

УДК 693.6.002.5

## ПРОФІЛЬ ЗІРОЧКИ ЦІВКОВОЇ ПЕРЕДАЧІ РОЗЧИНОЗМІШУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ УР3-04

Онищенко О.Г., Попов С.В.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

**Вступ.** Український ринок обладнання для приготування будівельних розчинів знаходиться на етапі формування. Наявність на ньому продукції ведучих європейських виробників позитивно відбивається на розвитку даного сегменту ринку, але ряд вітчизняних виробників будують свою діяльність на основі досвіду закордонних компаній. Використання сучасного обладнання для приготування різноманітних будівельних розчинів дозволяє значно знизити витрати будівництва, капітального ремонту та реконструкції, при забезпеченні високої якості робіт.

При незначних обсягах будівництва та механізації опоряджувальних робіт ефективним є використання засобів малої механізації [1, 2, 3]. До них можна віднести розчинозмішувачі, штукатурні установки та агрегати, штукатурно-затирочні машини [2, 4]. Бажаним є застосування розчинозмішувальних установок у порівнянні зі звичайними розчинозмішувачами, тому що перші, окрім безпосереднього приготування штукатурного розчину на робочому місці, виконують його транспортування до місця укладки, а також нанесення на поверхню шляхом безкомпресорного соплування. Використання громіздких та енергоємних штукатурних станцій, що працюють на привезених до будівельних майданчиків розчинах (втрачають певні властивості при транспортуванні), є вкрай неефективним при малих обсягах робіт.

Переваги використання засобів малої механізації:

- збільшення продуктивності праці (дослідні дані при нанесенні вапняного штукатурного розчину свідчать про те, що оброблювана площа за однаковий проміжок часу без зусиль може бути збільшена вдвічі;
- збільшення швидкості виконання робіт у 4-5 разів;
- підвищена якість розчину та готової поверхні;
- зменшення вартості квадратного метру за рахунок скорочення витрат на оплату праці та економії матеріалу.

Проведений аналіз літературних та наукових джерел свідчить про те, що існуючі конструкції циклічних горизонтальних розчинозмішувачів стрічково-шнекового типу із примусовим змішуванням в загальному випадку не мають конструктивних відмінностей. Обертний момент

від електродвигуна передається на вал змішувача за допомогою редуктора та передачі з гнучким зв'язком (пасова передача) або без неї (через муфту). Вихідний вал редуктора у свою чергу з'єднується із валом змішувача за допомогою муфти [5, 6]. Недоліком існуючих конструкцій є те, що кінці вала з підшипниковими вузлами розташовуються за межами бункера, ущільнення в торцевих стінках бункера змішувача, з часом втрачають свої властивості. Наслідком цього є розгерметизація і витікання будівельного розчину.

**Мета роботи.** Основною метою даної роботи є усунення вищезазначених недоліків. Кінці вала не повинні виходити за межі торцевих стінок бункера. Вони повинні спиратись на конічні підшипники ковзання, що регулюються. Ці підшипники необхідно розташовувати із внутрішньої сторони стінки бункера. Це стало можливим завдяки застосуванню у приводі шнекового змішувача розчинозмішувальної установки УР3-04 конструкції ПолтНТУ [7] цівкової передачі, що є частиною мішалки і працює безпосередньо в штукатурному розчині. Передача складається із цівкового колеса та зірочки. Зубці зірочки мають неевольвентний профіль [8]. Отже, перед нами була поставлена задача стосовно визначення цього профілю і розрахунку геометричних параметрів передачі.

**Матеріал і результати дослідження.** Цівкове зачеплення (рис. 1) є різновидом циклоїдального. Додатковою центроїдою для утворення по Камусу циклічного профілю, слугує центроїда одного з коліс передачі – коло радіуса  $r_1$  (рис. 2). При перекочуванні кола радіуса  $r_1$  по колу радіуса  $r_2$  утворюються дві гілки епіциклоїди:  $R\alpha$  і  $R\beta$ . Таким чином, за профілі зубців коліс можна прийняти:

- а) точку  $P$ , пов'язану з колесом 1;
- б) криві  $R\alpha$  і  $R\beta$ , пов'язані з колесом 2 [3].

Для реального використання замість таких профілів необхідно використовувати еквідистантні ім:

- а) коло радіуса  $r_d$ ;
- б) криві  $d-d$  і  $d-d'$ , еквідистантні відповідним гілкам епіциклоїди.

При теоретичних профілях лінією зачеплення є дуга кола радіуса  $r_1$ . При вказаних на рис. 2 напрямках обертання коліс і ведучій ланці –

колесі 1 – робочою ділянкою лінії зачеплення буде слугувати дуга  $P_e$ .

При профілях, що еквідистантні теоретичним, лінією зачеплення слугує крива  $PM$  (рис. 3), що може бути знайдена, виходячи із наступних міркувань: нехай колесо 1 з цівкою повернулось на кут  $\varphi_1$  і центр цівки з положення  $P$  перемістився у  $P'$ . Цівка увійде в співдотик зі спряженим профілем такою точкою, котра лежить на профільній нормалі.

У теоретичних профілів, оскільки одним із них є епіциклоїда, нормаллю до профілів при співдотику їх в  $P'$  слугує хорда  $PP'$ . У реальних профілів (еквідистантні теоретичним) нормаль у точці їх співдотику та сама, що й у теоретичних. З цього виходить, що контактною точкою є точка  $M$ .

Визначимо математично лінію зачеплення  $PM$ . В нерухомій системі координат  $x, y$  (рис. 3) лінія зачеплення визначиться рівнянням (1).

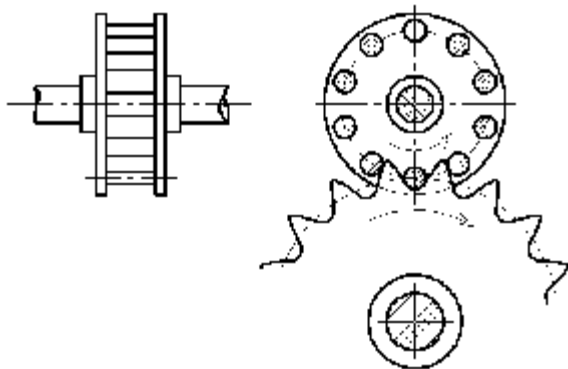


Рисунок 1 - Загальний вигляд цівкового зачеплення

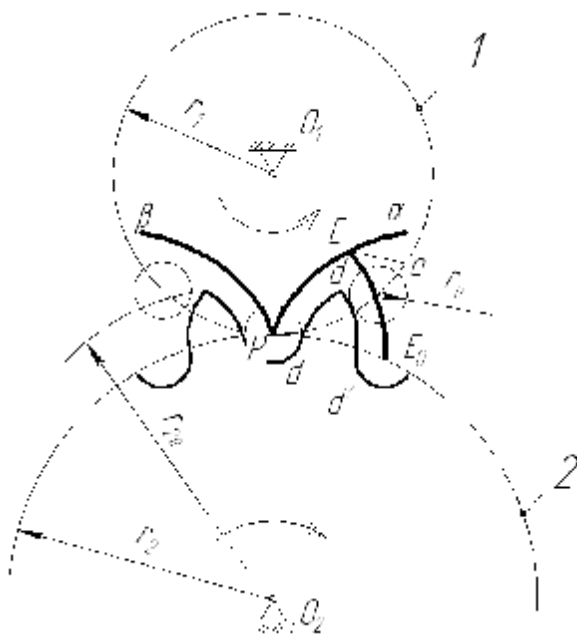


Рисунок 2 - Утворення цівкового зачеплення

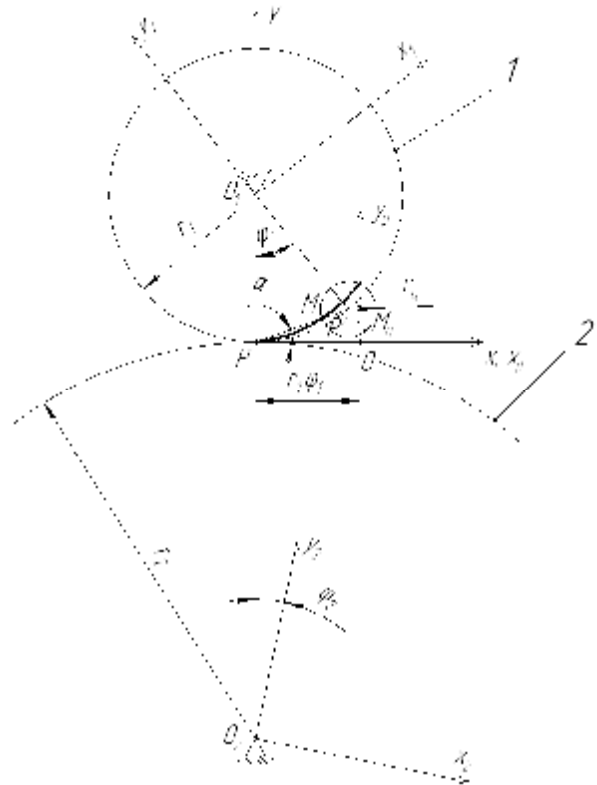


Рисунок 3 - Визначення лінії зачеплення  $PM$

$$\begin{aligned} x &= PM \cos \alpha = (PP' - r_{ц}) \cos \alpha, \\ y &= PM \sin \alpha = (PP' - r_{ц}) \sin \alpha. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Але } PP' = 2r_1 \sin \frac{\varphi_1}{2}, \quad \alpha = \frac{\varphi_1}{2}.$$

Отже маємо, що

$$\begin{aligned} x &= \left( 2r_1 \sin \frac{\varphi_1}{2} - r_{ц} \right) \cos \frac{\varphi_1}{2}, \\ y &= \left( 2r_1 \sin \frac{\varphi_1}{2} - r_{ц} \right) \sin \frac{\varphi_1}{2}. \end{aligned} \quad (2)$$

При нарізанні зубців колеса 2 методом обкатки необхідно визначити профіль вихідного контуру. Нехай цівкове колесо повернулось на кут  $\varphi_1$ , а колесо 2 повернулось на кут  $\varphi_2$ . Вихідний контур (рейка), з яким пов'язана система координат  $x_p, y_p$ , займе положення, яке зображено на рис. 3. Профілі зубців цівкового колеса, колеса 2 і рейки будуть дотикатися у точці  $M$ . Профілі зубців вихідного контуру, як геометричне місце точок  $M$ , визначиться рівняннями

$$\left. \begin{aligned} x_p &= \left( 2r_1 \sin \frac{\varphi_1}{2} - r_{ц} \right) \cos \frac{\varphi_1}{2} - r_1 \varphi_1, \\ y_p &= \left( 2r_1 \sin \frac{\varphi_1}{2} - r_{ц} \right) \sin \frac{\varphi_1}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При  $r_{ц} = 0$  профіль зубців рейки являтиме собою циклоїду.

Рівняння профілю зубців колеса 2 можна отримати, якщо записати рівняння лінії зачеплення в системі координат  $x_2, y_2$  (рис. 3), що зв'язана з цим колесом.

Матриця, що виражає перехід від координат  $x, y$  до координат  $x_2, y_2$

$$M_{20} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_2 & -\sin \varphi_2 & -r_2 \sin \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 & \cos \varphi_2 & r_2 \cos \varphi_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (4)$$

Перехід від системи  $S$  до  $S_2$  визначається матричним рівнянням

$$r_2 = M_{20} r.$$

У координатній формі

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x \cos \varphi_2 - y \sin \varphi_2 - r_2 \sin \varphi_2, \\ y_2 &= x \sin \varphi_2 + y \cos \varphi_2 + r_2 \cos \varphi_2 \\ t_2 &= t = 1. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Використовуючи вирази (2), після перетворень отримаємо

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= r_1 \sin(\varphi_1 + \varphi_2) - (r_1 + r_2) \sin \varphi_2 - \\ &- r_{ц} \cos \left( \frac{\varphi_1}{2} + \varphi_2 \right) \\ y_2 &= -r_1 \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + (r_1 + r_2) \cos \varphi_2 - \\ &- r_{ц} \sin \left( \frac{\varphi_1}{2} + \varphi_2 \right) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де  $\varphi_2 = \varphi_1 i_{21}$ . При  $r_{ц} = 0$  рівняння (6) являє собою звичайну епіциклоїду.

Визначимо коефіцієнт перекриття цівкового зачеплення. Позначимо радіус кола виступів колеса 2 через  $r_{2e}$  (рис. 2), а кут повороту цівкового колеса, що відповідає кінцю зачеплення, через  $\varphi_{1e}$ . Нехай  $x_e, y_e$  – координати крайньої точки лінії зачеплення при  $\varphi_1 = \varphi_{1e}$ .

Тоді, враховуючи (5)

$$r_{2e}^2 = (r_2 + y_e)^2 + x_e^2.$$

Використовуючи рівняння (2) після перетворення отримаємо

$$\sin^2 \frac{\varphi_{1e}}{2} - \frac{r_{ц}(r_2 + 2r_1)}{2r_1(r_2 + r_1)} \sin \frac{\varphi_{1e}}{2} + \frac{r_2^2 + r_{ц}^2 - r_{2e}^2}{4r_1(r_1 + r_2)} = 0. \quad (7)$$

З рівняння (7) знаходимо  $\varphi_{1e}$  – кут повороту колеса з цівками від початку до кінця зачеплення, знаючи, що радіус цівки  $r_{ц} = 15$  мм, радіус ділильного кола цівкового колеса  $r_1 = 225$  мм, радіус ділильного кола зірочки  $r_2 = 187,5$  мм, радіус кола виступів зірочки  $r_{2e} = 224$  мм.

Маємо, що  $\varphi_{1e} = 26^0$ .

Коефіцієнт перекриття знаходимо за формулою

$$\varepsilon = \frac{\varphi_{1e} \cdot z_1}{2\pi}, \quad (8)$$

де  $z_1 = 18$  – кількість цівок. Отже,  $\varepsilon = 1,3 > 1$ .

Результати розрахунку геометричних параметрів цівкового зачеплення, якщо ведуче колесо – зірочка, а ведене колесо – цівкове, наступні:

- 1) ділильний діаметр кола ведучого колеса (зірочка),  $d_1$ , мм – 375 мм;
- 2) ділильний діаметр кола веденого колеса з цівками,  $d_2$ , мм – 450 мм;
- 3) міжвісьова відстань,  $A_w$ , мм, визначається за формулою

$$A_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{375 + 450}{2} = 412,5; \quad (9)$$

- 4) модуль зачеплення,  $m$ , мм – 25;
- 5) коловий крок,  $t$ , мм, визначається за формулою

$$t = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 25 = 78,5 \quad (10)$$

- 6) кількість зубців ведучого колеса,  $Z_1$  – 15;
- 7) кількість цівок веденого колеса,  $Z_2$ , визначається за формулою

$$Z_2 = \frac{d_2}{m} = \frac{450}{25} = 18; \quad (11)$$

- 8) діаметр цівок,  $d_{ц}$ , мм, визначається за формулою

$$d_{ц} = 1,2 \cdot m = 1,2 \cdot 25 = 30; \quad (12)$$

- 9) зовнішній діаметр веденого колеса з цівками,  $d_2^a$ , мм, визначається за формулою

$$d_2^a = d_2 + d_{ц} = 450 + 30 = 480. \quad (13)$$

**Висновки.** За результатами проведеної роботи визначено дійсний епіциклоїдальний профіль зірочки цівкової передачі розчинозмішувальної установки УРЗ-04 конструкції ПолтНТУ. Відповідно до розробленого робочого креслення на Полтавському автоагрегатному заводі виготовлено зірочку із розрахованим профілем (рис. 4).

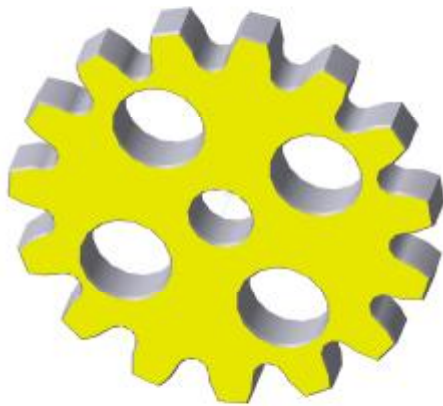


Рисунок 4 - Зірочка цівкової передачі розчинозмішувальної установки УРЗ-04

Сьогодні у будівництві спостерігається загальна тенденція – підвищення якості оздоблюваних робіт. Це означає, що попит на невеликі мобільні розчинозмішувачі, що застосовуються при малоповерховому будівництві, буде зростати.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Баладінський В.Л., Назаренко І.І., Онищенко О.Г. Будівельна техніка: Підручник. – К.-П.: КНУБА-ПНТУ, 2002. – 463 с.
2. Сухачев В.П., Каграманов Р.А. Средства малой механизации для производства строительно-монтажных работ. – М.: Стройиздат, 1989. – 384 с.
3. Волков Д.П., Крикун В.Я. Строительные машины и средства малой механизации: Учебник. – М.: Изд-во „Академия”, 2002. – 480 с.
4. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации: Учебник. – М.: Высшая школа, 2001. – 575 с.
5. Сівко В.Й. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: Підручник. – К.: ІСДО, 1994. – 359 с.
6. Парфенов Е.П., Украинцев В.А., Попов В.Ф. Опыт механизации строительно-отделочных работ в современных условиях // Механизация строительства. – 2003. – №2. – С. 5-7.
7. Онищенко О.Г., Попов С.В., Уст’янец В.У. Розчинозмішувальна установка УРЗ-04 // Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава: ПНТУ. – 2005. – С.3-7.
8. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1968. – 585 с.

Стаття надійшла 28.10.05 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Галай М. В.