

2. Басараб В.А Теоретичні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки// Техніка будівництва. – №17. – 2006.
3. Мазор Ю.Л., Мачуський Є.А., Правда В.І. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. Посібник. – К.: Вища школа, 1999. – 838 с.
4. Овчинников П.Ф., Бабий В.С Уплотнение строительных смесей на переменных во времени параметрах вибрации и удара. – Кишинев: Штиинца, 1976. – 134 с.
5. Хо Тхи Ха. Исследование динамики виброплощадки с электромагнитным приводом.- Дисс. ... канд. техн. наук.- Киев, КИСИ, 1982.- 200с.
6. Чубук Ю.Ф., Назаренко И.И, Гарнец В.Н Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей. – К.: Вища школа, 1985. – 168с.
7. Шмигальский В.Н. Формование изделий на виброплощадках. – М.: Стройиздат, 1968. – 104 с.

УДК 621. 778. 04

О. С. Медвідь, асистент (НУВГП)

СИЛОВІ АСПЕКТИ ВЗАЄМОДІЇ ШТАНГИ МЕХАНІЗМУ КУЛІРУВАННЯ З ДРОТОМ В МАШИНІ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КРУЧЕНОЇ МЕТАЛЕВОЇ СІТКИ

Для механізації процесу виготовлення крученої металеві сітки використовується пристрій [1], що здійснює утворення скруток дротів за допомогою спеціальних скручувальних вузлів у вигляді шестерні з двома похилими пазами, основи яких знаходяться нижче діаметральної осі, а верхні частини проходять по впадинах зубів і утворюють скручуючий палець. Скручувальні вузли розміщені в два ряди. Для утворення гвинтової лінії скрутки в зоні між ними, необхідна наявність додаткового, компенсаційного запасу дроту, що забезпечується шляхом його кулірування - прогином штангою між рядами скручувальних вузлів [2].

Схема зони кулірування показана на рис. 1.

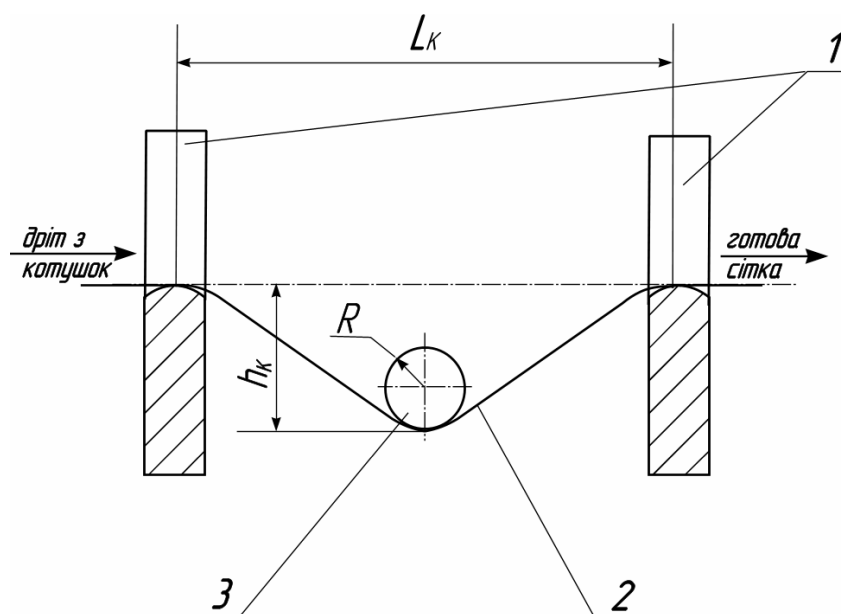


Рис. 1. Схема зони кулірування:

1 – скручувальні вузли; 2 – дріт; 3 – штанга куліруючого механізму

В роботі [2] визначено залежності, які пов'язують значення глибини опускання кулірувальної штанги для утворення необхідної компенсаційної петлі з параметрами сітки (діаметр дроту, геометричні розміри вічка). На основі вказаних вище розрахунків був удосконалений вузол кулірування механізму введення дротів у скручувальні вузли та виведення готової сітки [3].

Для визначення навантажень, що діють в приводі цього механізму необхідно дослідити силовий аспект взаємодії дротини з кулірувальною штангою.

Припустимо, що дріт є ідеально пружним. Такий розрахунок забезпечує певний запас при визначенні зусиль, так як наявність пластичної деформації знижує опір дроту згинанню і потребує менших зусиль у порівнянні з пружним розрахунком.

Із схеми силової взаємодії штанги з дротом в системі координат показаній на рисунку 2 видно, що при його деформуванні на нього діють наступні силові фактори в точці їх взаємодії:

1. N - зусилля натягу дроту, яке створюється гальмівним механізмом катушок, Н;
2. F - поперечна сила (зусилля опускання кулірувальної штанги), Н;
3. M - згинний момент з боку прольоту, що розглядається, Н м.

Задача полягає в тому, щоб знайти поперечне зусилля F в залежності від відстані між рядами скручуючи вузлів, глибини кулірування та параметрів дроту.

Для знаходження поточних значень натягу дроту $N(s)$ і поперечної сили $F(s)$ в точці O на відстані s від точки його взаємодії із штангою складемо систему рівнянь яка запишеться в такому вигляді:

$$\begin{cases} N(s) = F \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha \\ F(s) = F \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (1)$$

де α - кут нахилу дотичної до пружної лінії в точці O , град.

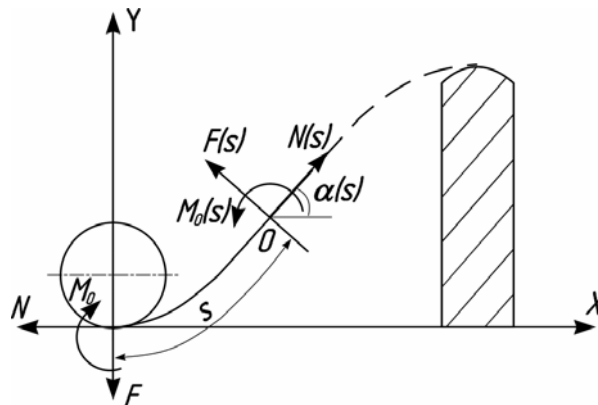


Рис. 2. Схема діючих сил у вибраній системі координат

Застосовуючи метод кінцевих елементів (рис. 3) рівняння рівноваги безмежно малого елемента дроту ds в околі точки O , можна виразити наступним чином:

$$M + dM + F(s)ds - M = 0. \quad (2)$$

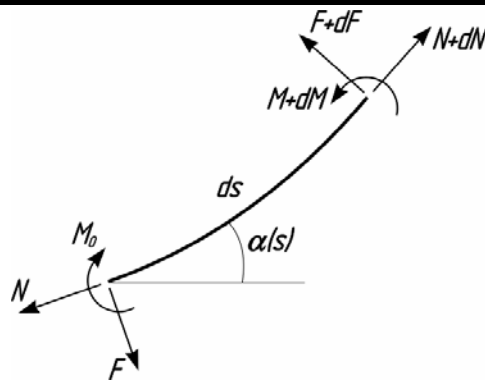


Рис. 3. Схема рівноваги безмежно малого елемента дроту

З рівняння (2) залежність зусилля $F(s)$ від моменту M можна записати так:

$$F(s) = -\frac{dM}{ds}. \quad (3)$$

Згинний момент, що діє на дріт, згідно [4] пропорційний ступеню деформації дроту (кривизні) та його жорсткості. Позначаючи поперечну жорсткість дроту через C , формула для його визначення запишеться:

$$M = C \cdot \chi, \quad (4)$$

де $\chi = \frac{d\alpha}{ds}$ - кривизна дроту в точці O .

З рівняння (1) знаходимо:

$$\frac{dF(s)}{ds} = -N(s) \frac{d\alpha}{ds}. \quad (5)$$

Тоді, враховуючи попередні вирази, перейдемо до такого рівняння рівноваги моментів:

$$C \frac{d^2\chi}{ds^2} - N(s) \cdot \chi = 0. \quad (6)$$

З іншого боку, з рівнянь (1) також випливає

$$\frac{dN(s)}{ds} = F(s) \frac{d\alpha}{ds}, \quad (7)$$

що відповідає рівнянню

$$\frac{dN(s)}{ds} = -\frac{1}{2} C \frac{d}{ds} (\chi^2). \quad (8)$$

Інтегруючи дане рівняння, знайдемо повздовжню силу в дроті $N(s)$:

$$N(s) = N_0 - \frac{1}{2} C \chi^2, \quad (9)$$

де N_0 - довільна стала інтегрування.

Підставивши дане значення у вираз (6), отримаємо рівняння пружної лінії дроту на прольоті:

$$C \frac{d^2\chi}{ds^2} - N_0 \chi + \frac{1}{2} C \chi^3 = 0. \quad (10)$$

На розрахунковій схемі прольоту зони кулірування (рис. 4) точка O' є точкою перегину, в якій кривизна рівна нулеві. З достатньою точністю можна вважати, що крива симетрична відносно даної точки при $s=l/2$, де l – довжина пружної лінії на прольоті. Тоді, з виразу (9) випливає, що довільна стала N_0 рівна натягу каната в точці перегину.

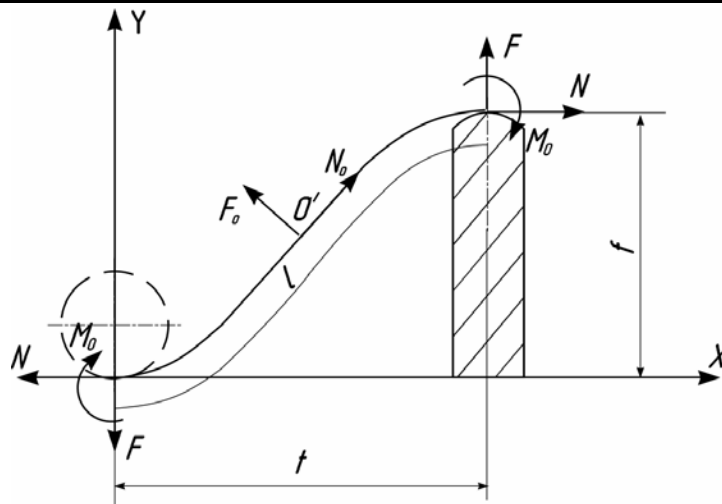


Рис. 4. Розрахункова схема прольоту між скручувальною шестернею та штангою вузла кулірування

Рівняння (10) є нелінійним і воно не інтегрується в елементарних функціях, а його розв'язок приводить до виведення еліптичних інтегралів, які незручні для практичного використання.

Згідно з розподілом зусиль в дроті третій, нелінійний член в рівнянні (10) буде малим у порівнянні з другим. Так як в задачі розглядається силова взаємодія, то його можна лінеаризувати, відкинувши нелінійний член. До того ж, натяг по довжині дроту змінюється в невеликих межах. Тому силу N_0 можна вважати рівною N . Це приводить до такого лінійного диференційного рівняння

$$\chi'' - \omega^2 \chi = 0, \quad (11)$$

де $\omega^2 = \frac{N}{C}$, яке прийняте для подальших розрахунків.

При розрахунку параметрів вузла кулірування слід розглядати два варіанти контакту штанги з дротом:

- 1 Точковий, коли кривизна контакту не визначається кривизною штанги;
- 2 Контакт по дузі, коли кривизна дроту на деякій невеликій дузі дорівнює кривизні штанги.

Розв'язок рівняння (11) для першого варіанту взаємодії має вигляд [5]:

$$\chi = C_1 e^{\omega s} + C_2 e^{-\omega s}, \quad (12)$$

де C_1, C_2 - довільні сталі.

Для їх визначення скористаємося такими умовами:

в точці перегину при $s = \frac{l}{2}$

$$\chi\left(\frac{l}{2}\right) = 0;$$

при $s = 0$

$$F(0) = -C \frac{d\chi}{ds} \Big|_{s=0} = F.$$

Враховуючи їх, отримаємо вираз для знаходження кривизни дроту в довільно вибраній точці s :

$$\chi = \frac{F \cdot e^{\omega(l-s)} - e^{-\omega s}}{C\omega \cdot (1 + e^{\omega l})} \quad (13)$$

Для визначення сили F складемо рівняння рівноваги моментів відносно точки контакту при $s=0$:

$$2M_0 = Ft - Nf, \quad (14)$$

де t - відстань між штангою та рядом скручуючих вузлів, м; f - глибина опускання штанги (кулірування), м.

Момент M_0 через кривизну в цій точці виразиться так:

$$M_0 = C \cdot \chi(0). \quad (15)$$

Підставивши дане значення M_0 в формулу (14) і врахувавши вираз (13), отримаємо:

$$\frac{2F}{\omega} \cdot th\left(\frac{\omega l}{2}\right) = Ft - Nf. \quad (16)$$

Звідки

$$F = \frac{Nf\omega}{t\omega - 2th\left(\frac{\omega l}{2}\right)}. \quad (17)$$

Для другого варіанту виконується умова:

$$\chi \geq \frac{l}{R}, \quad (18)$$

де R - радіус кулірувальної штанги, м.

В цьому випадку розв'язок можна отримати з рівняння (14) підставивши

$$M_0 = C \frac{l}{R}. \text{ Тоді}$$

$$C \frac{l}{R} = Ft - Nf. \quad (19)$$

Звідси можна записати вираз для поперечного зусилля в дроті

$$F = \frac{2C + NfR}{tR}. \quad (20)$$

Для розрахунків по даній формулі слід прийняти $f=h_k$, $t=L_k/2$ згідно з [2].

Дана методика дозволяє визначати силові параметри вузла кулірування механізму введення дроту в пази шестерень і виведення готової сітки.

Література

1. Пат. 2103097 РФ, МКИ В 21 F 27/02. Устройство для изготовления проволочной сетки / А. С. Литвин (UA), Э. А. Сухарев (UA), С. Ф. Медвидь (UA) и др. -№94042299/12. Заявлено 25.11.94; Опубл. 27.01.98, Бюл. №3.
2. Медвідь О. С. Обгрунтування параметрів кулірування при виготовленні металевих габійонних сіток// Вісник УДУВГП. Збірник наукових праць. – Рівне. – 2001. - Вип.5. - Ч.6. – С. 42 – 49.
3. Деклараційний патент на винахід України № 3375, МКИ В 21 F 27/02. Пристрій для виготовлення кручених металевих сіток / О. С. Медвідь (UA), В. С. Гавриш (UA), С.Х. Медвідь (UA). Заявлено 03.02.2004 р; Опубл. 15.11.2001. Бюл. №1.
4. Светлицкий В. А. Механика стержней: Учеб. для вузов. В 2-х ч. Ч. 1. Статика. – М.: Высш. шк., 1987. - 320 с.
5. Федорюк М. В. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. - 352 с.