

УДК 624.012

д.т.н., доц. О.І.Лапенко,  
Національний авіаційний університет, м. Київ

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З ЛИСТОВИМ АРМУВАННЯМ

*Досліджено роботу сталезалізобетонних балок із листовим армуванням. Приведено дані про експериментальні дослідження та розрахунку таких балок.*

**Ключові слова:** конструкції, бетон, армування, сталезалізобетонні балки, напружено-деформований стан

Із відомих типів конструкцій із зовнішнім листовим армуванням інтерес викликають ті, у яких арматура є незнімною опалубкою і в той же час активно працює самостійно, створюючи об'ємно-напружений стан в бетоні. Усім цим вимогам повною мірою відповідає труботетон, але він працює ефективно тільки на стиск.

У конструкціях із зовнішнім смуговим армуванням, що зосереджене тільки в розтягнутій зоні [2], арматура активно включається в роботу при сприйнятті згинального моменту. Але листові арматури в таких конструкціях може слугувати незнімною опалубкою тільки у випадку подвійного армування при бетонуванні збірних балок у горизонтальному положенні. Не виключений випадок, коли смугова арматура не сприймає поперечної сили і не утворює об'ємно-напружений стан у бетоні. У таких конструкціях є необхідність забезпечення сумісної роботи сталі й бетону, що потребує допоміжних анкерних пристосувань, витримування товщини захисного шару бетону, що призводить до перевитрат матеріалів та підвищення власної ваги конструкції.

Для усунення цих недоліків та забезпечення надійної роботи конструкцій запропоновано нові типи згинальних елементів із зовнішнім листовим армуванням. Сутність запропонованих конструкцій із зовнішнім армуванням полягає в конструктивному рішенні поперечного перерізу, що виконане із сталевих вертикальних листів і днища у формі опалубки (рисунки 1 а), яка після виготовлення заповнюється бетоном у вертикальному робочому положенні.

Особливістю роботи такого поперечного перерізу є можливість під час завантаження в стиснутій зоні очікувати об'ємно-напружений стан у бетоні, тому що листові арматури в такому випадку перешкоджає вільним деформаціям бетону у поперечному напрямку. Таке рішення дає змогу сприймати згинальні моменти та ідеально працювати на поперечну силу

завдяки бетону, який знаходиться в складному напруженому стані, та вертикальних листів, що добре працюють на зріз.

У таких конструкціях можливе розміщення стрижневої арматури (рис. 1, в), яка є зв'язним елементом між бетоном та вертикальним листом у стиснутій зоні перерізу, що надає йому більшу стійкість і сумісну роботу при згині. Але щоб не переармувати стиснуту зону і врівноважити переріз, стрижневу арматуру також потрібно розмістити і в розтягнутій зоні перерізу.

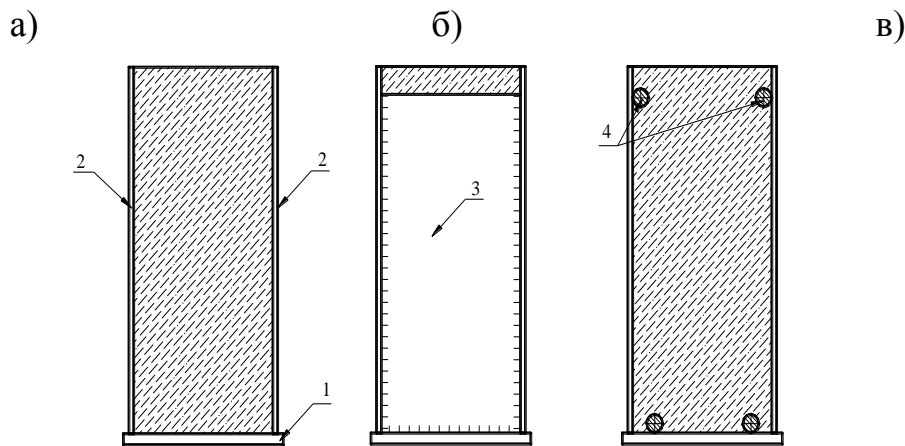


Рисунок 1 – Схеми запропонованих поперечних перерізів сталезалізобетонних балок із зовнішнім листовим армуванням:

1 – нижній лист, 2 – поздовжні вертикальні листи, 3 – діафрагма жорсткості, 4 – стрижнева арматура

При вдалому сполученні бетону й арматури можна зменшити висоту та розміри поперечного перерізу, знизити масу, підвищити міцність і жорсткість конструкції. Коробчастий переріз сталеві частини балок дає змогу обійтися без опалубки, закладних деталей та пропарювання, адже час від бетонування до проектного навантаження іноді становить більше двох місяців.

Ці конструкції мають суттєві переваги при проектуванні й будівництві різних будівель та споруд. Але при їх проектуванні виникають питання щодо визначення кількості арматури, розмірів поперечного перерізу та способів армування. Для підвищення ефективності й більш широкого розповсюдження конструкцій із зовнішнім листовим армуванням необхідна розробка відповідної теорії і методів розрахунку.

Розвиток теорії сталезалізобетонних конструкцій повинен стати основою для розроблення та впровадження норм проектування, що дасть проектувальникам правову базу застосування сталезалізобетону.

Широкі експериментальні дослідження згинальних сталезалізобетонних елементів із зовнішнім листовим армуванням були проведені О.В.Сколибогом [1, 3].

При складанні програми експериментальних випробувань враховано, що несуча здатність сталезалізобетонних елементів залежить від геометричних розмірів (геометричної характеристики листових смуг, діаметра арматури, прольоту) і фізико-механічних властивостей матеріалів – сталі і бетону.

Метою проведення експериментальних досліджень було визначення:

- несучої здатності згинальних сталезалізобетонних елементів із зовнішнім листовим армуванням;
- закономірностей деформування і вичерпання несучої здатності балок при різних схемах армування;
- розвиток тріщиноутворення в бетоні, який знаходиться в тілі опалубки та пластичних властивостей сталеві арматури;
- прогинів і деформацій у момент руйнування стиснутої зони бетону;
- напружено-деформованого стану стінки балок при різних схемах армування та різних класах бетонів за міцністю в зоні дії поперечної сили;
- схем руйнування дослідних зразків-балок.

Для отримання експериментальних результатів, які дали б можливість достатньою мірою судити про особливості роботи згинальних сталезалізобетонних елементів із зовнішнім листовим армуванням, запроектовано такі зразки:

– згинальні елементи прольотом 2 м із зовнішнім листовим армуванням та арматурою періодичного профілю – серія Б-I та серія Б-II;

– згинальні елементи прольотом 2 м із зовнішнім листовим армуванням, заповнені трьома класами бетону за міцністю – серія Б-III ;

– згинальні елементи прольотом 2 м із зовнішнім листовим армуванням, заповнені трьома класами бетону за міцністю, армовані поздовжньою арматурою періодичного профілю, що приварена до нижнього і бокових листів – серія Б-IV;

– стандартні бетонні призми 150x150x600 мм і кубики 150x150x150 мм для визначення характеристик міцності й деформативності бетону;

– стандартні сталеві пластини 20x300 мм, вирізані зі сталевих листів, що застосовувалися для визначення фізико-механічних властивостей сталі;

– стандартні арматурні стрижні довжиною 500 мм для визначення фізико-механічних властивостей арматури.

Згідно з програмою експериментальних досліджень вивчалася зміна напружено-деформованого стану дослідних зразків при дії згинального моменту та поперечної сили. Випробування проводилося на дію короточасних навантажень у лабораторії кафедри КМДіП Полтавського національного технічного університету.

У процесі випробування не виявлено якого-небудь суттєвого порушення зв'язку листової арматури з бетонним ядром як у процесі завантаження, так і при повній втраті несучої здатності елементів. Це підтверджує передумову про те, що поперечні деформації бетону які, виникають в стиснутій зоні, створюють значний тиск на стінки балок із зовнішнім листовим армуванням.

При проведенні експериментальних досліджень встановлено, що несуча здатність сталезалізобетонних елементів із зовнішнім листовим армуванням утрачається не крихко на відміну від залізобетонних елементів із традиційним армуванням, а зразки здатні витримувати зростаюче навантаження при значних деформаціях.

### **Особливості розрахунку балок із листовим армуванням**

Розрахунок за міцністю нормальних перерізів згинальних сталезалізобетонних елементів проводився відповідно до діючих норм. Оцінка міцності елементів для вказаних форм руйнування може бути представлена на основі сумісного рішення рівноваги поздовжніх сил в залежно від схеми внутрішніх зусиль. У даному випадку розглядаються дві розрахункові схеми зусиль і напружень нормального перерізу

Міцність нормального перерізу визначається з умови  $\sum M = 0$  відносно центра ваги нижнього сталевго листа:

для випадку а)

$$M_p \leq R_b b l x (h_0 - 0,5x) + R_{yw} t_w x (h_0 - 0,5x) - R_{yw} t_w (h_0 - x) \cdot 0,5(h_0 - x);$$

для випадку б)

$$M_p \leq R_b b l x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') + R_{yw} t_w x (h_0 - 0,5x) - R_{yw} t_w (h_0 - x) \cdot 0,5(h_0 - x),$$

де  $R_{sc}$  – розрахунковий опір арматури при стиску;

$A'_s$  – площа стиснутої арматури;

$a'$  – захисний шар бетону.

При оцінці напружено-деформованого стану розроблено деформаційну модель розрахунку сталезалізобетонних конструкцій та програму її реалізації на ЕОМ.

На основі досліджень запропоновано математичний алгоритм і реалізовано програма розрахунку мовою програмування „Mathcad Professional” за методами гіпотези плоских перерізів та послідовних наближень з урахуванням реальних діаграм деформування „ $\sigma - \varepsilon$ ” матеріалів, що відповідають роботі реальної сталезалізобетонної конструкції. Отримані результати є близьким до експериментальних даних.

У результаті експериментальних і теоретичних досліджень зроблено висновок, що згинальні конструкції із зовнішнім листовим армуванням можна використовувати в різних галузях промислового і цивільного будівництва та реконструкції. Розроблено нові сталезалізобетонні ригелі із максимальною заводською готовністю та мінімумом бетонування на будівельному майданчику. Такі види несучих конструкцій із зовнішнім листовим армуванням підтверджені патентами України №59933А, №59934А та №59636А.

### Література

1. Сколибог О.В. Сталезалізобетонні балки із зовнішнім листовим армуванням: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Полтава, 2006. – 22 с.
2. Сталезалізобетон: збірник наукових праць за редакцією д.т.н., проф. Стороженка Л.І. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 386 с.
3. Стороженко Л.І., Семко О.В., Сколибог О.В. Згинальні залізобетонні елементи, армовані сталевими листами. /Зб. „Будівельні конструкції”, вип. 59, кн. 2. – К.: ДНДІБК, 2003. - С. 31-38.

### Аннотація

Исследовано роботу сталежелезобетонных балок с армированием листами. Приведено данные об экспериментальных исследованиях и расчету таких балок.

**Ключевые слова:** конструкции, бетон, армирование, сталежелезобетонные балки, напряженно-деформированное состояние

### Abstract

*Work of steel and concrete beams is researched with the sheet reinforcing. Information is resulted about experimental researches and to the calculation of such beams.*

**Keywords:** constructions, concrete, reinforcing, сталезалізобетонні beams, tensely deformed state