tw0} - \operatorname{inv} \alpha_{l10} \right).$$

28. Ширина западин на колі граничних точок профілю зуба шевера

$$e_{l10} = \frac{\pi d_{w01c}}{z_0} - s_{l10}.$$

Якщо $e_{l10} < 1,5$ мм для $m > 2$ мм, то збільшити d_{w01c} і провести новий розрахунок починаючи з пункту 16.

29. Діаметр отвору в западині для виходу гребінок

$$d_{ce} = e_l + (2 \dots 2,5) \text{ мм}.$$

30. Діаметр кола центрів отворів

$$D_{ц} = d_{l0} - \sqrt{d_{ce}^2 - e_{l0}^2}.$$

31. Кут нахилу осі отворів

$$\operatorname{tg} \beta_{ce} = \frac{d_{l10}}{d_0} \operatorname{tg} \beta_0.$$

Висновки:

1. Запропонована методика розрахунку шевера суттєво скорочує процес обчислення. Вже на другій ітерації можна отримати параметри шевера, які задовольняють умовам правильної обробки колеса.

2. Перевірки правильності обробки колеса по кутовим параметрам нижніх активних і граничних точок профілів колеса і шевера дозволяють цілеспрямовано змінювати значення керуючих параметрів в разі невиконання умов перевірки.

3. Отримані значення кутів в нижніх активних і граничних точках профілю шевера і колеса дозволяють спросити процедуру оптимізації параметрів шевера і верстатного зачеплення.

Список літератури: 1. *Климов В.И.* Справочник конструктора-инструментальщика / *В.И. Климов, А.С. Лернер, М.Д. Пекарский и др.* – Изд.2. – М.: Машгиз, 1953. – 608с. 2. *Романов В.Ф.* Расчеты зуборезных инструментов / *В.Ф. Романов.* – М.: Машиностроение. – 1969. – 255с. 3. *Ординарцев Н.А.* Справочник инструментальщика / *Н.А. Ординарцев, Г.В. Филитов, А.Н. Шевченко и др.* – Л.: Машиностроение, 1987. – 846с. 4. *Иноземцев Г.Г.* Проектирование металлорежущих инструментов / *Г.Г. Иноземцев.* – М.: Машиностроение, 1984. – 270с. 5. *Родин П.Р.* Основы проектирования режущих инструментов / *Родин П.Р.* Учебник. – К. Высшая школа, 1990. – 424с. 6. *Гинзбург Е.Г.* Зубчатые передачи: Справочник / *Е.Г. Гинзбург, Н.Ф. Голованов, Н.Б. Фирун и др.*; Под общ. ред. Е.Г. Гинзбурга. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1980. – 416с. 7. *Болотовский И.А.* Цилиндрические эвольвентные зубчатые передачи внешнего зацепления. Справочное пособие / *И.А. Болотовский, Б.И. Гурьев, В.Э. Смирнов, Б.И. Шендерей.* – М.: Машиностроение, 1974. – 160с.

Надійшла до редколегії 25.04.11.