

Сіянов О.І., к.т.н., доцент (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця)

## **ВПЛИВ ЗАТЯЖОК НА РОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНЬ В ЕЛЕМЕНТАХ МОДЕЛІ МЕТАЛЕВОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО СТЕРЖНЕВОГО ПОКРИТТЯ**

**Експериментальним шляхом установлений вплив зтяжок на розподіл напружень в елементах моделі металевго циліндричного стержневого покриття для можливих випадків розташування навантаження на поверхні. Визначені ті ж самі небезпечні зони концентрації напружень в елементах, що і в моделі без зтяжок. Досягнуто істотне розвантаження покриття.**

**В наш час значно підвищуються вимоги** до використання криволінійних металевих просторових покриттів. З'являється потреба в конструкціях, розміри яких повинні забезпечувати перекриття великих площ. Розробляються нові конструктивні рішення покриттів, які вимагають проведення модельних чи натурних експериментів.

**Дана стаття** є продовженням тематики, присвяченої результатам випробувань моделі металевго циліндричного стержневого покриття. За даними попередніх випробувань [1] для такої конструкції досліджено вплив різних схем прикладання навантаження на характер роботи покриття. На підставі проведених досліджень визначені небезпечні зони концентрації напружень в елементах і прийнято рішення про необхідність розвантаження покриття.

Шляхів розвантаження може бути декілька [2–8], втім зрозуміло, що забезпечити досить раціональний розподіл напружень в елементах без розпору в горизонтальному напрямку дозволить лише введення додаткових елементів.

**Найбільш особливий інтерес** для таких покриттів викликає застосування високоміцних зтяжок. На даний час не має інформації про поведінку покриття при введенні такого виду підкріплення. В значній мірі на прийняття правильного рішення впливає кількість тросів (елементів зтяжок), в залежності від геометричних і жорсткісних параметрів покриття, місця їх розташування, потрібна величина їх натягу. Втім не слід забувати і про необхідність прийняття додаткових заходів, які дозволять уникнути провисання підкріплюючих елементів від власної маси.

**Враховуючи відсутність практичних даних** про роботу покриття з використанням зтяжок для можливих випадків розташування навантаження на поверхні поставимо задачу організувати і провести експериментальні

дослідження на моделі, за результатами яких встановити вплив зазначеного виду підкріплення на роботу покриття та визначити небезпечні зони концентрації напружень в елементах.

Для моделі металевого циліндричного стержневого покриття (рис. 1), яка вже випробовувалась [1] і була виготовлена з урахуванням зміни конструктивного рішення для введення додаткових елементів, прийнято три сталевих троси діаметром 6 мм, які вводились в припорні зони покриття і з'єднували нижні граневі ферми через опорні ребра (рис. 2). Кріплення тросів до моделі покриття з одного боку здійснювалось за рахунок спеціально виготовлених циліндрів з нарізаною різьбою і стяжними болтами, з іншого – системою натяжних пристосувань (гвинтових муфт). Процес натягу затяжок виконувався ступенями, кількість яких складала не менше 10. Причому зусилля натягу в кожному тросі доводили до 2000 Н. Використовувались заздалегідь відтаровані кільця  $d \times t = 51 \times 6$  мм ( $A = 9,61$  см<sup>2</sup>), на які, для визначення відносних деформацій у тросах, були наклеєні тензометричні датчики опору. Затяжки остаточно вступали в роботу після повного закріплення їх кінців в припорних

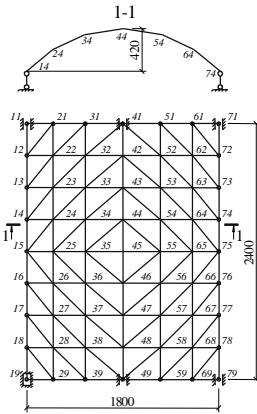


Рис. 1. Схема моделі покриття

зонах і після повного їх натягу натяжними пристосуваннями.

Модель спиралась на спеціально виготовлену опорну сталеву раму висотою 1,2 м (рис. 3), що забезпечувало прикладання і зняття навантаження знизу.

Випробування моделі здійснювалось для випадку повного по всій поверхні і одностороннього зліва і справа прикладання зосередженого вузлового навантаження з цегли, яка розміщувалась у підвісних кошиках із сталевих прутків діаметром 5 мм. Для того, щоб можна було спостерігати за поведінкою моделі під час випробування приймалась спеціальна послідовність поетапного (по 5 етапів) прикладання навантаження. Кожний вузол моделі, підкріпленої затяжками сприймав 180–220 Н за етап (витримка для кожного етапу 20 хвилин). Максимальне навантаження для такої системи становило 1000 Н на вузол.

Відносні деформації визначались

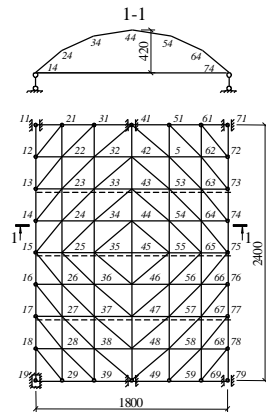


Рис. 2. Схема моделі покриття з затяжками

тензометричними датчиками опору ПКБ-10-200 з базою 10 мм, які наклеювались на стержні моделі з обох боків під кутом  $90^{\circ}$ . Для перевірки отриманих даних застосовувались перевіірочні датчики, які наклеювались з чотирьох боків. Показання тензодатчиків фіксувались за допомогою



Рис. 3. Експериментальна установка моделі покриття з затяжками



Рис. 4. Прилади для вимірювання відносних деформацій

вимірювача деформацій цифрового (ВДЦ-1) та цифрового тензометричного моста (ЦТМ-5) (рис. 4).

Експеримент проводився у приміщенні лабораторії ЕфБК кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького державного технічного університету при температурі повітря  $+20\pm 2^{\circ}\text{C}$  і вологості повітря, що близька до нормальній.

Проведений комплекс випробувань моделі з затяжками показав, що незалежно від схеми прикладання експериментального навантаження, напруження в елементах розподілялись нерівномірно.

Результати досліджень дозволили порівняти закономірності роботи непідкріпленого покриття [1] і покриття, підкріпленого затяжками.

Аналізуючи тенденції поведінки двох систем під навантаженням, встановлено, що розподіл напружень в елементах моделі з затяжками порівняно з покриттям без підкріплюючих елементів характеру не змінив, однак в кількісному плані напруження змінились істотно.

На рис. 5 наведені експериментальні значення напружень в елементах моделі з затяжками при повному (рис. 6) і однобічному (рис. 7) прикладанні навантаження.

В поясах максимальні напруження різних знаків (29 і -28 Н/мм<sup>2</sup>) спостерігались в середній зоні, мінімальні (2 і -1 Н/мм<sup>2</sup>) – в першій чверті і в середній зоні (рис. 5, а), які порівняно з непідкріпленим покриттям менші відповідно в 1,5 і 1,8 та 5,5 і 1,4 рази. Причому, крайній елемент нижнього пояса верхньої граневої ферми (навантаження справа) і всі елементи верхнього пояса верхньої граневої ферми (навантаження по всій поверхні, зліва і справа) порівняно з покриттям без затяжок змінили свій знак на протилежний і стали працювати на розтяг. В нижніх поясах відмінність напружень складала 7–58%, в ділянці гребеня була в межах 5–20%.

Стояки працювали на стиск. Тож напруження в стояках як і в системі без елементів, підкріплюючих покриття, свого знаку не змінили. Максимальне значення (-29 Н/мм<sup>2</sup>) було зафіксовано в крайньому стояку першої граневої ферми, мінімальне (1 Н/мм<sup>2</sup>) – в середньому стояку (рис. 5, б), які порівняно з непідкріпленою системою менші відповідно в 1,3 і 2,9 рази. Різниця напружень в стояках першої граневої ферми була істотною і складала 20–72%, в стояках інших граневих ферм – 4–22%.

Напруження в розкосах моделі з затяжками порівняно із системою без затяжок також свого знаку не змінили, однак їх значення зменшились істотно. Максимальне напруження (30 Н/мм<sup>2</sup>) було відмічено в крайньому розкосі першої граневої ферми, мінімальне (2 Н/мм<sup>2</sup>) – в середньому розкосі в ділянці гребеня (рис. 5, в), які порівняно з непідкріпленим покриттям менші відповідно в 1,3 і 2,7 рази. Напруження в розкосах усіх граневих ферм відрізнялись в межах 5–76%.

Відхилення максимальних напружень в поясах, стояках і розкосах після введення затяжок при повному і однобічному прикладанні навантаження складала відповідно 31–41, 9 і 23%.

У тросах напруження (рис. 8) розподілялись таким чином. Максимальне значення ( $276 \text{ Н/мм}^2$ ) було зафіксовано в середньому тросі при навантаженні зліва, мінімальне ( $247 \text{ Н/мм}^2$ ) – в крайньому тросі при розташуванні навантаження на всій поверхні.

— повне навантаження; --- навантаження зліва; - - - навантаження справа

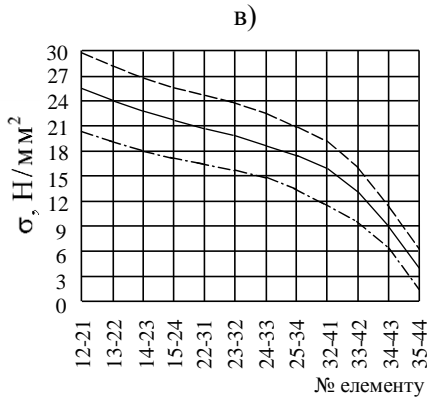
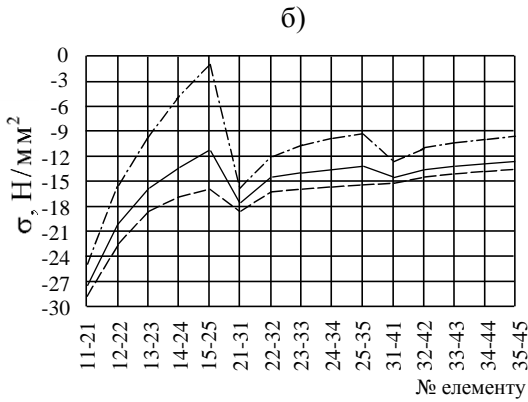
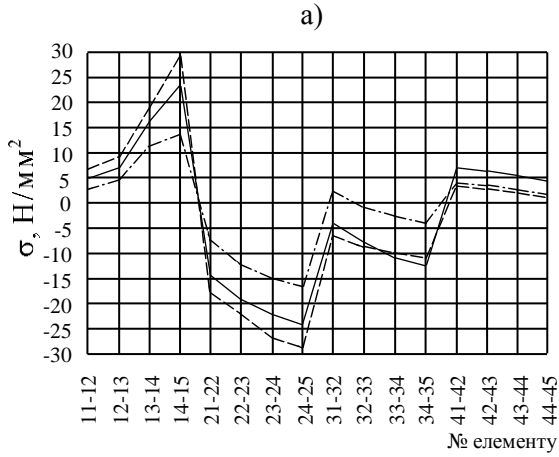


Рис. 5. Розподіл напружень в елементах моделі покриття з затяжками: а) поясах; б) стояках; в) розкосах



Рис. 6. Повне прикладання навантаження до моделі покриття з затяжками



а)



б)

Рис. 7. Однобічне прикладання навантаження до моделі покриття з затяжками: а) зліва; б) справа

Різниця напружень у тросах при повному і однобічному прикладанні навантаження коливалась в межах 10%.

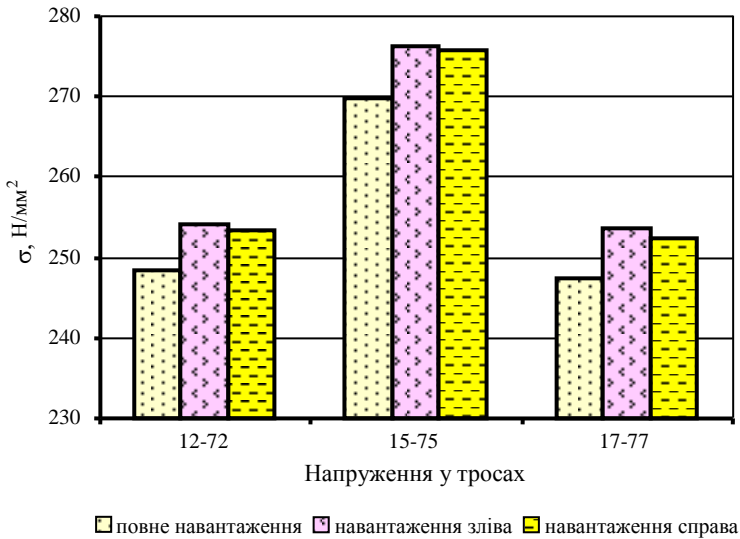


Рис. 8. Розподіл напружень у тросах моделі покриття з затяжками

Як бачимо, отримані результати свідчать про істотний розкид значень напружень в елементах. Виявлено, що, так само, як і в моделі без зтяжок одні елементи майже не працюють, інші – перевантажені. Однак, їх кількість значно менша порівняно з непідкріпленою системою. Тож зрозуміло, що спосіб використання зтяжок призводить до деякого розвантаження покриття і забезпечує найбільш рівномірне включення в роботу всіх елементів.

#### **Висновки.**

За даними експериментальних досліджень установлений вплив зтяжок на розподіл напружень в елементах моделі металевих циліндричного стержневого покриття для можливих випадків розташування навантаження на поверхні.

Показано, що закономірності розподілу напружень в елементах підкріпленої моделі, які отримані для всієї поверхні покриття, майже ні чим не відрізняються від закономірностей розподілу напружень в елементах моделі, до складу якої не входять підкріплюючі елементи.

Аналогічно непідкріпленому покриттю, незважаючи на вплив дії зтяжок, виявлено небезпечну схему прикладання навантаження. Порівняно з покриттям без додаткових елементів, в моделі з зтяжками в нижніх граневих фермах покриття від однобічного навантаження досягнуто зменшення



напружень в елементах, втім модель з зтяжками є також уразливою від дії несиметричного навантаження.

Встановлено, що розподіл напружень в елементах моделі з зтяжками порівняно з покриттям без підкріплюючих елементів характеру не змінив, однак в кількісному плані напруження змінились істотно. Визначені ті ж самі небезпечні зони концентрації напружень в елементах, що і в моделі без зтяжок при повному і однобічному прикладанні навантаження. Спостерігалась також схожа картина нерівномірного розподілу напружень в елементах моделі для кожної схеми роботи покриття. В ділянці гребеня, порівняно з іншими зонами, напруження в елементах були незначними. Опорний пояс нижніх граней покриття весь працював на розтяг, проте інші пояси, окрім верхнього, працювали на стиск. Втім деякі елементи поясів підкріпленого покриття при всіх прийнятих схемах прикладання навантаження порівняно з покриттям без зтяжок змінили свій знак на протилежний і стали працювати на розтяг. Стояки і розкоси свого знаку не змінили, оскільки працювали відповідно на стиск і на розтяг. Однак значення напружень в розкосах моделі при введенні зтяжок зменшились істотно.

Порівняно з покриттям без підкріплюючих елементів для кожної схеми прикладання навантаження зафіксовані менші розбіжності в значеннях і отриманий більш рівномірний розподіл напружень в елементах по поверхні, що свідчить про доцільність і перспективність використання зтяжок в таких конструкціях.

**1.** Сіянов О.І. Закономірності розподілу напружень в елементах моделі металевого циліндричного стержневого покриття // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць.–Рівне: НУВГП, 2006.–Вип. 14.–С. 327–332. **2.** Свердлов В.Д., Сіянов А.И. Совершенствование цилиндрических стержневых систем покрытий // Труды Междунар. конф. “Теория и практика металлических конструкций”.–Том 2.–Донецк-Макеевка.–1997.– С. 37–41. **3.** Свердлов В.Д., Сіянов О.І., Бойчук О.Д. Проблема стійкості одношарових циліндричних стержневих покриттів // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сб. науч. тр.–Одесса: ОГАСА, 1999.–С. 169 –174. **4.** Свердлов В.Д., Сіянов О.І. Металеві циліндричні стержневі покриття. – Вінниця: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 1999.–134 с. **5.** Сіянов О.І. Металеві одношарові циліндричні стержневі покриття: Автореф. дис... канд. техн. наук.–Київ: Вид-во “Сталь”, 2002.–19 с. **6.** Сіянов О.І., Козловський А.В. Стан справ в сфері розробки просторових легких металевих конструкцій та пропозиції по удосконаленню одношарових циліндричних стержневих покриттів // Науковий потенціал світу ‘2004: Матеріали Першої Міжнародн. наук.-практ. конф.–Том 57.– Будівництво та архітектура.–Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004.–С. 42–46. **7.** Сіянов О.І. Аналіз конструктивних рішень металевих одношарових циліндричних стержневих покриттів // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць.–Рівне: НУВГП, 2004.–Вип. 11.–С. 279–282. **8.** Свердлов В.Д., Сіянов О.І. Напрямки удосконалення металевих циліндричних стержневих покриттів // Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее: Сборник докладов VIII Украинской науч.-техн. конф.–Часть 2.–Киев: Изд-во “Сталь”, 2004.–С. 18–20.