

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ СТАЛЕВОГО ПРОФІЛЬОВАНОГО НАСТИЛУ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПРОГОНІВ ЛЕГКОЇ ПОХИЛОЇ ПОКРІВЛІ**

### **PROVIDING OF STIFFNESS OF THE STEEL PROFILED FLOORING IS AT CALCULATION OF PURLINS OF EASY SLOPING ROOF**

*к.т.н. Гудзь С.А. (Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка)*

*c.i.s. Guds S.A. (Poltava National Technical University named after Yuri  
Kondratyuk)*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Останнім часом завдяки високій ефективності для покриттів промислових і цивільних каркасних будівель широко застосовують легкі покрівлі, що мають у своєму складі прогони у вигляді швелерних балок і настил зі сталевого профільованого листа, жорсткість якого при закріпленні до верхнього поясу використовується для забезпечення стійкості та закріплення тонкостінних балок від закручування. Вплив огорожувальних конструкцій на роботу сталевих балок виявляється у трьох аспектах: забезпечення загальної стійкості, підвищення несучої здатності та жорсткості балки. Проте при розрахунку балок урахування огорожувальних конструкцій відбувається далеко не завжди і досить наближено, що в кращому випадку призводить до перевитрат сталі, в гіршому – до небезпеки руйнування конструкції. Для підвищення надійності сталевих балок потрібно на стадії проектування передбачати відповідні засоби забезпечення сумісної роботи елементів конструкції покриття. Тому розроблення методів урахування жорсткості огорожувальних конструкцій при розрахунку сталевих балок є актуальною науково-технічною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень.** Викладені у статті [1] експериментальні дослідження швелерної тонкостінної балки, до верхнього поясу якої був закріплений несучий настил, при згині та крученні виявили зменшення максимальних нормальних напружень на 28 %. Результати випробувань були підтвержені розрахунком балки з пружноподатливими в'язями за теорією тонкостінних стрижнів і за спрощеною методикою. При розрахунку балкової клітки методом скінченних елементів у роботі [2] має місце зниження до 35 %

нормальних напружень в перерізах балок, обумовлене сумісною роботою балок і сталевго настилу, котра враховувалась в моделях представленням настилу у вигляді приєднаних поясів. Наведений у роботі [3] розрахунок верхнього поясу сталевї ферми, який складається з двох швелерів і працює як багатопротїтна нерозрїзна балка тонкостїнного профїлю, з урахуванням впливу профїльованого сталевго настилу і з'єднувальних планок дозволив знизити витрати сталї на 35 %. Теоретичнї дослідження напружено-деформованого стану і стїйкостї тонкостїнних сталевих балок, розкрїплених профїльованим настилом, представленї в роботах С.І. Сладкова [4], С.І. Білика [5] та інших дослідникїв.

**Видїлення нерозв'язаних ранїше частин загальної проблеми.**

Питання забезпечення жорсткостї сталевго профїльованого настилу для підвищення несучої здатностї прогонів залишається відкритим і потребує ґрунтовних експериментально-теоретичних досліджень.

**Постановка мети і задач досліджень.** В роботї поставлено за мету навести методикку визначення та перевїрки достатньої жорсткостї сталевго профїльованого настилу для покращення його впливу на напружено-деформований стан і загальну стїйкїсть сталевих балок.

**Виклад основного матерїалу.** При наявностї поперечного згину балки у двох площинах (у разї, коли балка слугує прогоном похилої покрївлї), а також при застосуваннї швелерних та інших балок несиметричного перерїзу з самого початку завантаження у балцї виникає кручення. Незважаючи на такї обставини роботи конструкцїї, сталевї прогони похилої покрївлї звичайно розраховуються як розрїзні балки під дїєю рївнорїрно розподїленого по всьому прольоту навантаження на косий згин без урахування кручення. Максимальнї нормальнї напруження в них перевїряються згїдно з чинними нормами СНиП П-23-81\* [6] за формулою:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_y \gamma_c, \quad (1)$$

де  $M_x$ ;  $M_y$  – розрахунковї згинальнї моменти вїдносно осї  $x$  і  $y$ ;

$W_x$ ;  $W_y$  – моменти опору перерїзу вїдносно осї  $x$  і  $y$  вїдповїдно;

$R_y$  – розрахунковий опїр сталї розтягу, стиску, згину за межею плинностї;

$\gamma_c$  – коефїцієнт умов роботи конструкцїї.

Якщо настил жорстко приєднаний до верхнього поясу, то вїн перешкоджає закручуванню балки. Згїдно з DIN 18800 [7] розрахунок

стійкості балки, який полягає у визначенні критичного згинального моменту, при дії поздовжнього стискувального зусилля, що не перевищує 10 % критичної сили, проводити не потрібно за наявності достатньої крутильної жорсткості настилу. Для цього слід спочатку визначити зсувну жорсткість настилу і порівняти її з потрібною. При достатній зсувній жорсткості вважається, що стиснутий пояс повністю закріплений від поперечних зміщень і вісь обертання, котру в даному випадку називають обмеженою, проходить по верху балки. Тому при забезпеченні достатньої зсувної жорсткості сталевого профільованого настилу похила складова навантаження сприйматиметься самим полотном покрівлі. В такому разі необхідність в тяжах для зменшення прольоту прогонів у площині меншої жорсткості відпадає, і прогони можна розраховувати лише на навантаження в площині більшої жорсткості. Визначення зсувної жорсткості профільованого настилу можна виконати згідно з [8] за формулою:

$$S = G_s L_s / n, \text{ [кН]}, \quad (2)$$

де  $G_s$  – умовний модуль зсуву профільованого настилу;

$L_s$  – загальна довжина профільованого настилу в напрямку профілювання;

$n$  – кількість балок, розкріплених профільованим настилем; дві крайні балки зараховуються як одна, оскільки вони мають лише половину вантажної площі.

Умовний модуль зсуву профільованого настилу визначається таким чином:

$$G_s = \frac{10^4}{K_1 + \frac{K_2}{L_s}}, \text{ [кН/м]}, \quad (3)$$

де  $K_1$ ,  $K_2$  – коефіцієнти зсуву, котрі залежать від геометричних розмірів профільованого настилу і визначаються за сертифікатом якості, який має надавати постачальник настилу.

Формула (3) застосовується при закріпленні настилу до балки самонарізними гвинтами в кожній хвилі. Якщо профільований настил закріплюється до балки лише в кожній другій хвилі, то його зсувна жорсткість приймається зменшеною в п'ять разів порівняно з жорсткістю, визначеною при закріпленні настилу в кожній хвилі. При відсутності коефіцієнтів зсуву для визначення зсувної жорсткості профільованого настилу можна використовувати наближену формулу згідно з ЕС 3 [9]:

$$S = \sqrt{t^3} \left( 50 + 10\sqrt[3]{b_r} \right) \frac{S}{h_w}, \text{ [кН]}, \quad (4)$$

де  $t$  – товщина профільованого настилу в мм;

$b_r$  – ширина покрівлі в мм;

$S$  – відстань між прогонами в мм;

$h_w$  – висота профільованого настилу в мм.

Згідно з нормами [7] для прийняття обмеженої осі обертання повинна виконуватись умова:

$$S \geq \left( EI_\omega \frac{\pi^2}{L^2} + GI_d + EI_y \frac{\pi^2}{4L^2} h^2 \right) \frac{70}{h^2}, \quad (5)$$

де  $E$  – модуль пружності сталі;

$I_\omega$  – секторіальний момент інерції перерізу балки;

$L$  – проліт балки;

$G$  – модуль зсуву сталі;

$I_d$  – момент інерції перерізу балки при чистому крученні;

$I_y$  – момент інерції перерізу балки відносно осі  $y$ ;

$h$  – висота перерізу балки.

При визначенні потрібної зсувної жорсткості профільованого настилу виходять із вимоги досягнення балкою 95 % повної несучої здатності для абсолютно жорстко закріпленої балки. У роботах [8, 10] зазначається, що вираз (5) має внутрішню суперечність, яка полягає у збільшенні потрібної зсувної жорсткості профільованого настилу при зменшенні прольоту балки. Дослідження [10] показали, що для досягнення обмеженої осі обертання потрібна значно менша зсувна жорсткість, яку можна визначити за формулою:

$$S^* = 10,18 \frac{M_{pl,x}}{h} - 4,31 \frac{EI_y}{L^2} \left( -1 + \sqrt{1 + 1,86 \frac{c^2}{h^2}} \right), \quad (6)$$

де  $M_{pl,x}$  – пластичний згинальний момент відносно осі  $x$ ;

$c$  – параметр, що залежить від жорсткостей і прольоту балки;

$$c^2 = \frac{\pi^2 EI_\omega + GI_d L^2}{EI_y}.$$

У разі знехтування власною жорсткістю балки можливе застосування лише першої частини формули (6) для попереднього наближеного розрахунку.

**Висновки.** Забезпечення жорсткості сталевго профільованого настилу дає можливість не враховувати похилу складову навантаження на прогони, таким чином зменшуючи нормальні напруження і витрати сталі для прогонів.

#### Література

1. Глазунов А. Ю., Бобряшов В. М., Шухардин А. А. О прочности и деформативности тонкостенных балок с учетом их связей с настилом / Промышленное и гражданское строительство, 2001. – №10. – С.21-22.
2. Лампси Б.Б., Панкратов А.А., Сафонов В.В. Исследование напряженно-деформированного состояния металлических балочных конструкций типа перекрытий / Металлические конструкции и испытания сооружений: Межвузовский тематический сборник трудов. – Л.: ЛИСИ, 1982. – С.16-22.
3. Харитонов И.Р., Хисамов Р.И. Экспериментально-теоретическое исследование работы составных стержней совместно с профилированным настилом / Известия вузов. Строительство и архитектура, 1982. – № 7. – С.7-10.
4. Сладков С.И. Устойчивость плоской формы изгиба балок с настилом / Соппротивление материалов и теория сооружений. Вып. 55. – К.: Будівельник, 1989. – С.86-89.
5. Білік С.І. Сталеві балки, розкріплені профільованим настилом / Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Технічні науки (будівництво). – № 45. – Луганськ: МАП України, ЛНАУ, 2005. – С.85-91.
6. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96с.
7. DIN 18800. Stahlbauten, Teil 1-3, 1990. – 204 s.
8. Heil W. Stabilisierung von biegedrillknickgefährdeten Trägern durch Trapezblechscheiben / W. Heil // Stahlbau 56 (1994), S. 169-178.
9. prEN 1993-1-3. Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1.3: General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting, 2004. – 125 p.
10. Vogel U. Traglast-Tabellen, Tabellen für die Bemessung durchlaufender I-Träger mit und ohne Normalkraft nach dem Traglastverfahren (DIN 18800, Teil 2) / U. Vogel, W. Heil. – Verlag Stahl-Eisen, 1996. – 55 s.