

Висновок. Виконано порівняння шести геометричних схем і п'яти типів поперечних перерізів наскрізних решітчастих прогонів покриття. Отримано таблиці та графіки витрат сталі прогонів. Серед розглянутих варіантів найменшу масу мають решітчасті прогони з полігональною й трапецієподібною формою поясів (схеми II та III) і нижнім поясом, виконаним із суцільного круглого стрижня. Прогони типу II-2 та III-3 на 30 % легші за серійні [5] (прогони типу IV-4). Надалі планується уточнити вартість наскрізних прогонів за приведеними витратами.

Література

1. Бібік, В.М. Пошук раціональної конструкції наскрізних прогонів покриття / В.М. Бібік // Збірник наукових праць студентів будівельного факультету ПНТУ імені Ю.Кондратюка. Вип. 2. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – С. 8 – 11.
2. *Lattice beam technical manual. Catalogue.* – Metsec: Great Britain, 2008 – 32 p.
3. *Steel joists & Joist Girders. Catalogue.* – Vulcraft: USA, 2007 – 60 p.
4. *Scheme development: Purlin structure design. Catalogue.* – Access steel, 2010. – 28p.
5. Серия 1.462.3 – 17/85. Стальные решетчатые прогоны производственных зданий пролетом 12 м с применением профилей по сокращенному сортаменту металлопроката. Чертежи КМ.
6. Трофимович, В.В. Оптимальное проектирование металлических конструкций / В.В. Трофимович, В.А. Пермяков – К.: Будівельник. 1981. – 136 с.
7. Брудка, Я. Легкие стальные конструкции / Я. Брудка, М. Лубински; изд. 2-е доп. пер. с польск. под ред. С. С. Кармилова. – М.: Стройиздат, 1974. – 342 с.
8. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 75 с.
9. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогони і переміщення. Вимоги проектування: ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – К.: Мінбуд України, 2006. – 30 с.

Надійшла до редакції 11.04. 2011

© В.М. Бібік, М.В. Бібік, О.Ю. Мовчан

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ КВОЗНОГО ПРОГОНА ПОКРЫТИЯ

В статье рассмотрена задача поиска оптимальных конструктивных решений стальных сквозных прогонов покрытия промышленных и гражданских зданий. Главными критериями поиска оптимальной конструкции были минимальная масса и стоимость изготовления прогона. Рассмотрены шесть геометрических схем с разными типами поперечных сечений. Получены таблицы и графики сравнения веса прогонов разных конструкций и определена оптимальная конструктивная схема.

Ключевые слова: *сквозные прогоны, оптимальная конструкция, геометрическая схема, масса, стоимость.*

SEARCH OF OPTIMAL FORM FOR LATTICE PURLIN OF STEEL ROOF

The search of steel lattice purlin optimal form is studied in the article. The main criterion of search was minimum weight and cost of purlin. Six geometrical schemes with different types of structural sections were considered. Weight tables and diagrams were given for different types of purlins. The optimal form of lattice purlin was proposed.

Keywords: *lattice purlin, optimal form, geometrical scheme, weight, cost.*

ІЗ ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ПРОЕКТУВАННЯ ЛЕГКИХ РЕШІТЧАСТИХ ПРОГОНІВ ТА ФЕРМ ПОКРИТТЯ

У статті розглянуто сучасний зарубіжний досвід проектування легких конструкцій сталевих покриттів, описані ефективні конструкції решітчастих прогонів англійських та американських виробників, виконано їх порівняння з вітчизняними аналогами. Проаналізовано витрати металу на виготовлення конструкцій та дані рекомендації щодо вибору оптимальної висоти наскрізного решітчастого прогону залежно від прольоту й навантаження.

Ключові слова: *легкі конструкції сталевих покриттів, решітчастий прогін, оптимальна форма конструкцій, економічність.*

Постановка проблеми. Відомо, що витрати металу на конструкції покриття можуть становити до 45 % від загальної ваги всього каркаса будівлі. До 15 % від цієї частки припадає на прогони покриття. Пошук оптимальної форми конструкції прогонів сталевих покриттів, яка дозволила б знизити вартість, металоємність, трудомісткість виготовлення та монтажу конструкцій покриття, є актуальним завданням.

Аналіз останніх публікацій. Питанням вивчення й упровадження легких конструкцій присвячені роботи Я. Брудки, М. Лубинського [7], М. Сахновського [8]. Пошук раціональної з міркувань витрат матеріалу конструктивної форми наскрізних прогонів покриття прольотом 12м виконано в роботі В. Бібіка [6]. Використання шпренгельної конструктивної схеми з раціональним розподілом матеріалів дозволив отримати економію сталі від 20 % до 25 % порівняно з трикутними прогонами за серією [3].

Метою даної статті є аналіз та використання зарубіжного досвіду проектування легких металевих конструкцій покриття для розроблення оптимальної конструкції решітчастого прогону покриття для різних снігових районів України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Наскрізні решітчасті прогони (РП) – це легкі сталеві ферми, які зазвичай виготовляються з паралельних поясів і решітки. Основним призначенням сталевих наскрізних прогонів є забезпечення підтримки настилу перекриття або покриття та передача навантаження від настилу на каркас будівлі: балки (ферми), колони. РП застосовуються як несучі елементи міжповерхового перекриття чи покриття промислових, складських та громадських будівель.

Під час розв'язання завдання вибору потрібного прогону необхідно враховувати в першу чергу навантаження та проліт прогону. При кроках рам до 6 м доцільним є використання балкових прогонів суцільного перерізу. Найбільш економічним серед них є холодногнутий прогін із Z або Σ формою профілю. При більших кроках рам (більше 6 м) доцільно використовувати наскрізні решітчасті прогони.

Наскрізні решітчасті прогони дають до 50 % економії ваги порівняно з балковими суцільними профілями. РП можуть перекривати прольоти до 40 м. Наскрізна конструкція решітчастого прогону дозволяє прокладати інженерні комунікації через наскрізну стінку прогону, що економить внутрішній простір приміщення.

Опис решітчастих прогонів виробництва Великобританії. У каталозі [1] наведений широкий асортимент форм РП і ферм від простих прогонів із паралельними поясами до складних ферм із поясами подвійної кривини (рис.1).

Пояси прогонів виготовляють із холодногнутих профілів із високоміцної сталі з $R_y=355$ МПа (геометричні розміри перерізів подані на рис. 2). Елементи решітки виготовляють зі стрижнів суцільного круглого перерізу або квадратних гнутих профілів. Стрижні решітки з'єднуються з верхніми і нижніми поясами електродуговим зварюванням у середовищі CO_2 .

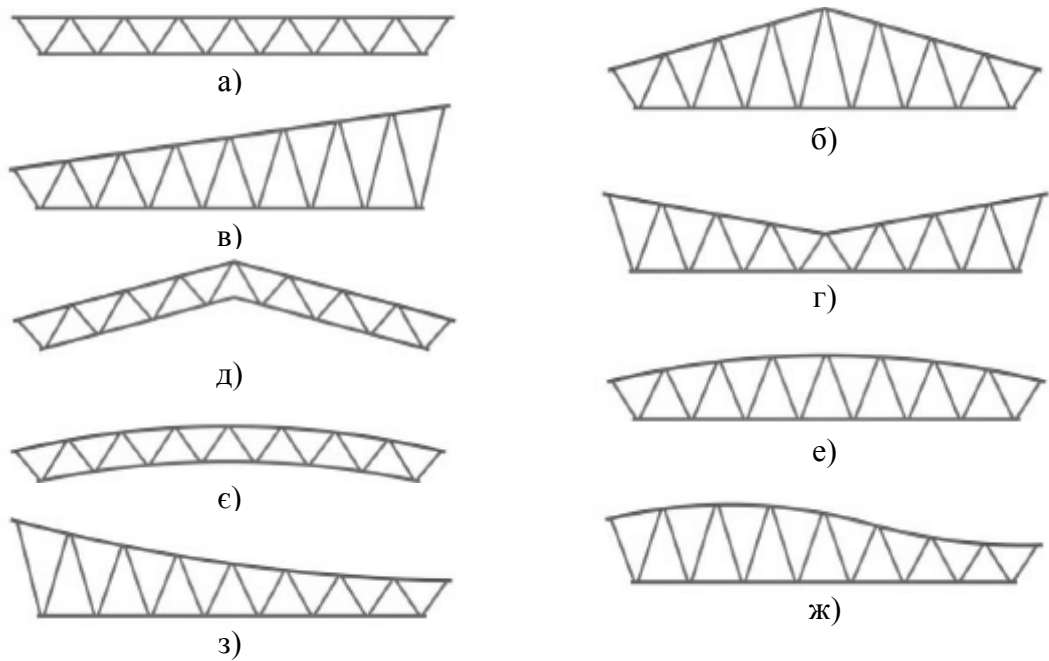


Рисунок 1 – Форми обрисів решітчастих прогонів і ферм із каталогу [1]:
 а) прогін (ферма) з паралельними поясами; б) похила ферма; в) скошена ферма;
 г) ввігнута ферма; д) подвійно схилена ферма; е) вигнута ферма; є) вигнута балка;
 ж) ферма подвійної кривизни (хвиляста); з) ввігнуто-вигнута ферма

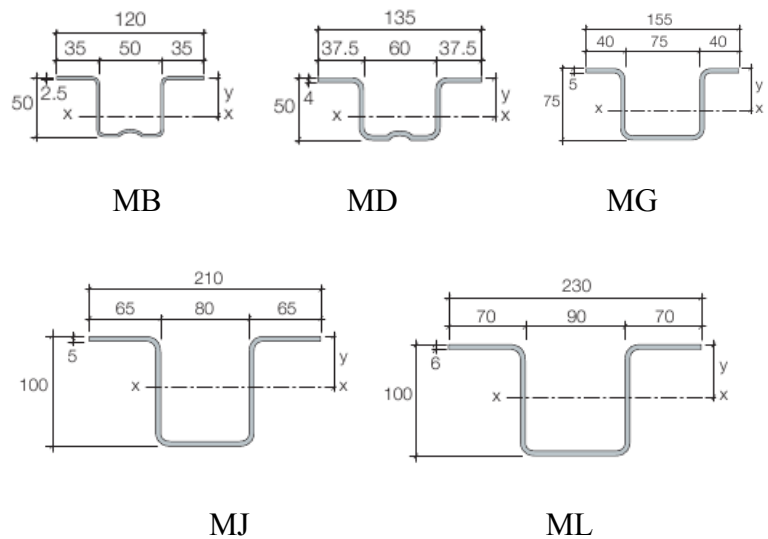


Рисунок 2 – Загальний вигляд та типи перерізів верхнього (нижнього) пояса прогонів, каталог [1] (розміри в міліметрах)

У каталозі наведено таблиці підбору РП для діапазону прольотів від 5 до 34 м і навантажень від 2,0 до 36,0 кН/м.

Для прогонів прольотом 12 м діапазон навантажень становить від 2,0 (1,37) до 15,0 (15,0) кН/м (цифри в дужках наведені для змінної складової навантаження). Висота прогонів варіюється від 350 до 1000 мм.

Усі прогони розраховані на граничні прогини 1/250 (від повного навантаження) та 1/360 (від змінного короткотривалого навантаження).

Опис решітчастих прогонів виробництва США [2]. У даному каталозі наведено чотири серії прогонів РП з паралельними поясами (серії К, LH, DLH та SLH).

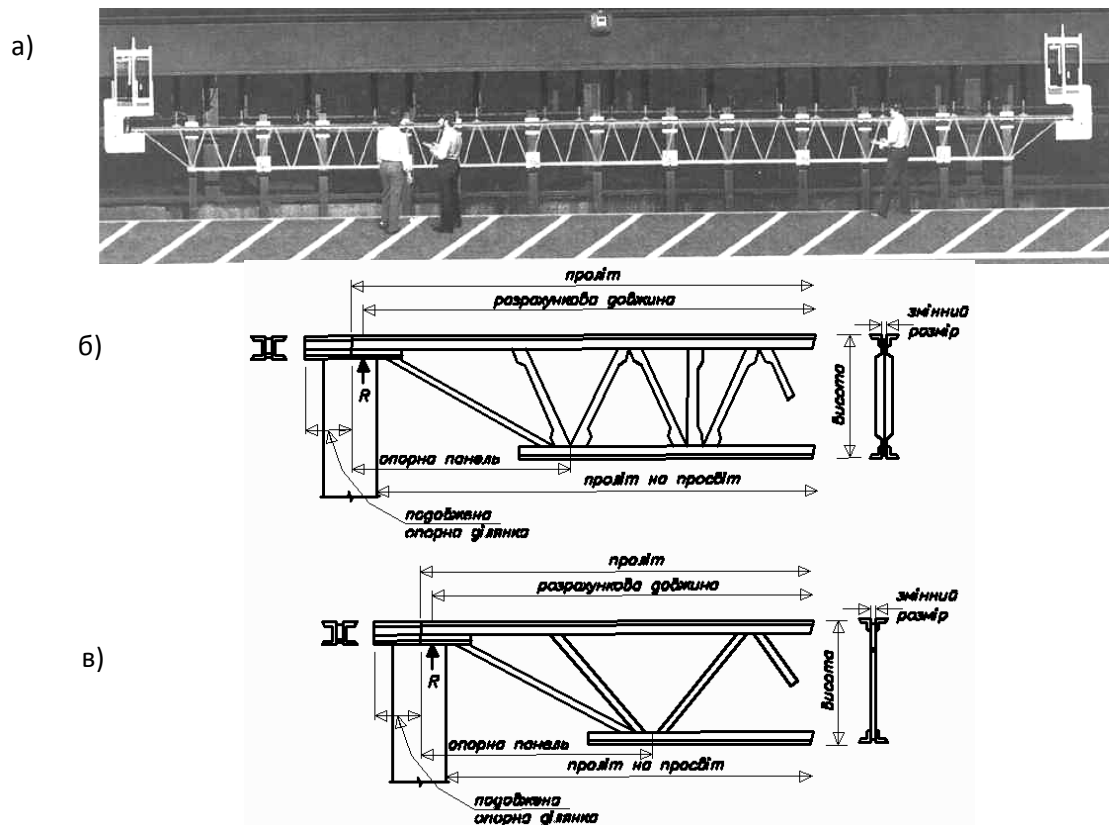


Рисунок 3 – Загальний вигляд та типи перерізів решітки прогонів серії К каталогу [2]: а) загальний вигляд прогону; б) решітка з одиночних кутиків; в) решітка зі стрижнів круглого перерізу

Пояси прогонів запроектовані зі спарених рівнополічних кутиків із високоміцної сталі $R_y=345$ МПа. Елементи решітки – з одиночних кутиків або зі стрижнів суцільного круглого перерізу зі сталі з $R_y=250$ МПа чи з $R_y=345$ МПа (див. рис. 3). Прогони розраховані на граничні прогини 1/240.

Серія К охоплює прогони «стандартного прольоту» (від 3 до 18 м); серія LH – прогони з «великими» прольотами (від 8 до 29 м); серія DLH – прогони з «дуже великими» прольотами (від 27 до 44 м) і серія SLH – прогони з «супер великими» прольотами (від 39 до 73 м).

Для кожного прольоту нараховані таблиці вибору марок прогонів залежно від навантаження. Так, прогони прольотом 12 м представлені в серії К (розраховані на діапазон навантажень від 1,84 (0,93) кН/м до 6,35 (4,57) кН/м та серії LH (від 3,1 (1,46) до 11,13 (6,06) кН/м).

Прогони прольотом 12 м мають змінну висоту від 508 до 762 мм (серія К) і від 508 до 610 мм (серія LH).

Як **приклад використання джерел** [1, 2] розглянемо підбір прогону з паралельними поясами прольотом $L=12$ м, кроком $B=3$ м для легкої покрівлі вагою $g_m=0,4$ кПа та снігового навантаження в діапазоні від $s_0=0,8$ до $s_0=1,8$ кПа (снігові райони України).

Снігове погонне розрахункове навантаження визначаємо за формулою:

$$q_{\text{сніг}} = s_0 \cdot C \cdot \gamma_{\text{fm}} \cdot B.$$

Повне погонне розрахункове навантаження обчислюємо за формулою:

$$q_{\Sigma} = g_m \cdot B + q_{\text{сніг}},$$

де C – коефіцієнт, що визначається за п. [4, п.8.6] (для плоскої покрівлі $C=1$);

$\gamma_{fm} = 1$ – коефіцієнт надійності для терміну експлуатації будівлі 50 років;

$g_m = 0,4$ кПа – розрахункове навантаження від ваги покрівлі з прогоном.

Для 1-го снігового району

$$q_{сніг} = s_0 \cdot C \cdot \gamma_{fm} \cdot B = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3 = 2,4 \text{ кН/м};$$

$$q_{\Sigma} = g_m \cdot B + q_{сніг} = 0,4 \cdot 3 + 2,4 = 3,6 \text{ кН/м}.$$

Згідно з даними каталогу «Metsec» найбільш економічним прогоном є прогін марки MD55 з несучою здатністю 3,93 (2,73) кН/м; висотою h=550 мм; розміром панелі пояса (відстань між вузлами) a = 600 мм та вагою w=19 кг/м. Повна вага даного прогону становить 19 кг/м*12 м=228 кг.

Відповідно до каталогу «Vulcraft» найбільш економічним прогоном є прогін марки 26K7 з несучою здатністю 3,99 (2,52) кН/м; висотою h=660 мм; вагою w=16,2 кг/м. Повна вага даного прогону становить 16,2 кг/м * 12 м = 195 кг.

Аналогічно підбираємо прогони для інших снігових районів та зводимо результати підбору в таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати підбору прогонів прольотом 12 м

Навантаження на прогін q_{Σ} ($q_{сн}$), кН/м	Джерело (каталог)	Марка прогону згідно з даними каталогу	Несуча здатність прогону q_{Σ} ($q_{сн}$), кН/м	Висота прогону h, мм	Погонна вага прогону, кг/м	Повна вага прогону, кг
3,6 (2,4)	«Metsec»	MD55	3.93 (2.73)	550	19	228
	«Vulcraft»	26K7	3.99 (2.52)	660	16.22	195
4,2 (3,0)	«Metsec»	MD60	4.74 (3.3)	600	18	216
	«Vulcraft»	30K7	4.62 (3.39)	760	18.3	220
4,8 (3,6)	«Metsec»	MD65	5.17 (3.92)	650	20	240
	«Vulcraft»	30K10	6.35 (4.57)	760	22.32	268
5,4 (4,2)	«Metsec»	MD70	5.6 (4.6)	700	21	252
	«Vulcraft»	30K10	6.35 (4.57)	760	22.32	268
6,0 (4,8)	«Metsec»	MD80	6.46 (6.11)	800	22	264
	«Vulcraft»	32LH7	6.87 (5.33)	810	23.81	286
6,6 (5,4)	«Metsec»	MD90	7.32 (7.32)	900	22	264
	«Vulcraft»	32LH8	7.45 (5.8)	810	25.3	304

Таблиця 2 – Порівняння маси прогонів каталогів [1, 2] та серії [3]

№	Джерело	Сніговий район, кг					
		1	2	3	4	5	6
1	Каталог [1]	228	216	240	252	264	264
2	Каталог [2]	195	220	268	268	286	304
3	Серія [3]	285	285	285	285	285	340
4	Стаття [6]	200	226	232	262	268	268
5	Економія [1]/[3], %	20 %	24,2 %	15,8 %	11,6 %	7,4 %	22,4 %
6	Економія [2]/[3], %	31,6 %	22,8 %	6 %	6 %	-0,4 %	10,6 %

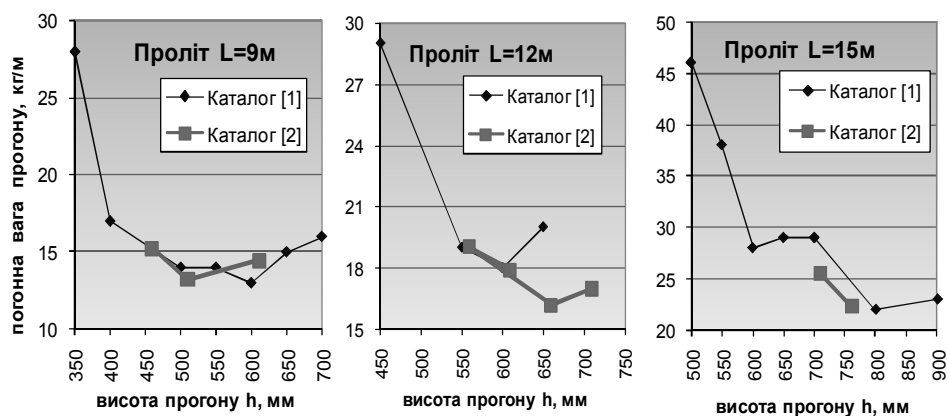


Рисунок 4 – Графіки залежності ваги прогонів від їх висоти (відстані між поясами) для 2-го снігового району

Висновки. Описано сучасні ефективні конструкції сталевих решітчастих прогонів покриття зарубіжних виробників та виконано їх порівняння з вітчизняними аналогами. Для легких покрівель і снігових районів України прогони каталогів [1, 2] дають економію від 6 до 30 % порівняно з прогонами за серією [3]. Побудовані графіки залежності висоти прогонів від їх маси. Оптимальні висоти решітчастих прогонів знаходяться в межах: 500 – 600 мм (для прольоту 9 м); 600 – 660 мм (проліт 12 м) та 760 – 800 (проліт 15 м).

Література

1. *Catalogue Metsec "Lattice beam technical manual" 2008 year, Great Britain.*
2. *Catalogue Vulcraft "Steel joists & Joist Girders" 2007 year, USA.*
3. *Серия 1.4623-17/85. Стальные решетчатые прогоны промышленных зданий пролетом 12 м с применением профилей по сокращенному сортаменту металлопроката. Чертежи КМ.– М.: ЦНИИПСК, 1987.-15 с.*
4. *ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 75 с.*
5. *СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия (Дополнения. Разд. 10. Прогибы и перемещения) /Гострой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.–8 с.*
6. *Бібік В.М. Оптимізація конструкцій наскрізних прогонів покриття / В.М. Бібік, В.В. Воронько, В.С. Соседов // Збірник наукових праць студентів будівельного факультету ПНТУ імені Ю.Кондратюка. Вип. 2. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – с.8 –11.*
7. *Брудка, Я. Легкие стальные конструкции /Я. Брудка, М. Лубиньски.– 2-е изд., доп., пер. с польск.; под ред. С.С. Кармилова. – М.: Стройиздат, 1974. – 342 с.*
8. *Сахновский, М.М. Легкие конструкции стальных каркасов зданий и сооружений / М.М. Сахновский. – К.: Будівельник, 1984. – 160 с., ил.*

Надійшла до редакції 04.05. 2011

© М.В.Бібік, В.М.Бібік, К.С.Дяченко

ИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕГКИХ РЕШЕТЧАТЫХ ПРОГОНОВ И ФЕРМ ПОКРЫТИЯ

В статье рассмотрен современный зарубежный опыт проектирования легких конструкций стальных покрытий, описаны эффективные конструкции решетчатых прогонов английских и американских производителей, выполнено их сравнение с отечественными аналогами. Проанализирован расход металла на изготовление конструкций и даны рекомендации относительно оптимальной высоты сквозного решетчатого прогона в зависимости от пролета и нагрузки.

Ключевые слова: *легкие конструкции стального покрытия, решетчатый прогон, оптимальная форма конструкций, экономичность.*

FROM FOREIGN DESIGN EXPERIENCE OF LIGHT ROOF LATTICE JOISTS AND TRUSSES

Present-day foreign design experience of light structures of steel roofs was studied in this article; effective lattice joists proposed by English and American producers were described and compared to domestic analogues. Consumption of steel for the production of the construction was analyzed and recommendations concerning optimal height of lattice joist depending on span and loads were given.

Keywords: *light construction of steel roof, lattice joist, optimal shape of constructions, economy.*