

УДК 624.072.33

*В.М. Бібик, ст. викладач  
М.В. Бібик, к.т.н., доцент  
П.Ю. Винников, студент*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ГАРЯЧЕКАТАНИХ І ХОЛОДНОГНУТИХ ПРОФІЛІВ У ПОПЕРЕЧНІЙ РАМІ ОДНОПОВЕРХОВОЇ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ**

*Порівняно варіанти використання холодногнутих і гарячекатаних металевих профілів при розрахунку поперечної рами каркаса з метою реконструкції одноповерхової виробничої будівлі.*

**Ключові слова:** *холодногнуті профілі, гарячекатані профілі, поперечна рама, одноповерхова виробнича будівля.*

УДК 624.072.33

*В.Н. Бибик, ст. преподаватель  
Н.В. Бибик, к.т.н., доцент  
Ф.Ю. Винников, студент*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ И ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ В ПОПЕРЕЧНОЙ РАМЕ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ**

*Сравнены варианты использования холодногнутых и горячекатаных металлических профилей при расчете поперечной рамы каркаса с целью реконструкции одноэтажного производственного здания.*

**Ключевые слова:** *холодногнутые профили, горячекатаные профили, поперечная рама, одноэтажное производственное здание.*

UDC 624.072.33

*V.M. Bibik, senior lecturer  
M.V. Bibik, PhD, Associate Professor  
P.Y. Vynnykov, student*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

## **COMPARATIVE ANALYSIS USES OF THE ROLL-FORMED AND HOT-ROLLED METAL SECTIONS OF THE ONE-STORY INDUSTRIAL BUILDING TRANSVERSE FRAME**

*Article is compare uses of the roll-formed and hot-rolled metal sections in the calculation of the transverse frame to reconstruct one-storey industrial building.*

**Keywords:** *roll-formed section, hot-rolled section, transverse frame, one-storey production building.*

**Вступ.** Зростання виробничих потужностей підприємства вимагає відповідного збільшення виробничих площ. Останнім часом економічно ефективним є перепрофілювання та добудова вже існуючих виробничих будівель і споруд, що суттєво дешевше за нове будівництво. Зокрема, за результатами натурних досліджень і лабораторних розрахунків необхідно оцінити стан каркаса виробничої будівлі, а також дати рекомендації щодо посилення несучих конструкцій з метою подальшої експлуатації.

Необхідно дослідити будівлю прольотом 24 м, довжиною 72 м у м. Комсомольськ Полтавської обл. Крім того, слід перевірити каркас на можливість встановлення одного мостового крана вантажопідйомністю  $Q=10$  тс.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Для зменшення вартості реконструкції будівлі важливим є застосування сучасних засобів обстеження, а також, що не менш важливо, оригінальність та актуальність конструкторських рішень [1]. Існує ціла низка заходів щодо розв'язання проблем, пов'язаних із перепрофілюванням будівель, що не використовувалися протягом тривалого часу. Залежно від ситуації можна посилити існуючі несучі конструкції, якщо це можливо, або ж замінити новими з дотриманням нормативних вимог при конструюванні [2, 3].

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** У будівлях з металевим каркасом значну частку приведених витрат займає маса металу, доцільно використовувати найоптимальніше рішення для кожного конкретного випадку: елементи з гарячекатаних, холодногнутих, зварних, біметалевих та інших профілів [4, 5]. Тому за мету роботи прийнято визначити більш ефективний варіант використання гарячекатаних чи холодногнутих металевих профілів для поперечної рами каркаса одноповерхової виробничої будівлі (ОВБ), на прикладі реконструкції виробничого цеху в м. Комсомольськ (рис. 1, а).

**Основний матеріал і результати дослідження.** За результатами обмірних робіт визначено, що поперечна рама складається з колон, жорстко затиснутих у фундаментах, та ригеля із затяжкою, який шарнірно поєднаний з колонами.

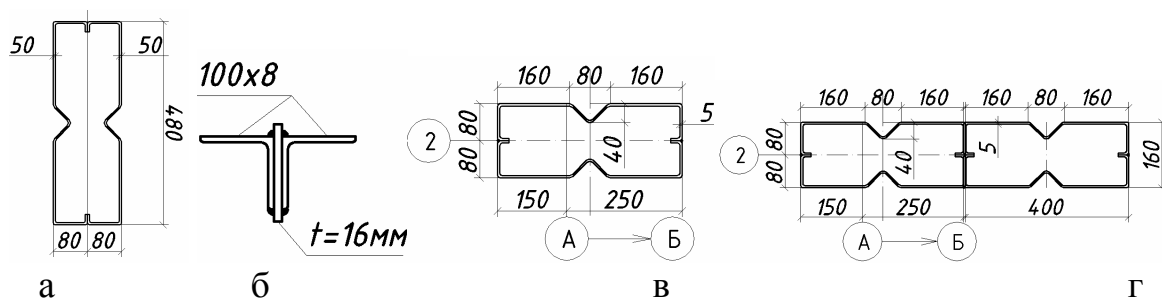
До особливостей каркаса існуючої рами слід віднести використання холодногнутих (рис. 2) металевих профілів в елементах каркаса: суцільних колонах (рис 1, г) і ригелі із затяжкою (рис. 1, б). Ригель рами виконано розрізним двосхилим коробчастого перерізу з двох холодногнутих профілів, зварених між собою. Просторову жорсткість каркаса забезпечують вертикальні в'язі по колонах, горизонтальні в'язі та вертикальні в'язі покриття.

Карнизний і гребеневий вузли ригеля із затяжкою покриття виконані з ексцентриситетом  $e=250$  мм, що враховано при розрахунках. З'єднання поясів кроквяної ферми зі стійками – шарнірне (рис. 1, в).

У процесі обстеження виявлено низку експлуатаційних дефектів, зокрема викривлення та вигини прогонів покриття у площині, викривлення вертикальних підкосів із площини, велика кількість непроекtnих отворів у покрівлі та огорожувальних конструкціях. Відсутні деякі конструктивні елементи, передбачені проектом: горизонтальні розпірки по колонах, хрестові в'язі покриття, тяжів, що розкріплюють прогони [6].



**Рис. 1. Виробничий корпус у м. Комсомольськ: а – загальний вигляд; б – опорний вузол ригеля; в – гребеневий вузол ригеля; г – підкранова частина колони каркаса з холодногнутих профілів**



**Рис. 2. Поперечні перерізи елементів рами з холодногнутих профілів: а – ригель кроквяної конструкції; б – затяжка кроквяної конструкції; в – надкранова частина ферми; г – підкранова частина ферми**

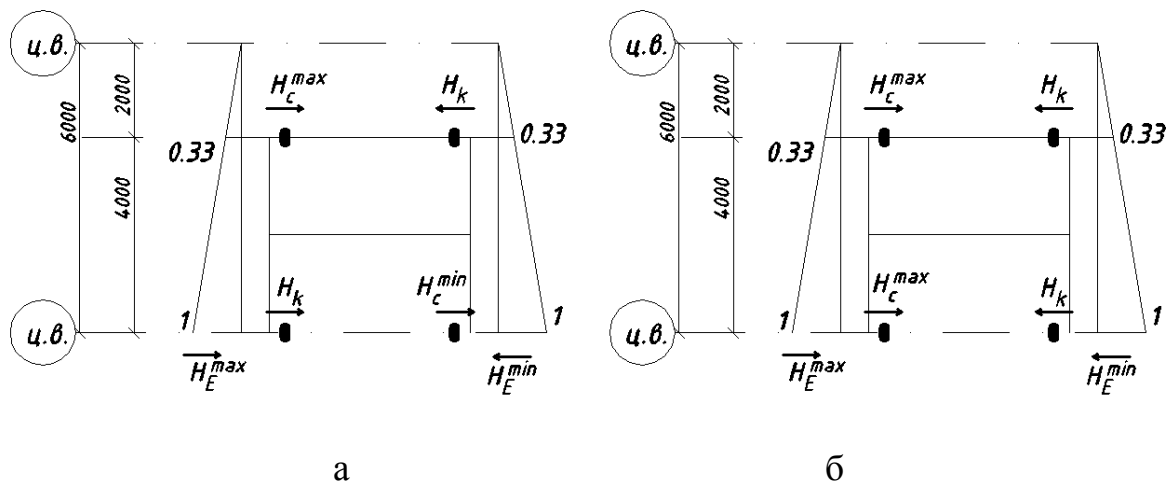
У будівлі необхідно запроекувати один кран вантажопідйомністю 10 тс, характеристики у табл. 1. Виробнича будівля розраховувалася на постійні навантаження (від конструкції покриття) та тимчасові (снігове, вітрове, а також кранове) (табл. 2) згідно із чинними нормами [3].

**Таблиця 1. Технічні характеристики крана**

Вантажопідйомність крана Q, тс	Проліт крана L <sub>к</sub> , м	База крана К, мм	Ширина крана В, мм	В1, мм	Висота крана Н, мм	Тиск колеса F <sub>н,маx</sub> , т	Вага крану G <sub>кр</sub> , т
10	22.5	4000	4650	190	1071	7,140	9,2

**Таблиця 2. Розрахункові навантаження на поперечну раму каркаса ОВБ**

Навантаження	Розрахункове значення [3]
Постійне навантаження від ваги конструкції покриття: два шари профнастилу НС35; утеплювач із жорстких мінераловатних плит $g^n = 0,313 \text{ кПа}$	$q^p = 2,0 \text{ кН / м}$
Тимчасове навантаження:	
навантаження від снігу (рівномірно розподілене за довжиною ригеля)	$q_{сн} = 7,68 \text{ кН / м}$
вітрове навантаження (рис. 4, в, г): активна складова навантаження пасивна складова навантаження навантаження на ригель	$q_{акт} = 0,8 - 1,2 \text{ кН / м}$ $q_{пас} = 0,52 - 0,7 \text{ кН / м}$ $F_{риг} = 5,6 \text{ кН}$
Кранове навантаження:	
вертикальне	$D_{max} = 110,45 \text{ кН}$ $D_{min} = 42 \text{ кН}$
горизонтальне:	
схема 1 (рис. 3, а)	$H_{\Sigma}^{max} = 19,1 \text{ кН}$ $H_{\Sigma}^{min} = -2,8 \text{ кН}$
схема 2 (рис. 3, б)	$H_{\Sigma}^{max} = 10,4 \text{ кН}$ $H_{\Sigma}^{min} = -11,1 \text{ кН}$



**Рисунок 3. Схеми найнебезпечнішого прикладання горизонтальних сил**

На особливу увагу заслуговують горизонтальні кранові навантаження. У чинних будівельних нормах наведено 32 схеми прикладання кранового навантаження [3, п. 7.5]. На підставі сучасних досліджень [7], що виявили схеми найнебезпечнішого прикладання горизонтальних сил (рис. 2), розглянуто лише дві схеми та розраховано результуючі значення бічних сил, що діють на раму.

Сумарне значення бічної сили, що діє на раму (схема 1),

$$H_{\Sigma}^{\max} = H_{\max} \cdot 0,33 + H_k \cdot 1,0 = 7,85 \cdot 0,33 + 16,5 \cdot 1 = 19,1 \text{ кН};$$

$$H_{\Sigma}^{\min} = -H_k \cdot 0,33 + H_c^{\min} \cdot 1,0 = -16,5 \cdot 0,33 + 2,7 \cdot 1 = -2,8 \text{ кН}.$$

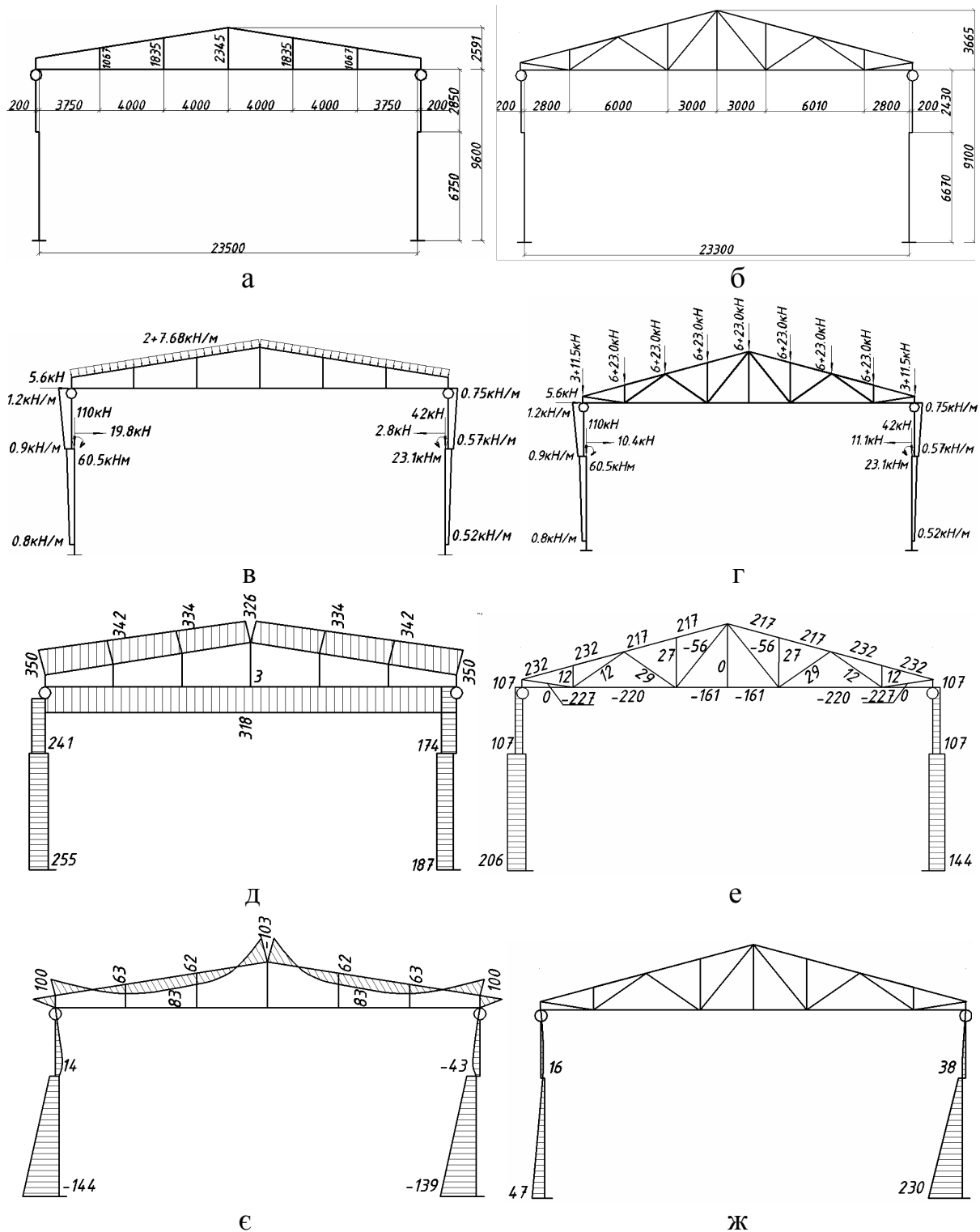
Сумарне значення бічної сили, що діє на раму (схема 2),

$$H_{\Sigma}^{\max} = H^{\max} \cdot 0,33 + H^{\max} \cdot 1,0 = 7,85 \cdot 1,33 = 10,4 \text{ кН};$$

$$H_{\Sigma}^{\min} = H_k \cdot 0,33 - H^k \cdot 1,0 = 16,54 \cdot 0,67 = -11,1 \text{ кН}.$$

При розрахунку варіантів рами з холодногнутих і гарячекатаних металевих профілів використовували сталь класу С235 для колони та С245 для ригеля із затяжкою (кроквяної ферми) [2, 6].

Передумови створення рами з гарячекатаних металевих профілів: геометрична схема поперечної рами прийнята згідно з проектним прольотом будівлі, характеристиками крана та досвідом конструювання поперечних рам [1, 4 – 7]. Розрахунок поперечних рам виконувався за допомогою програмного комплексу SCAD для найгіршої комбінації завантажень.



**Рис. 4** Характеристики існуючої та альтернативної рами  
а, б – геометрична схема поперечної рами; в, г – розглядувані навантаження прикладені до поперечної рами; д, е – епюри поздовжніх сил для найгіршого сполучення навантаження, значення, кН («+» – стиск); ж, з – епюра згинальних моментів для найгіршого сполучення навантаження, значення, кНм (епюру показано з боку розтягнутих волокон); а, в, д, є – існуюча рама з холодногогнутих профілів; б, г, е, ж – альтернативна рама з гарячекатаних профілів

У результаті виконаних розрахунків виявлено, що кожна запропонована схема має певні переваги та недоліки. Зокрема, до переваг існуючого варіанта можна віднести такі:

- раціонально запроектовано ригель з холодногнутої балки коробчастого перерізу з використанням оптимальних ексцентриситетів у гребеневому та опорному вузлах (рис. 1, б, в), що дає значний ефект у перерозподілі згинальних моментів залежно від співвідношення навантажень на покриття та від кранового навантаження. Це питання потребує окремого вивчення і може стати предметом майбутніх досліджень;

- розглянутий варіант зменшує кількість елементів кроквяної ферми, що відповідно знижує обсяг зварювальних робіт і відповідно матеріальних витрат;

- можна регулювати товщину стінок елементів та використовувати наявний листовий метал за наявності необхідних технологій;

- зникає необхідність у конструюванні складного вузла – з'єднання підкранової та надкранової частин колони.

Проектування елементів поперечної рами з гарячекатаних профілів дозволяє суттєво зменшити витрати сталі на конструкції покриття (табл. 3), хоча й призводить до ускладнень при конструюванні вузлів ферми, та позбавляє необхідності у дорогому обладнанні для згинання холодногнутих профілів.

Критерієм достовірності розрахунку можуть виступати коефіцієнти використання елементів рами відносно гранично допустимих значень [5]. Далі наведено найбільші з отриманих коефіцієнтів.

Для елементів рами з холодногнутих профілів величини коефіцієнтів використання складають:

- верхня частина колони  $k = 0,44$  – гранично допустима гнучкість у площині дії моменту  $[\lambda] = 120$ ;

- нижня частина колони  $k = 0,98$  – гранично допустима гнучкість у площині дії моменту  $[\lambda] = 120$ .

- Для елементів рами з гарячекатаних профілів величини коефіцієнтів використання складають:

- верхня частина колони  $k = 0,44$  – гранично допустима гнучкість з площини дії моменту  $[\lambda] = 120$ ;

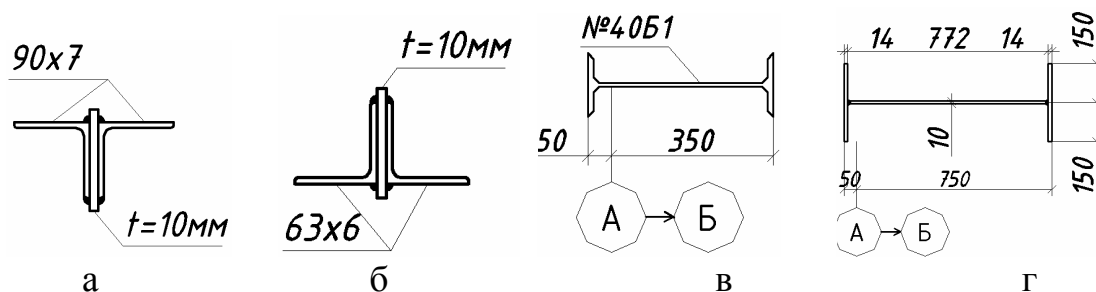
- нижня частина колони  $k = 0,89$  – гранично допустима гнучкість з площини дії моменту  $[\lambda] = 120$ .

**Висновок.** За результатами обстежень розроблено рекомендації з відновлення та підсилення несучих конструкцій існуючої будівлі.

При порівнянні розрахунків рами з холодногнутих та гарячекатаних профілів економія сталі на одній поперечній рамі для варіанта з гарячекатаних профілів становить 253 кг, що становить 6%.

**Таблиця 3. Витрата сталі за варіантами поперечної рами**

Холодногнуті профілі		Гарячекатані профілі	
Кроквяна конструкція		Ферма	
Елемент	Маса, кг	Елемент	Маса, кг
Холодногнута труба ВП 480х160х5 (рис. 2, а)	1242	Кутик ВП 90х7 (рис. 5, а)	482
Гнутий швелер 160х50х4	66	Кутик НП 63х6 (рис. 5, б)	266
Парний кутик НП ферми 100х8 (рис. 2, б)	586	Кутик 63х6 решітки (рис. 5, б)	390
Фасонки	140	Фасонки та зварні шви	302
Усього (ферма)	2034	Усього (ферма)	1440
Надкранова частина колони		Надкранова частина колони	
Холодногнута труба 400х160х5 (рис. 2, в)	250	Прокатний двотавр 40Б1 (рис. 5, в)	228
Конструкція оголовка колони	22	Конструкція оголовка колони	37
Підкранова частина колони		Підкранова частина колони	
Дві холодногнуті труби 400х160х5 (рис. 2, г)	1380	Зварний двотавр: $h = 800 \text{ мм}; b = 300 \text{ мм};$ $t_w = 10 \text{ мм}; t_f = 14 \text{ см}$ (рис. 5, г)	1688
Вузол обпирання підкранової балки	115	Вузол обпирання підкранової балки	130
Конструкція бази колони	200	Конструкція бази колони	225
Поперечна рама	4001	Поперечна рама	3748



**Рис. 5. Поперечні перерізи елементів рами з гарячекатаних профілів: а – переріз верхнього пояса ферми; б – переріз нижнього пояса та обрешітки ферми; в – надкранова частина ферми; г – підкранова частина ферми**



### Література

1. Барабаи, М.С. *Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций // Курсовое и дипломное проектирование. Исследовательские задачи: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.С. Барабаи, М.В. Лазнюк, М.Л. Мартынова, Н.И. Пресняков. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 336 с.*
2. СНиП II-23-81\*. *Стальные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.*
3. ДБН В.1.2-2:2006. *Навантаження і впливи. – К.: Мінбуд України, 2006. – 75 с.*
4. Катюшин, В.В. *Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчет, проектирование, строительство) / В.В. Катюшин. – М.: Стройиздат, 2005. – 656 с.*
5. Лихтарников, Я.М. *Расчет стальных конструкций / Я.М. Лихтарников, Д.В. Ладыженский, В.М. Клыков. – К.: Будівельник, 1984. – 366 с.*
6. ДБН В.3.1-1-2002. *Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. – К.: Мінбуд України, 2003. – 79 с.*
7. Пічугін, С.Ф. *Питання надійності сталевих каркасів виробничих будівель / С.Ф. Пічугін, Ю.Е. Патенко // Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури: зб. наук. праць. – Макіївка: ДонНАБА, 2011. – Вип. 4 (90). – С. 146 – 153.*

*Надійшла до редакції 16.09.2013*

*© В.М. Бібік, М.В. Бібік, П.Ю. Винников*