

УДК 626. 862

Клімов С.В., асистент. (Рівненський державний технічний університет, м.Рівне)

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВЛАШТУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО АНТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ЕКРАНУ З ПЛІВКИ

В даній статті досліджується вплив кінематичних і динамічних параметрів радіального змотування на величину і характер натягу стрічки.

Влаштування вертикального антифільтраційного екрану вздовж вісі дрени збільшує ефективність закритого осушуючого дренажу [1]. При цьому най-

більш доцільним з економічної і технологічної точок зору є використання в якості екрану полімерної плівки.

Застосовується плівка поліетиленова з поліетилену марок 10802 – 020, 11502 – 070, 11602 – 070, нестабілізована та нефарбована товщиною 0.2 – 0.08 мм. (МПТУ 6 –05-1177-69) [2] яка має наступні параметри:

щільність..... 0,90 – 0,939 г/см³;
 межа міцності на розтяг..... 100 – 160 кгс/см²;
 температура морозостійкості.... 70⁰С.

Довговічність та економічність використання для влаштування про-тифільтраційного екрану вказаних марок поліетилену вже доказана практикою [3]. Досвід експлуатації екранів при будівництві каналів, водосховищ, гребель і дамб із застосуванням даних полімерів показує їх стійкість до різноманітних ушкоджень (корінням рослин, ушкодженню гризунами та інших). А тому, при застосуванні плівки з товщиною меншою 1 мм. (зменшення товщини плівки обумовлюється зменшенням витрат на влаштування екрану) обмеженням виступає тільки стійкість на розрив, а також рівномірність натягу при вкладанні вздовж стінки траншеї.

З метою оптимізації параметрів влаштування антифільтраційного екрану, розташованого вертикально вздовж дрени, проаналізуємо процес змотування плівки з рулону.

Рулон з плівкою встановлено горизонтально, а гальмування рулону відбувається спеціальним гальмом.

В загальному випадку радіальне змотування являє собою рух системи змінної маси навколо нерухомої осі. Якщо ж врахувати, що відділення стрічки від бобіни відбувається з відносною швидкістю рівною нулю, то рівняння руху системи буде мати такий самий вигляд, що і для тіл сталої маси [4].

Дане положення береться за основу при виборі основного диференційного рівняння руху мас, які обертаються, під час радіального змотування.

Введемо наступні позначення: J_i - момент інерції котушки ; $J(\varphi)$ - момент інерції маси стрічки, яка обертається; $\varphi, \omega, \varepsilon$ - відповідно кут повороту, кутова швидкість і кутове прискорення системи, яка обертається; $M(\varphi)$ - момент опору руху системи; T – натяг стрічки, що змотується; $r(\varphi)$ - поточний радіус змотування; V – лінійна швидкість змотування; t – поточний час.

Застосовуючи рівняння діючих сил в диференційній формі, отримаємо рівняння руху:

$$\frac{d}{d\varphi} \left\{ \frac{[J_o + J(\varphi)]\omega^2}{2} \right\} = T \cdot r(\varphi) - M(\varphi)$$

Диференціюючи та враховуючи, що $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ отримаємо

$$[J_0 + J(\varphi)] \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{1}{2} \frac{d[J(\varphi)]}{d\varphi} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = T \cdot r(\varphi) - M(\varphi); \quad (1)$$

Для рішення рівняння (1) скористаємося трьохперіодною трапецеїдальною тахограмою (діаграмою зміни швидкості) змотування, представленою на рис.1.

Перший період цієї тахограми τ_1 відповідає прискореному руху стрічки, яка змотується; другий період τ_2 - рівномірному руху; τ_3 - сповільненню руху.

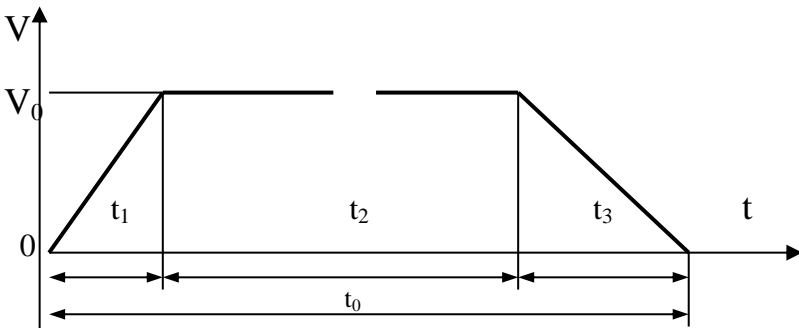


Рис.1 Тахограма змотування стрічки.

Закон зміни швидкості змотування в межах кожного періоду запишеться наступним чином:

$$\begin{aligned} V_1 &= a_1 t \quad (0 \leq t \leq t_1) \\ V_2 &= V_0 \quad (t_1 \leq t \leq t_2) \\ V_3 &= V_0 - a_3(t - t_2) \quad (t_2 \leq t \leq t_3); \end{aligned} \quad (2)$$

де a – лінійне прискорення стрічки.

Залежності (2) дозволяють значно спростити рішення основного диференційного рівняння (1) і звести його до трьох окремих випадків [5].

Перший випадок (прискорений рух стрічки).

Якщо, період t_1 є короткочасним, то будемо рахувати параметри $J(\varphi) = J_1$, $r(\varphi) = r_1$, $M(\varphi) = M_1$ в проміжку часу $0 \leq t \leq t_1$ сталими величинами

Тоді рівняння (1) прийме вигляд:

$$(J_0 + J_1) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = T_1 r_1 - M_1; \quad (3)$$

Його рішення з урахуванням граничних умов ($\varphi = 0$; $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ при $t = 0$)

знайдеться таким чином:

$$\varphi = \frac{T_1 \cdot r_1 - M_1}{2(J_0 + J_1)} t^2 \quad (4)$$

З іншого боку, на основі рівняння (2) можна отримати

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega = \frac{a_1 t}{r_1}$$

звідки

$$\varphi = \frac{a_1 t^2}{2r_1} \quad (5)$$

Співставляючи рівняння (4) і (5), виведемо остаточну формулу для пускового натягу стрічки T_1 :

$$T_1 = \frac{a_1 (J_0 + J_1)}{r_1^2} - \frac{M_1}{r_1} \quad (6)$$

Відповідно, пусковий натяг при радіальному змотуванні залежить від лінійного прискорення стрічки, моменту інерції мас, які обертаються, моменту опору і радіуса змотування.

Перший член в формулі (6) відповідає динамічній складовій натягу, яка створюється в результаті подолання інерції обертових мас; другий член – виражає статистичну складову натягу, не залежну від кінематичних параметрів змотування і створюється гальмівним пристроєм.

Якщо в формулі (6) припустити, що пусковий натяг дорівнює розривному натягу стрічки ($T_1 = P$), то можна знайти гранично допустиме значення лінійного прискорення a_{max} .

$$a_{max} = \frac{Pr_1^2 - M_1 r_1}{J_0 + J_1} \quad (7)$$

Другий випадок (рівномірний рух стрічки).

Для рішення рівняння (1) для періоду τ_2 , проведемо аналіз елементів цього рівняння.

Позначимо через h – товщина стрічки; r_n ; r_0 – відповідно максимальний і мінімальний радіуси намотки бобіни; φ - кут повороту бобіни, якій відповідає змотуванню повного слою (сталий для всіх слоїв); i – порядковий номер змотуемого шару ($1 \leq i \leq n$; n - ціле число).

Тоді для періоду, який розглядається, радіус змотування можна представити таким чином:

$$h_2(\varphi) = h_0 + ih \quad (8)$$

Момент інерції маси стрічок, які обертаються, знаходимо із виразу:

$$J_2(\varphi_{i+1}) = C_1 \left[(r_0 + id)^4 - r_0^4 \right] \quad (9)$$

де h – висота намотки, γ – питома щільність бобіни, $C_1 = \frac{\gamma \cdot \pi \cdot h}{2}$.

Для випадку змотування з вертикально встановленої котушки момент опору буде змінюватись наступним чином.

$$M_2(\varphi_{i+1}) = M_0 + C_2 \left[(r_0 + id)^2 - r_0^2 \right] \quad (10)$$

де $C_2 = C_1 \cdot 2c$, c – приведений радіус інерції.

Отримані залежності (8), (9) і (10) представляють собою ступінчасті кусково-неперервні функції.

Тому, кожному цілому значенню i буде відповідати самостійне диференційне рівняння з постійними коефіцієнтами типу (1), яке є справедливе тільки для визначеного інтервалу зміни кута φ .

Таким чином, при вирішенні поставленої задачі необхідно замість одного рівняння (1) розглядати наступну систему рівнянь:

$$\left\{ J_0 + C_1 \left[(r_0 + id)^4 - r_0^4 \right] \right\} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \quad (11)$$

$$T_i(r_0 + id) - M_0 - 2c \cdot C_1 \left[(r_0 + id)^2 - r_0^2 \right]$$

де $i = 1, 2, 3, \dots, n$,

$$J(\varphi) = J_2(\varphi_{i+1}) = const$$

Відмітимо, що кінцевою метою дослідження, що проводиться є знаходження залежності для натягу T_i , а не для кута φ . Тому пряме рішення системи (13) можна не проводити, а обмежитися наступним.

Враховуючи, що на протязі періоду τ_2 лінійна швидкість стрічки рівна V_0 , кутова швидкість бобіни в момент змотування i -го шару можна виразити таким чином:

$$\omega_i = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{V_0}{r_0 + id}$$

Зроблене припущення, що кутове прискорення відсутнє, включаючи і точки переходу від шару до шару, тобто:

$$\varepsilon_i = \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = 0$$

Тоді замість системи (13) отримаємо іншу:

$$T_i(r_0 + id) - M_0 - 2c \cdot C_1 [(r_0 + id)^2 - r_0^2] = 0 \quad (12)$$

З неї знайдемо натяг стрічки в період τ_2 :

$$T_i = \frac{M_0 + 2c \cdot C_1 [(r_0 + id)^2 - r_0^2]}{r_0 + id} \quad (13)$$

а для випадку змотування з горизонтально встановленої котушки;

$$T_i = \frac{M(\varphi)}{r_0 + id} \quad (14)$$

Як бачимо із формул (14) і (15), шляхом відповідного відбору параметрів $M(\varphi)$ і r_0 можна добитися достатньої стабільності натягу T_i на протязі повної розмотки бобіни.

Третій випадок (сповільнений рух стрічки).

Так само як і в першому випадку, вважаємо, що параметри $J(\varphi) = J_3$; $r(\varphi) = r_3$; $M(\varphi) = M_3$ у проміжку часу $t_2 \leq t \leq t_3$ є величинами сталими. Тоді по аналогії першого випадку будемо мати:

$$T_3 = \frac{M_3 r_3 - a_3 (J_0 + J_3)}{r_3^2} \quad (15)$$

Таким чином, натяг стрічки в період τ_3 залежить від тих самих параметрів, що і в період τ_1 .

Маючи розрахункові формули для всіх трьох періодів змотування, знаходимо мінімальний необхідний момент опору (гальмівний момент) M_{min} . Вочевидь, його величина повинна бути такою, щоб при переході від періоду розгону до періоду рівномірного змотування, а також в період зупинки бобіни (котушки) не відбувалася надмірна подача стрічки, тобто не було її захлестування.

Вважаючи в формулах (6) і (15), що $T_1 = T_3 = 0$; $J_1 = J_3 = J_{max}$; $r_1 = r_3 = r_n$, $a_1 \geq a_2$ отримаємо:

$$|M|_{min} = \frac{a_1 (J_0 + J_{max})}{r_n}; \quad (16)$$

де T_1, M_1 -натяг стрічки і гальмівний момент при вертикально встановленій котушці, T_2, M_2 – теж, для горизонтально встановленої котушки.

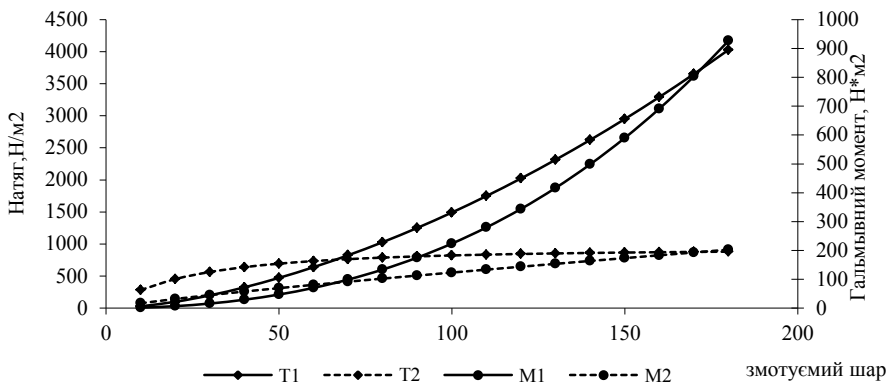


Рис. 2 Параметри змотування

1. Ткачук М.М., Яковець П.П., Сидорук В.В., Ревчук Н.А. Особливості застосування комбінованих модулів з дрен і водонепроникних екранів. – Вісник Рівненського державного технічного університету. Збірник наукових праць. Випуск 2, частина 1. – Рівне.: 1999.- с.232 – 236.
2. Малкин А.Я., Аскадский А.А., Коврига В.В., Методы измерения механических свойств полимеров. М., «Химия», 1978.-336 с.
3. Сокольская В.В. Полимерные пленочные материалы в водном хозяйстве: - М.: Россельхозиздат,1972. –72 с.
4. Мещерский И.В. Работы по механике тел переменной массы. Гостехиздат, М. –Л.,1949.
5. Артоболевський І.І. Теорія механізмів і машин: -М.: Наука. Гл. ред. Физ. - мат. лит., 1988.-640 с.