

УДК 69.057.5:69.056.55

Шарапа С.П.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

## ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ РУХОМОГО МОДУЛЮ ЗІ СТРІЧКОЮ ПО БЕТОНУ

*Проведено дослідження факторів, що впливають на характер переміщення рухомого модулю зі стрічкою, якість поверхні бетону та величину підйомного зусилля. Встановлена залежність зусилля відриву стрічки від бетону по лінії від часу витримки бетону.*

*Ключові слова: каркасні будівлі, бетонування, опалубка, переміщення, фактори впливу, зусилля, стрічка.*

**Постановка проблеми.** Застосування самопідйомної опалубки з рухомим модулем зі стрічкою при влаштуванні монолітних залізобетонних конструкцій значно підвищує продуктивність праці та скорочує строки виконання робіт.

Проте при переміщенні опалубки виникають сили опору, відмінні від сил, що діють при використанні самопідйомних підйомно-переставних та ковзних опалубок. Тому для успішного застосування самопідйомної опалубки з рухомим модулем зі стрічкою необхідно дослідити величини та співвідношення між силами, що виникають під час переміщення рухомого модулю встановити залежності зусиль режиму переміщення рухомого модуля.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Детальне вивчення взаємодії ковзної опалубки з бетонною сумішшю представлено в роботах Мацкевича А.Ф. [2, 3] та Слипченко Б.Г. [4, 5], а дослідження роботи опалубки з рухомим модулем зі стрічкою проводилися Тонкачевим Г.М. та Долматовим А.А. [1, 7, 8].

**Мета дослідження.** Визначення зусиль, що виникають під час переміщення рухомого модулю зі стрічкою по поверхні бетону. Встановлення залежності між величиною цих зусиль та часом витримки бетону.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В системі «рухомий модуль – бетон конструкції» вплив на характер переміщення рухомого модулю, якість поверхні бетону та величину підйомного зусилля  $F_{п}$  чинять наступні фактори (рис. 1):

- $F_{ци}^{\sigma}$  - зусилля відриву стрічки від бетону по лінії, Н:

$$F_{ци}^{\sigma} = \sigma_{ци} \cdot R \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot b$$

де  $\sigma_{ци}$  - нормальне зчеплення стрічки з бетоном, Па;

$R$  - радіус, по якому стрічка відділяється від поверхні бетону, м;

$\varphi$  - кут, по дузі якого відбувається відділення стрічки від бетону;

$b$  - ширина стрічки, м.

- $F_{сц}^τ$  - зусилля відриву стрічки від бетону із зсувом по площині, Н:

$$F_{сц}^τ = τ_{сц} \cdot S_o$$

де  $τ_{сц}$  - дотичне зчеплення стрічки з бетоном, Па;

$S_o$  - площа контакту стрічки з бетоном, м<sup>2</sup>.

- $F_{тp}$  - зусилля тертя зворотної поверхні стрічки по внутрішньому щиту, Н:

$$F_{тp} = τ_{тp} \cdot S_{щ}$$

де  $τ_{тp}$  - коефіцієнт тертя зворотної поверхні стрічки по внутрішньому щиту, Па;

$S_{щ}$  - площа контакту зворотної поверхні стрічки з внутрішнім щитом, м<sup>2</sup>;

- $f_{сд}$  - міцність бетону на розтяг, Па;

- $F_{роз}$  - зусилля, необхідне для розриву бетону в перерізі між щитами, Н:

$$F_{роз} = f_{сд} \cdot S_B$$

де  $S_B$  - площа поперечного перерізу пілону, м<sup>2</sup>.

- $G_B$  - вага бетону в перерізі між щитами, Н:

$$G_B = γ \cdot V$$

де  $γ$  - питома вага бетону, Н/м<sup>3</sup>;

$V$  - об'єм бетону в просторі між щитами, м<sup>3</sup>;

- $G_{рм}$  - власна вага рухомого модулю, Н.

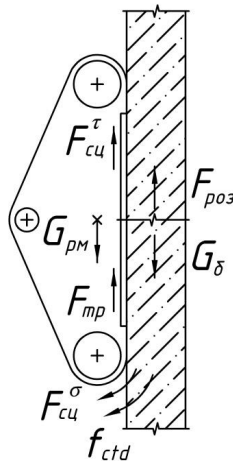


Рис. 1. Схема для визначення факторів.

Умовою нормальної роботи рухомого модулю зі стрічкою є виконання системи з трьох нерівностей:

$$\begin{cases} F_{TP} + F_{CЦ}^{\sigma} < F_{PO3} + G_B \\ F_{CЦ}^{\tau} > F_{TP} + F_{CЦ}^{\sigma} \\ \sigma_{CЦ} < f_{cd} \end{cases}$$

При недотриманні першої нерівності спостерігатиметься розрив бетону в перерізі між щитами.

Виконання другої нерівності дозволяє здійснювати нормальну роботу рухомого модуля з ковзанням стрічки по внутрішньому щиту. В іншому випадку, опалубка починає працювати як ковзна, тобто стрічка залишатиметься нерухомою відносно внутрішнього щита та ковзатиме по поверхні бетону.

Виконання третьої нерівності забезпечує відділення стрічки від бетону без руйнування поверхневого шару бетону конструкції. При недотриманні цієї нерівності спостерігатиметься налипання дрібних частинок бетону на поверхні стрічки.

Рухомий модуль переміщується під дією підйомної сили  $F_n$ , лінія дії якої проходить через вісі обертання верхнього та нижнього натяжних роликів. При виконанні умов нормальної роботи значення підйомної сили  $F_n$ , становитиме (рис. 2):

$$F_n = F_{CЦ}^{\sigma} + F_{TP} + G_{PM}$$

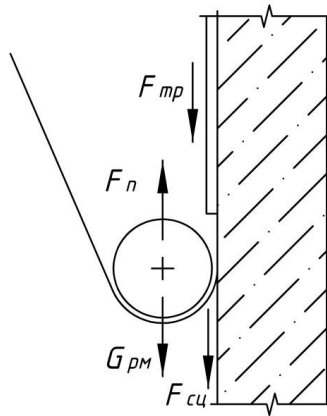


Рис. 2. Схема для встановлення значення підйомної сили при переміщенні рухомого модулю.

Виготовлення дослідних зразків пілонів виконувалося на спеціально сконструйованому дослідному стенді. Дослідний стенд являє собою модель опалубки з рухомих модулів зі стрічкою та призначений для виготовлення бетонних зразків у вигляді прямокутних паралелепіпедів товщиною 100, 120, 150 мм, шириною 380 мм та висотою 1200 мм (рис. 3). Розміри зразків прийняті з врахуванням дотримання умов бетонування, витримки бетону та підйому рухомого модулю.

Дослідний стенд містить фронтальний щит 1, на якому закріплені бічні щити 2 з напрямними рейками 4. Навпроти фронтального щита 1 на напрямних рейках 4 закріплено рухомий модуль з облицюванням у вигляді стрічки 8. Рухомий модуль виконаний з рами 6 та металевого каркасу 9 на яких закріплено внутрішній щит 5, верхній відвідний ролик 3, нижній відвідний ролик 10 та натяжний ролик 7. Ролики 3, 7, 10 та внутрішній щит 5 охоплені стрічкою 8. На рамі 6 закріплені притискні ролики 11. Підйом рухомого модулю здійснюється за допомогою підйомного зусилля, що прикладається до динамометра, закріпленого на підвісі 12, на якому підвішено рухомий модуль. При цьому підйомне зусилля прикладається до осі верхнього відвідного ролика 3.

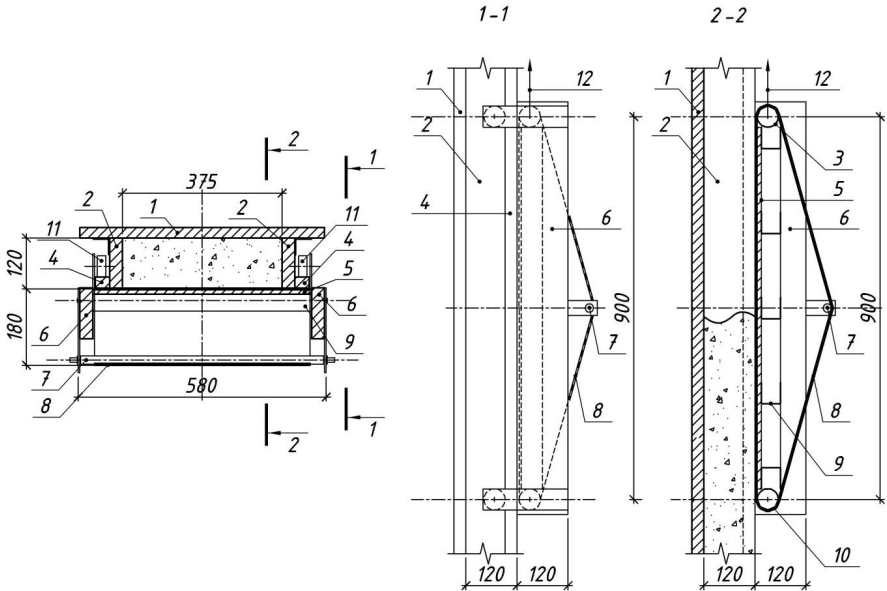


Рис. 3. Схема дослідного стенду.

- 1 – фронтальний щит;
- 2 – бічний щит;
- 3 – верхній відвідний ролик;
- 4 – напрямна рейка;
- 5 – внутрішній щит;
- 6 – рама;
- 7 – натяжний ролик;
- 8 – стрічка;
- 9 – металевий каркас;
- 10 – нижній відвідний ролик;
- 11 – притискний ролик;
- 12 – підвіс.

Дослідні зразки монолітних пілонів виготовлялись з бетонної суміші класу С25/30 на портландцементі марки М400, що застосовується для зведення багатоповерхових будівель з монолітного залізобетону. Для її виготовлення складники змішувались в пропорції Ц:П:Щ=1:1,6:3,2. Водоцементне відношення складало В/Ц $\approx$ 0,5 та остаточно встановлювалось по необхідній ОК бетонної суміші 8 см. Зразок бетонувався в вертикальному положенні ярусами висотою по 30 см. Бетонна суміш для кожного ярусу готувалась у вигляді окремого замісу. Також виготовлялись зрази розміром 0.1x0.1x0.1 м для контролю кубкової міцності бетону. Для приготування бетонної суміші використовувався бетонозмішувач ALTRAD LIV MLZ-145 NG гравітаційної дії з максимально можливим об'ємом готового замісу 0.11 м<sup>3</sup>. З метою спрощення експерименту зразки не армувались. Ущільнення бетонної суміші виконувалось штикуванням.

В результаті експерименту підтвердилися висновки попередніх досліджень [7, 8]. Підйом рухомого модулю та звільнення поверхні бетону необхідно виконувати не раніше досягнення бетоном міцності 0,2...0,3 МПа. Необхідність дотримання данної умови закріплена також в нормативних документах [6].

Бетонна суміш в процесі тверднення створює значне зчеплення з матеріалом стрічки, що при умові досягнення необхідної розпалубної міцності попереджає проковзування стрічки відносно поверхні бетону без обертання по

роликама та підтверджує можливість застосування стрічки для спірання на елементи конструкцій без використання додаткових опорних пристосувань.

В процесі досліджень встановлено, що при застосуванні гнучкої стрічки в якості облицювання рухомого модулю зчеплення між поверхнею опалубки та поверхнею бетону справляє значно менший вплив на значення підйомного зусилля порівняно з іншими типами опалубок. Основна частина підйомного зусилля витрачається на подолання сил тертя між зворотною поверхнею стрічки та внутрішнім щитом та сприймання власної ваги рухомого модулю (рис. 4).



Рис. 4. Складові підйомного зусилля.

### Висновки.

Визначено зусилля, що виникають під час переміщення рухомого модулю зі стрічкою по поверхні бетону. Встановлено залежності між величиною цих зусиль та часом витримки бетону.

### Використані джерела:

1. Долматов А. О. Міцність і деформативність залізобетонних фрагментів стін будівель і споруд, що зводяться у вертикально-рухомих опалубках: автореф. дис... к. т. на-ук: 05. 23. 01 / Долматов Андрій Олександрович, ДонДАБА. – Макіївка, 2004. – 19 с.

2. Мацкевич А.Ф., Федоренко Р.И., Стойчев В.Б. О сцеплении и трении между скользящей опалубкой и бетоном.// Жилищное строительство, 1976, №4, С. 10-11.

3. Мацкевич А.Ф., Федоренко Р.И., Яворский А.А. Сцепление бетонов с формирующими поверхностями опалубки. – Бетон и железобетон, 1978, №10, С. 23-24. 23

4. Методические рекомендации по проектированию технологии строительства жилых зданий из монолитного железобетона в скользящей опалубке. – К: НИИСП Госстроя Украины, 1976. – 66 с.

5. Слипченко Б.Г. Исследование влияния технологических факторов на качество сооружений, возводимых в скользящей опалубке: Автореферат дисс. на соис. уч. степ. к.т.н. – Харьков, 1971. – 19 с.

6. СНиП 3.03.01-87\*. Несущие и ограждающие конструкции. – Введено в действие на территории Украины с 1 апреля 1998года. – М.: Минстрой России. – 1996 г. – 159 с.

7. Тонкачєєв Г.М. Дослідження факторів, які впливають на режими роботи вертикально-рухливої опалубки з гнучкою стрічкою / Г.М. Тонкачєєв, А.О. Долматов // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. пр. – К.: КНУБА, 2001. – Вип. 9. – С. 206-209.

8. Тонкачєєв Г. М. Технологічні параметри процесу бетонування стін у вертикально-рухливій опалубці з нескінченною стрічкою / Г.М. Тонкачєєв, А.О. Долматов // Будівельне виробництво. – К.: НДІБВ. – 2001. – Вип. 42. – С. 20-22.

#### Аннотация

Проведено исследование факторов, влияющих на характер перемещения подвижного модуля с лентой, качество поверхности бетона и значение подъемного усилия. Установлена зависимость усилия отрыва ленты от бетона по линии от времени выдержки бетона.

**Ключевые слова:** каркасные дома, бетонирование, опалубка, перемещение, факторы влияния, усилия, лента.

#### Annotation

The factors that affect the nature of the movable unit with a ribbon, the quality of the concrete surface and the value of the lifting force are investigated. The dependence of the breaking load of concrete on the belt line of the dwell time of the concrete is founded.

**Keywords:** frame houses, concrete, formwork, movement, influences, efforts, tape.