

В.Є.Богуславський к.т.н., доц.;
 О.Г.Добровольський к.т.н., доц.;
 О.О.Шаленко (КНУБА, Київ)

ПРИНЦИПИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ РОЛИКОВИХ ЦЕНТРИФУГ З МАХОВИКОМ

АНОТАЦІЯ. Наведено основні принципи вибору енергетичних параметрів роликів центрифуг з маховиком, призначених для формування довгомірних залізобетонних тіл обертання.

Ключові слова: роликів центрифуга, маховик, енергетичні параметри, ексцентриситет.

АННОТАЦИЯ. Приведены основные принципы расчета роликовых центрифуг с маховиком, предназначенных для формирования длинномерных железобетонных тел вращения.

Ключевые слова: роликовая центрифуга, маховик, энергетические параметры, эксцентриситет.

SUMMARY. Basic principles of calculation of roller centrifuges are resulted by a fly-wheel, long-length re-inforce-concrete bodies of rotation intended for shaping.

Keywords: roller of centrifuge, flywheel, the of energy of parameters, eccentricity

Вступ

Довгомірні залізобетонні тіла обертання (труби, колони, опори ЛЕП та інше) є дуже розповсюдженими конструкціями в будівництві і виготовляються у великій кількості.

Одним із основних методів виготовлення таких виробів є відцентрове формування на роликів центрифугах.

Особливістю відцентрового формування є те, що у вихідний момент робочого процесу бетонна суміш знаходиться у нижній півформі у вигляді сегмента.

Ексцентричне розміщення бетонної суміші на початку обертання форми викликає підвищення крутного моменту приводу, внаслідок чого на роликів центрифугах застосовують електродвигуни постійного струму підвищеної потужності. В деяких випадках для розгону форми може використовуватись додатковий привід.

За процес обертання форми сегмент із бетонної суміші поступово перетворюється в порожнисте тіло обертання і крутний момент суттєво знижується.

Введення в конструкцію центрифуги акумулятора енергії у вигляді маховика дає можливість значно знизити навантаження на привід на початку формування і, як наслідок, зменшити потужність електродвигуна (рис.1).

Центрифуга працює таким чином. На початку процесу під час монтажу форми і додаткових операцій розкручується маховик 1. При цьому муфта 2 відключена, а муфта 3 підключена. Після розгону маховика вмикається муфта 2 і форма 5 з бетонною сумішшю приводиться в обертання

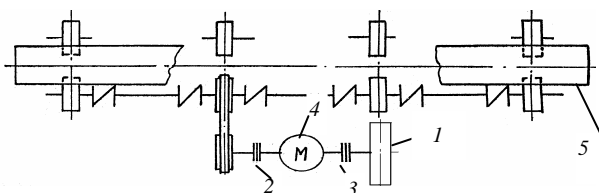


Рис. 1. Кінематична схема роликів центрифуги з маховиком:

1- маховик; 2,3 – зчіпні муфти;
 4 – електродвигун; 5 – форма

сумісною енергією маховика 1 двигуна 4.

Метою даного дослідження є розробка основних принципів вибору енергетичних параметрів обладнання.

Робота удосконаленої роликів центрифуги виконується за три етапи: розгін маховика, розгін і обертання форми разом з напівфабрикатом та її гальмування.

Основними енергетичними параметрами удосконаленої центрифуги є момент інерції маховика і потужність електродвигуна.

Момент інерції маховика визначається за допомогою закону змінення кінетичної енергії системи, тобто

$$T_1 - T_2 = \int M_{ст}(t) \omega(t) dt, \quad (1)$$

де T_1 - кінетична енергія маховика і двигуна; T_2 - кінетична енергія системи «маховик - двигун - форма»; $M_{ст}$ - статичний момент форми; ω - кутова швидкість; t - час.

Рівняння (1) записано в припущенні, що енергія маховика витрачається тільки на подолання моменту опору від нерівноваженої маси.

Змінення статичного моменту у першому наближенні можна описати за лінійною функцією.

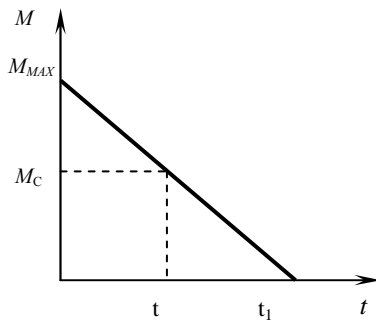


Рис.2 Закон змінення статичного моменту форми

$$\text{Тоді } M_{ст}(t) = M_{\max} \left(1 - \frac{t}{t_1} \right), \quad (2)$$

де t_1 - час розподілу бетонної суміші; M_{\max} - максимальний статичний момент форми від нерівноважених мас.

Аналогічно закон змінення кутової швидкості форми теж може бути виражений лінійною функцією за формулою

$$\omega(t) = \omega_p \frac{t}{t_1}, \quad (3)$$

де ω_p - кутова швидкість форми за момент повного розподілу бетонної суміші.

Після підстановки (2), (3) і (1) та інтегрування, отримуємо

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{6} M_{\max} \omega_p t_1. \quad (4)$$

Кінетична енергія маховика і двигуна:

$$T_1 = \frac{1}{2} (I_m + I_{\text{дв}}) \omega_1^2, \quad (5)$$

де I_m і $I_{\text{дв}}$ - моменти інерції маховика і ротора двигуна; ω_1 - максимальна кількість обертів маховика.

Кінетична енергія системи «маховик - двигун - форма»

$$T_2 = \frac{1}{2} (I_m + I_{\text{дв}} + I_\phi) \omega_p^2, \quad (6)$$

де I_ϕ - момент інерції форми з напівфабрикатом, приведений до вала двигуна.

Момент інерції маховика із рівняння (4) з урахуванням (5) і (6)

$$I_m = \frac{\omega_p^2}{\omega_1^2 - \omega_p^2} \left[I_\phi + \frac{M_{\max} t_1}{3 \omega_p} \right] - I_{\text{дв}}. \quad (7)$$

Максимальний статичний момент форми від нерівноважених мас [1]:

$$M_{\max} = m_\delta g y \sin \varphi, \quad (8)$$

де m_δ - маса бетонної суміші; y - відстань від центра тяжіння бетонного сегмента до вісі обертання форми; φ - умовний кут повертання сегмента, отриманий експериментально за даними ([1] 60°).

$$y = \frac{4}{3} \frac{D_n \sin^3 \alpha}{2(2\alpha - \sin 2\alpha)}, \quad (9)$$

де D_n - зовнішній діаметр тіла обертання; α - половина центрального кута сегмента.

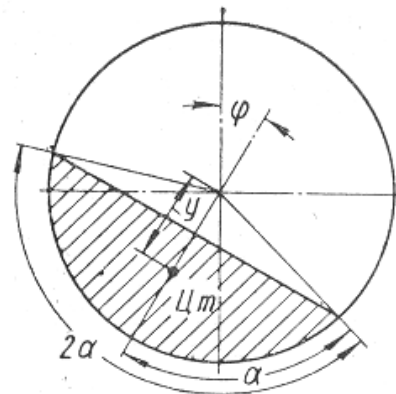


Рис.3 Схема до визначення ексцентриситету бетонного сегмента

Вибір електродвигуна роликів центрифуг здійснюється з урахуванням ступінчастого режиму, що є характерним

для формування довгомірних залізобетонних тіл обертання. Як правило, такий режим реалізується за допомогою електродвигуна постійного струму.

Потужність електродвигуна визначається без урахування пускових перевантажень, які знімаються за допомогою маховика відповідно формулі

$$N = 10^{-4} M_e n, \text{ кВт}, \quad (10)$$

де M_e - еквівалентний момент опору обертанню форми, нм.

Еквівалентний момент визначається з урахуванням призначеного режиму формування, тобто

$$M_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}}, \text{ нм}, \quad (11)$$

де M_i - момент опору обертанню форми за різних режимах формування; t_i - тривалість формування на кожному режимі.

Момент M_i складається із двох частин

$$M_i = M_T + M_\delta, \text{ нм}, \quad (12)$$

де M_T - момент від сили тертя і опору повітря; M_δ - динамічний момент від сил інерції за час переходу на наступний режим формування.

Висновки

Таким чином, в результаті досліджень встановлені основні принципи методики вибору енергетичних параметрів роликів центрифуг з маховиком.

Подальші дослідження будуть пов'язані з експериментальною перевіркою цієї методики та її удосконаленням.

Література

1. *А.Н.Попов, П.А.Макаров.* “Оборудование для производства бетонных и железобетонных труб”.- М.: Машиностроение, 1965.
2. *Артоболевський С.І.* Теорія механізмів і машин.- М., Высшая школа, 1985 – 308с.
3. *Про деякі напрямки дослідження процесу формування довгомірних залізобетонних тіл обертання на роликів центрифугах / Богуславський В.Є., Шаленко О.О.* Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини № 64 К

Рецензент: В.П. Головань к.т.н.,
доцент (КНУБА)

Отримано: 14.10.2009р.