

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ АРМАТУРИ В УМОВАХ БУДІВНИЦТВА

© Щеглюк М.Р., 2008

Наведено базову математичну модель технології електротермічного натягу стрижневої арматури для будівництва. Ця технологія призначена для застосування у збірному, монолітному і збірно-монолітному будівництві. Наведена модель дає змогу розраховувати різні параметри технологічного процесу, часові характеристики, економічні показники.

In this paper we presented the base mathematical model of technology of rod armature electro-thermal tension, which is assigned for use in conditions of building. This technology assigned for use facility of modular, monolithic and modular-monolithic building and facilities, and also at strengthening of building designs. It allows to calculate different parameters of technological process: time characteristics, economic parameters to carry out optimization of separate technological operations.

Постановка проблеми. Для впровадження удосконаленої технології електротермічного напруження арматури в умовах будівництва, використання ЕОМ для розрахунків параметрів технологічного процесу, його оптимізації та автоматизації процесів вимірювання, контролю, захисту і керування необхідно створювати математичні моделі об'єкта або окремого технологічного процесу. Крім того, за допомогою математичної моделі технологічного процесу можна аналізувати і розраховувати часові характеристики, трудозатрати та економічні показники.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Удосконалена технологія електротермічного напруження арматури в умовах будівництва є авторською розробкою і подібних досліджень ні в Україні, ні поза її межами не виконують.

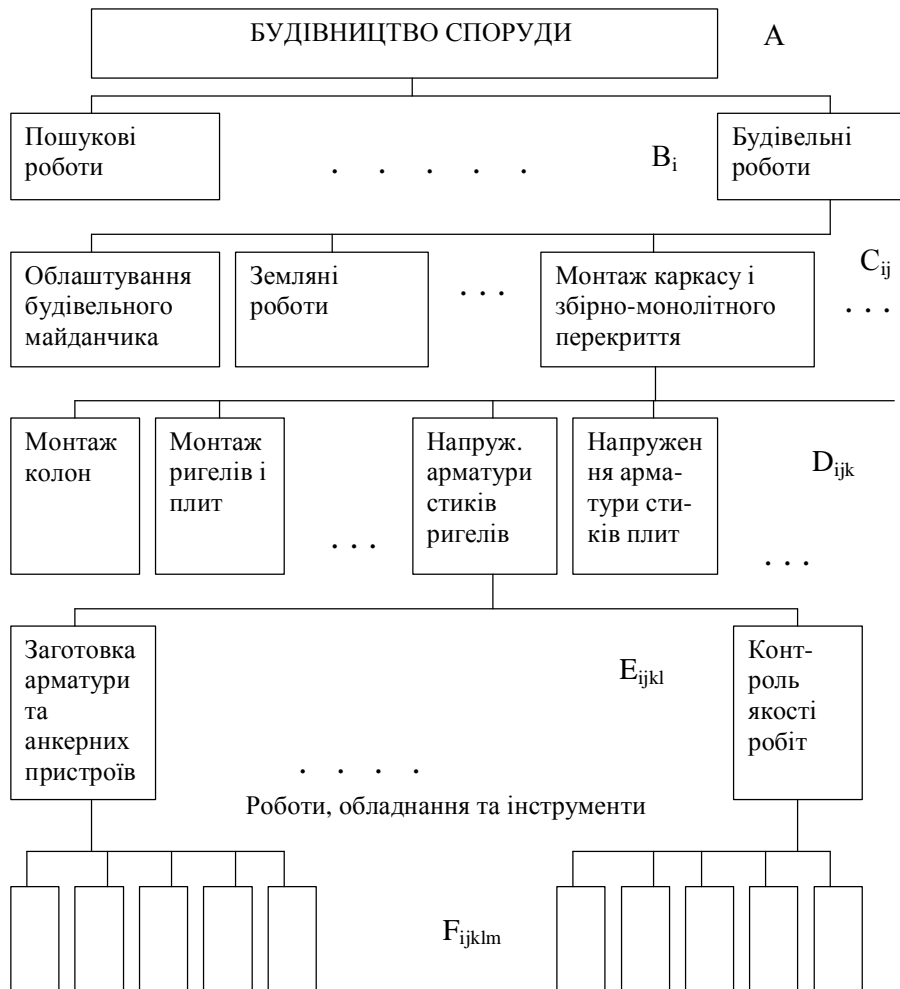
Формулювання цілей статті. Образ будівельного об'єкта, в загальному випадку, має неоднорідну математичну структуру сімейств множин, що відображають локальні частини об'єкта. В окремих випадках під час узагальнення властивостей будівельного об'єкта математичну структуру можна приймати однорідною для всього сімейства множин. Кількість множин, їх структура, складність взаємозв'язків залежить від фізичної різноманітності властивостей конкретного будівельного об'єкта. Для побудови загальної математичної моделі будівництва споруди в системі оптимізації необхідно використовувати загальносистемний підхід, тобто в загальну математичну модель об'єкта повинні бути включені всі параметри, що впливають на її створення.

Здебільшого загальна математична модель всієї системи може бути не побудована, не знайдена або її не доцільно будувати. У цьому разі створюються математичні моделі елементів споруди і з них може складатися загальна математична модель. Такі математичні моделі, як правило, мають ієрархічну структуру побудови.

Основна частина. У загальному випадку будівництво будь-якого об'єкта складається із множини різноманітної сукупності комплексів робіт, що можна записати у такому вигляді (рисунки) [1]:

$$A = \sum_{i=1}^{N_1} B_i; \quad B = (B_1 B_2 B_3 \dots B_{N_1}), \quad (1)$$

де A – будівництво споруди; B_i – комплекси робіт (пошукові, проектні тощо).



Структурна схема математичної моделі технологічного процесу електротермічного напруження арматури в умовах будівництва

Із всіх видів робіт для нас важливими є будівельні, що своєю чергою складаються із множини окремих видів робіт (влаштування будівельного майданчика, земельні роботи, роботи нульового циклу тощо)

$$B_j = \sum_{j=1}^{N_2} C_{ij}; C_{ij} = (C_{i1} \ C_{i2} \ C_{i3} \ \mathbf{K} \ C_{iN_2}), \quad (2)$$

де C_{ij} – окремі види робіт.

Вищевказані роботи складаються з окремих технологічних процесів, наприклад, кладка стін із цегли, бетонування буронабивних паль, приготування тинькувального розчину, тинькування тощо. Із усього різноманіття будівельних робіт, нас цікавитимуть ті, де є технологічні процеси, пов'язані з напруженням арматури. До таких робіт під час спорудження об'єкта можна зараховувати роботи із влаштування попередньо напружених перекриттів, балок, стиків різноманітних конструкцій, кесонних перекриттів, підсилення елементів конструкцій тощо.

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^{N_3} D_{ijk}; D_{ij} = (D_{ij1} \ D_{ij2} \ D_{ij3} \ \mathbf{K} \ D_{ijN_3}), \quad (3)$$

де D_{ijk} – технологічні процеси.

Технологічні процеси своєю чергою складаються із окремих технологічних операцій. Електротермічне напруження арматури в умовах будівництва складається із таких основних технологічних операцій [2]:

- 1 – заготовка напруженої арматури та приготування анкерних пристроїв;
- 2 – підготовка та встановлення арматури в проектне положення;
- 3 – підготовка до електронагрівання арматури;
- 4 – електронагрівання напружуваної арматури;
- 5 – контроль і управління нагріванням;
- 6 – встановлення і закріплення нагрітої арматури;
- 7 – контроль якості виконання робіт.

Деякі технологічні операції можуть бути відсутні або видозмінені залежно від способу анкерування нагрітої арматури. Він є основним чинником, що найбільше впливає на технологічний процес. Вибір способу анкерування впливає також і на точність створення попереднього напруження та регулювання зусиль.

$$D_{ijk} = \sum_{l=1}^{N_4} E_{ijkl}; \quad E_{ijk} = (E_{ijk1} \ E_{ijk2} \ E_{ijk3} \ \mathbf{K} \ E_{ijkN_4}), \quad (4)$$

де E_{ijk} – технологічні операції.

Виконання технологічних операцій для попереднього напруження арматури пов'язане із виконанням окремих робіт, що виконуються за допомогою спеціальних інструментів, пристосувань і пристроїв. Від їхньої ефективності залежить багато факторів, що впливають на технологічний процес.

$$E_{ijkl} = \sum_{m=1}^{N_5} F_{ijklm}; \quad F_{ijkl} = (F_{ijkl1} \ F_{ijkl2} \ F_{ijkl} \ \mathbf{K} \ F_{ijklN_5}), \quad (5)$$

де F_{ijklm} – роботи, які виконуються під час напруження арматури.

Кількість технологічних операцій і робіт залежать від способу напруження арматури, вибраної схеми, типу конструкції тощо. Враховуючи вищенаведене, узагальнену математичну модель будівництва споруди можна записати у такому вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \sum_{i=1}^{N_1} B_i \\ B_i = \sum_{j=1}^{N_2} C_{ij} \\ C_{ij} = \sum_{k=1}^{N_3} D_{ijk} \\ D_{ijk} = \sum_{l=1}^{N_4} E_{ijkl} \\ E_{ijkl} = \sum_{m=1}^{N_5} F_{ijklm} \end{array} \right. \quad (6)$$

Оскільки наші дослідження стосуються не спорудження всієї будівлі, а тільки виконання певних технологічних процесів, обмежимося трьома останніми членами математичної моделі. Це значно спростить наші дослідження і необхідні розрахунки. Її можна використовувати для оптимізації технологічного процесу за будь-яким параметром (споживання електроенергії, тривалості, матеріалоемності, грошових затрат тощо).

$$Opt = \min_{(d)} C(d), \quad (7)$$

де d – параметр, за яким виконують оптимізацію технологічного процесу.

У разі оптимізації за тривалістю технологічного процесу $d = \tau$ (часу), математичну модель запишемо у вигляді

$$\left\{ \begin{array}{l} C(t) = \sum_{k=1}^{N_3} D_k(t) \\ D_k(t) = \sum_{l=1}^{N_4} E_{kl}(t) \\ E_{kl}(t) = \sum_{m=1}^{N_5} F_{klm}(t) \end{array} \right. \quad (8)$$

Одну і ту саму технологічну операцію можна виконати із застосуванням різних конфігурацій робіт, обладнання та інструментів. Подавши наведені вище залежності у вигляді неявно вираженої матриці робіт, можна легко аналізувати плановані технологічні операції і тривалість технологічного процесу загалом.

$$E_{kl}(t) = \begin{vmatrix} E_{kl-1} \\ E_{kl-2} \\ E_{kl-3} \\ E_{kl-4} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} F_{kl-11} & F_{kl-12} & F_{kl-13} & F_{kl-14} \\ F_{kl-21} & F_{kl-22} & F_{kl-23} & F_{kl-24} \\ F_{kl-31} & F_{kl-32} & F_{kl-33} & F_{kl-34} \\ F_{kl-41} & F_{kl-42} & F_{kl-43} & F_{kl-44} \end{vmatrix} \quad (9)$$

На розрахунки можна накласти деякі обмеження, наприклад:

- 1) не розраховувати наперед завідомо невігідні процеси;
- 2) для виконання робіт вибирати сучасні високопродуктивні інструменти, обладнання, пристрої та прилади;
- 3) не розглядати процеси, що ускладнюють технологію;
- 4) не розглядати абсурдні пропозиції, або пропозиції, які виконати на сучасному етапі розвитку науки неможливо.

У всіх випадках у разі електротермічного напруження арматури в умовах будівництва найекономічніше нагрівати її на місці встановлення, але це накладає деякі особливості на весь технологічний процес. Великий вплив на перебіг цього процесу мають способи анкерування нагрітої арматури. Залежно від способу закріплення виконуються технологічні операції із заготовлення стрижнів, електронагрівання, керування процесом нагрівання і визначення величини попереднього напруження. Для розрахунків розроблено технологічні схеми, які використовують під час проектування і розробки технології. Згідно з цими схемами для стрижневої попередньо напруженої арматури використовують різноманітні методи її закріплення [2].

Деякі із способів анкерування мають перевагу тим, що точність створення заданого напруження в арматурі не залежить від точності заготовки арматури; дозволяють регулювати зусилля в арматурі; змінювати напруження під час виконання будівельно-монтажних робіт; досягати заданої точності напруження в арматурі з похибкою, яку лише можуть забезпечувати вимірювальні прилади та дозволяють забезпечити рівність зусиль в групі напружуваних стрижнів.

Висновки

1. Під час складання математичної моделі необхідно враховувати всю множину видів і комплексів робіт та технологічних процесів, які виконуються під час спорудження будівлі.
2. Математичну модель технологічного процесу електротермічного напруження стрижневої арматури в умовах будівництва необхідно розробляти залежно від способу анкерування арматури.
3. За допомогою математичної моделі технологічного процесу можна аналізувати і розраховувати багато його параметрів: часові характеристики, трудозатрати, економічні показники, виконувати оптимізацію окремих операцій.

1. Акимова Л.Д., Аммосов Н.Г., Бадьин Г.М.и др. *Технология строительного производства*. – Л.: Стройиздат, 1987. – 600 с. 2. Гнідець Б.Г., Щеглюк М.Р., Кавацюк І.Д. *Електротермічне попереднє напруження будівельних конструкцій в умовах будівництва*. – Львів: СПОЛОМ, 2004. – 110 с.