

Чичулін В.П.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Чичуліна К.В.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ РАМ ІЗ ПРОСТОРОВИМИ ПЕРЕРІЗАМИ

Представлені нові конструктивні рішення рам і вузлів із просторових перерізів із замкнених профілів. Обґрунтовані переваги цього типу конструкцій порівняно з наявними традиційними варіантами конструктивних форм. Наведені результати чисельних розрахунків рамних конструкцій у програмному комплексі.

Ключові слова: *рами, вузли, замкнені профілі, сталеві конструкції.*

Постановка проблеми. При проектуванні сталевих пролітних будівель цивільного і промислового призначення останнім часом набувають поширення просторові сталеві конструкції, які мають суттєві переваги порівняно з площинними. Головними перевагами такого типу конструкцій є суттєве зниження маси будівель, скорочення тривалості монтажу, одночасно забезпечення економії експлуатаційних витрат. Підвищити показники ефективності можна шляхом застосування легких ефективних коробчастих перерізів та нових обрисів рам із просторовою решіткою. Тому популяризація застосування перерізів таких конструкцій стимулює до розроблення ефективних конструктивних елементів та, відповідно, нормативної бази розрахунку цього типу конструктивних форм. Актуальним питанням нині є проектування нових конструктивних форм та обрисів конструкцій, застосування сучасних ефективних матеріалів, підвищення стійкості до корозійних руйнувань і довговічності. У будівництві існує необхідність застосування новітніх технологічних розробок при зведенні цивільних, адміністративних, складських, промислових будівель та споруд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комплексному оцінюванню та систематизації наявних будівельних конструкцій цього типу об'єктів цивільного та промислового призначення присвячено роботи [1; 2]. Роботу авторів за цією тематикою представлено в ряді робіт [3], зокрема й іноземних джерел, де зазначено результати досліджень металевих рам [4–9]. Не розв'язаною раніше частиною проблеми є те, що при стрімких

темпах будівництва у нашій країні збільшується потреба в пошуку нових ефективних, конструктивних форм та перерізів легких металевих конструкцій.

Постановка завдання. На основі зарубіжного та вітчизняного досвіду застосування сталевих конструкцій була сформульована мета та задачі дослідження, які полягають у розробці нових конструктивних рішень рам і визначенні їх головних переваг порівняно з традиційними рішеннями.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі проведених раніше експериментальних та теоретичних досліджень [3] доведено доцільність використання рам із коробчастими перерізами, тому нижче наведено конструктивне рішення легкої ефективної рами, яке можна застосовувати в будівництві об'єктів цивільного та промислового призначення.

Запропонована ефективна конструкція сталевої рами із просторовим поперечним перерізом із використанням труб або замкнених коробчастих перерізів (рис. 3, а). Конструктивна особливість зазначених рам полягає в тому, що всі елементи стійки і ригеля виконано трьома гілками, що забезпечує стійкість як у площині, так і із площини рами. Перерізи в усіх випадках виконані з труб або прямокутних профілів. Відстань між гілками зумовлюється жорсткістю як у площині, так і з площини елементів рами, що забезпечує відповідну деформативність конструкції.

Пропонується два вузла просторової рами: карнизний і гребеневий (рис. 1–2). Монтажні з'єднання рекомендовано виконувати за допомо-

гою обійм із труб відповідного профілю [10; 11]. Застосування таких з'єднань дасть змогу врахувати монтажні зазори і зменшити металоємність щодо фланцевих вузлів.

Із метою отримання оптимального за експлуатаційними показниками конструктивного рішення була запропонована сталева рама з просторовими перерізами (рис. 3). Така конструктивна форма може застосовуватись на легких несучих конструкціях покриття з профільованим сталевим настилом. Для такого типу конструкцій проліт

може варіюватися від 24 м і більше. Рекомендований ухил конструкцій може бути стандартний 1,5% або більше. Існує можливість застосування арочного обрису для відповідних прольотів. Збільшення висоти перерізу гребеневого і карнизного вузла шляхом встановлення додаткових стержнів на нижньому поясі зменшує розрахункові зусилля в елементах рами на 20–60%.

Аналіз роботи просторових перерізів із замкнених профілів для рамних конструкцій розглянемо на прикладі представлених рам (рис. 3 і рис. 4). Просторова

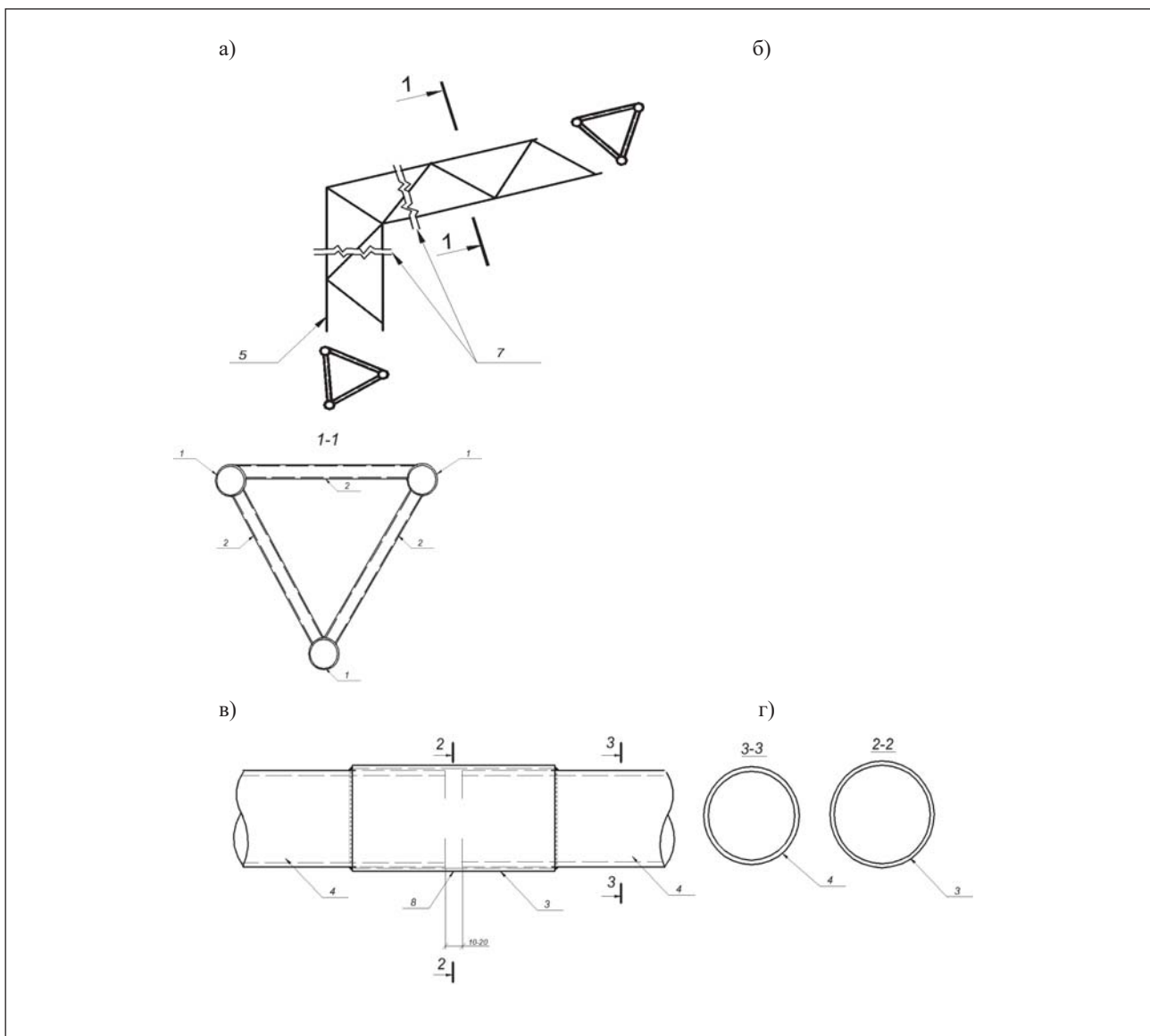


Рис. 1. Карнизний монтажний вузол металеві рами з просторовими елементами із круглих труб: а) загальна схема; б) розріз 1–1 (переріз просторового елемента ригеля); в) схема монтажного елемента карнизного вузла; г) умовний монтажний зварний стик круглих труб за допомогою обійми

Примітки: 1 – пояси з круглих труб тригількового перерізу ригеля; 2 – трубчасті елементи решітки просторових перерізів; 3 – з'єднувальні обійми з круглих труб відповідно на 2–6 мм більшого внутрішнього діаметра, ніж зовнішній діаметр труб елементів, що з'єднуються; 4 – елементи поясів і решітки, що з'єднуються за допомогою обійми; 5 – просторові стійки рами; 6 – просторові ригелі рами; 7 – перерізи з'єднання стійки (5) і ригеля (6) з монтажним елементом карнизного вузла; 8 – монтажний зазор з'єднувальних елементів

робота з трьох гілок забезпечує жорсткість у площині та з площини рами. Основні переваги рамних покриттів порівняно з балочними полягають у меншій вазі, великій жорсткості і меншій висоті ригелів.

Рамні конструкції ефективні для рівної жорсткості колон і ригелів, що дає змогу перерозподіляти зусилля від вертикальних навантажень і значно полегшити ригелі: в цих випадках висота гратчастих ригелів може бути прийнята рівною (1/12–1/20) прольоту.

Розглянемо раму з нижнім поясом ригеля у вигляді арки (рис. 3). Метою цієї модифікації є пошук оптимального розподілення зусиль в елементах рами для отримання більш економічної конструкції. Розрахунок (рис. 4б) свідчить про суттєве зменшення зусиль верхньому поясі ригеля

щодо вихідної конструкції рами. Але зусилля елементів карнизного вузла залишаються високими, що потребує перерозподілу в напрямі середини прольоту шляхом зміни висоти перерізу ригеля. Порівняння зусиль представлено в таблиці 1, в якій за вихідну раму приймається рама (рис. 4а) прольотом 30 м, але без розпірки у карнизному та розтяжці у гребеневому вузлах.

У процесі проведеного дослідження доведено, що порівняння варіантів запропонованих просторових сталевих рамних конструкцій треба виконувати з урахуванням всіх параметрів виготовлення, будівництва і експлуатації. Отримання оптимальних зусиль можливо тільки на першому етапі проектування.

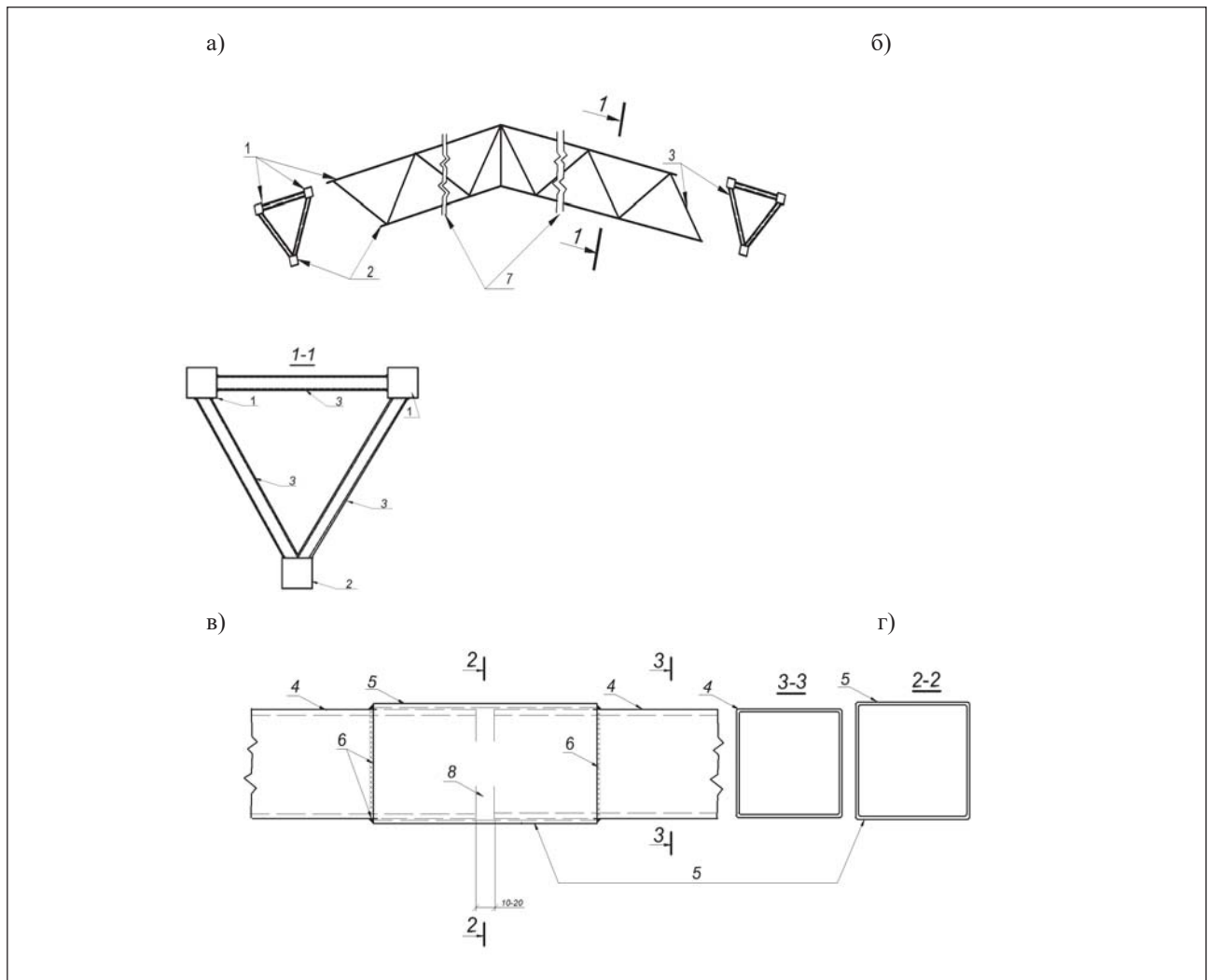
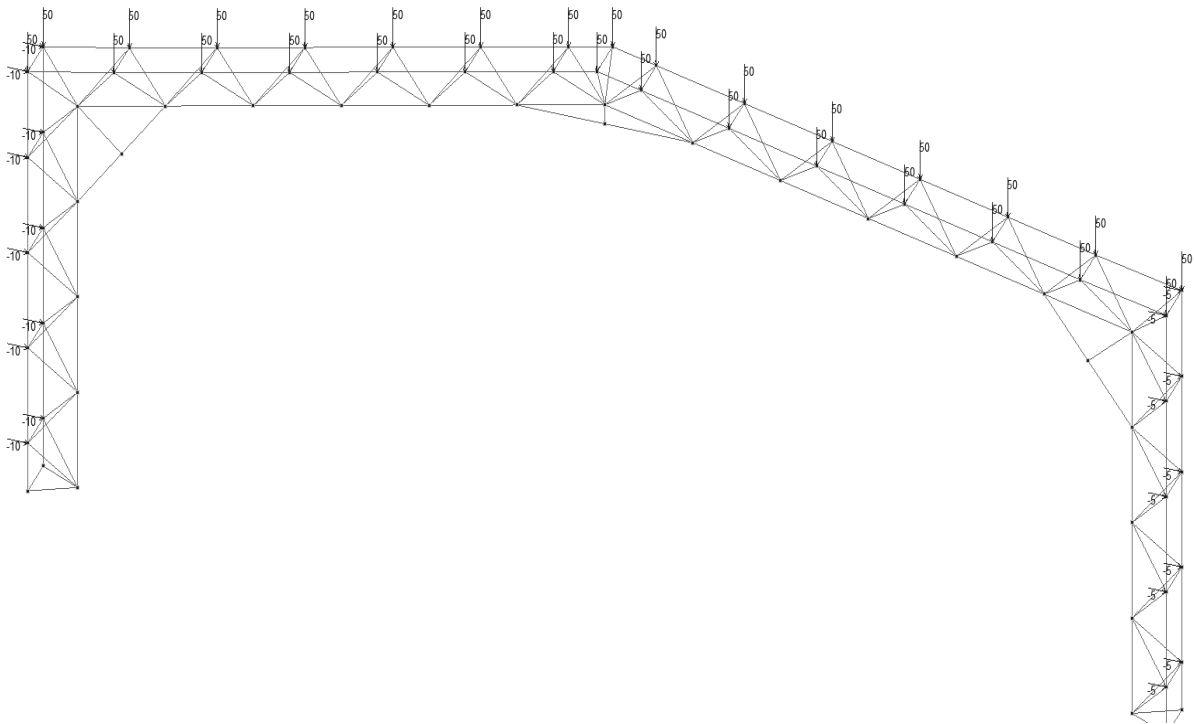


Рис. 2. Гребеневий монтажний вузол металевої рами з просторовими елементами із квадратних труб: а) загальна схема; б) розріз 1–1 (переріз просторового елемента ригеля); в) схема монтажний елемент вузла; г) умовний монтажний зварний стик квадратної труби за допомогою обойми

Примітки: 1 – верхній пояс у вигляді двох квадратних труб; 2 – нижній пояс з квадратної труби; 3 – елементи решітки з квадратних труб меншого розміру ніж пояси; 4 – переріз елементів що з'єднуються; 5 – монтажна обойма внутрішнім перерізом більша на (2÷6) мм, ніж елементи, що з'єднуються; 6 – монтажні зварювання; 7 – монтажні перерізи; 8 – змінний монтажний зазор

а)



б)

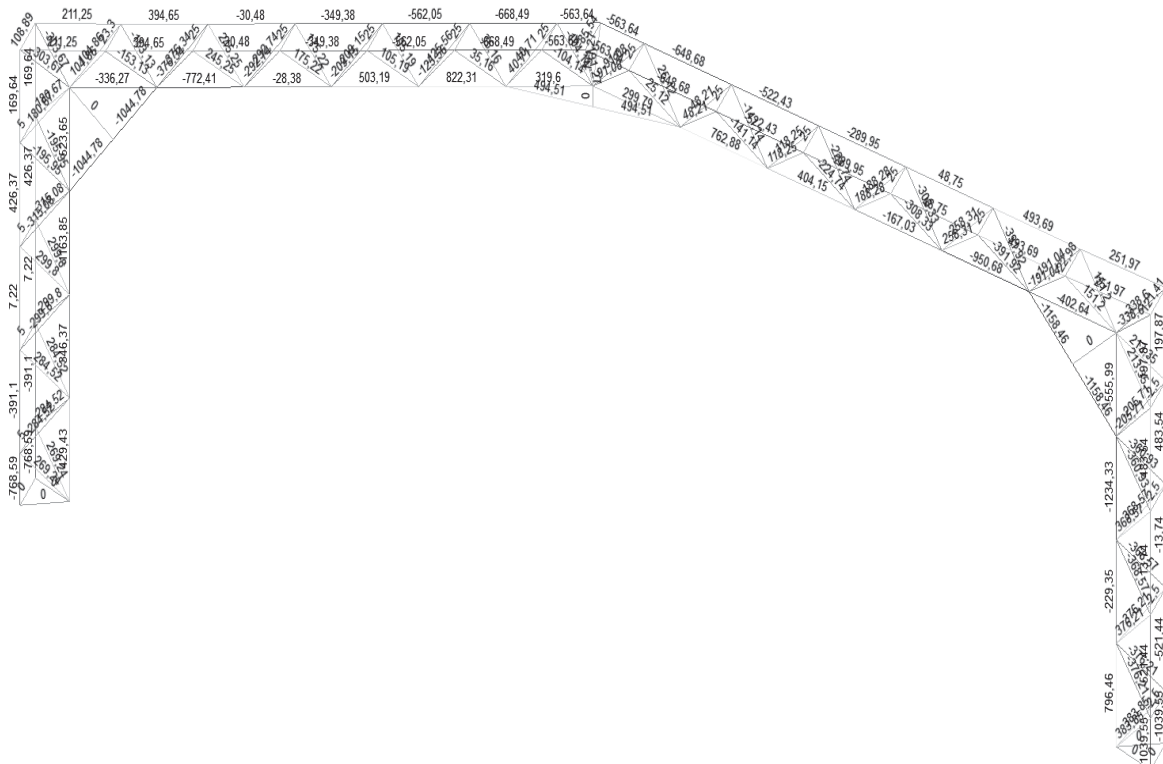


Рис. 3. Результати чисельного розрахунку модифікованої рамної конструкції:
а – схема рами; б – значення повздовжніх сил

Значення зниження зусиль в елементах рами при модифікації рами

Елементи рами	Вихідна рама	Модифікована рама з розпідкою і розтяжкою		Модифікована рама з арочним нижнім поясом ригеля	
	кН	кН	Зниження, %	кН	Зниження, %
Верхній пояс ригеля	-820,58	-668,49	22	272	66
Нижній пояс ригеля	-1624,22	-950,68	71	-1158	29
Стійка	-1907	-1234	54	-1391	27

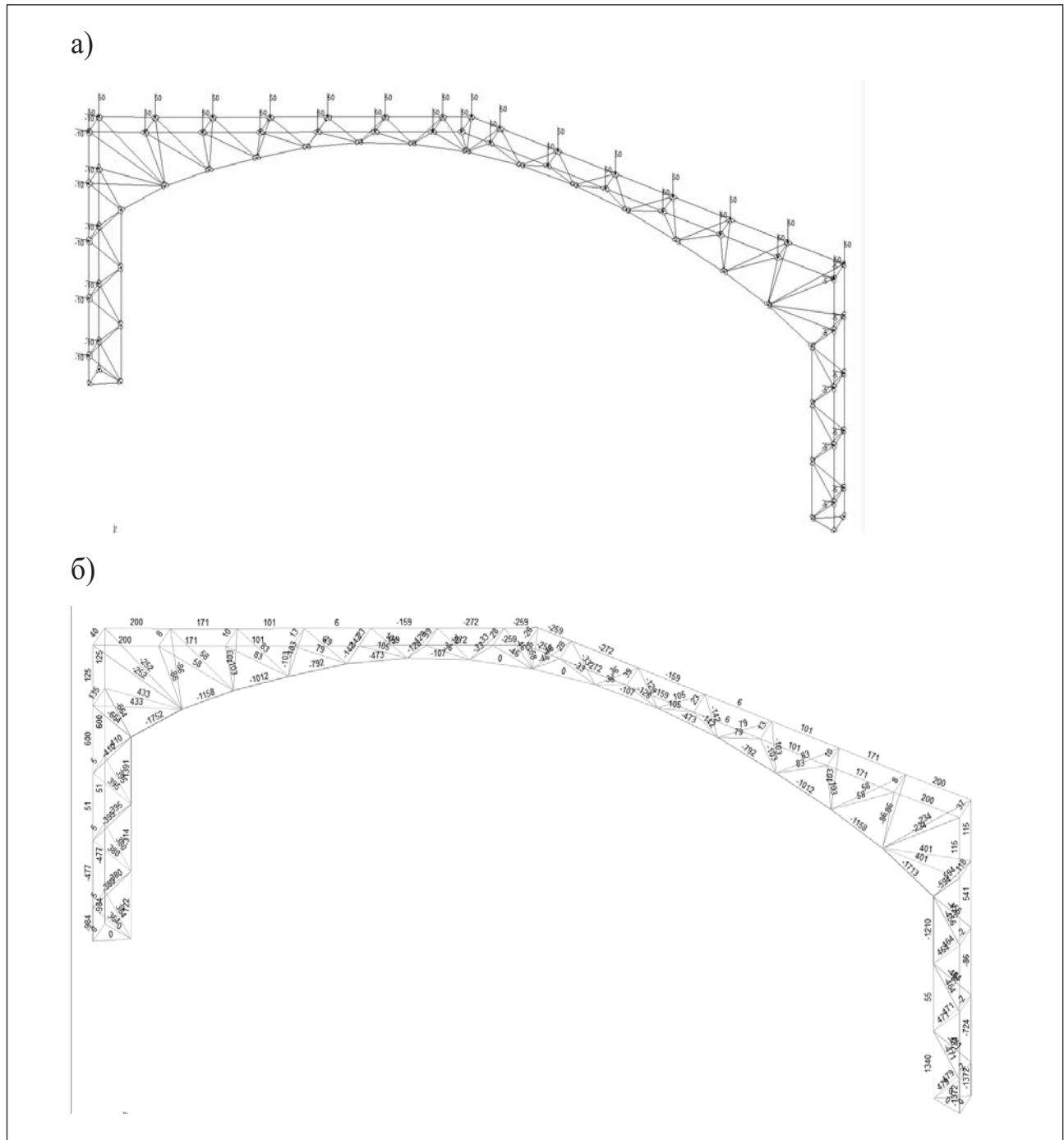


Рис. 4. Результати чисельного розрахунку модифікованої рамної конструкції з нижнім поясом у вигляді арки:
а – схема рами; б – значення повздовжніх сил

Зростання трудомісткості виготовлення просторових конструкцій перекривається зменшенням матеріаломісткості конструкцій, що дає змогу отримувати більш економічні конструкції.

Висновки. Запропоновані нові конструктивні рішення сталевих просторових рам, які мають

високі характеристики несучої здатності і архітектурної виразності, мінімізують матеріало- та працевитрати. Цього типу конструкції мають підвищені характеристики загальної стійкості окремих елементів і системи загалом, як у площині, так і з площини.

Список літератури:

1. Металлические конструкции: справ, проектировщика / под ред. Н.П. Мельникова. Москва: Стройиздат, 1980. 776 с.
2. Кудишин Ю.И., Беленя Е.И., Игнатъева В.С. и др. Металлические конструкции: учебн. Москва: Академия, 2008. 688 с.
3. Пічугін С.Ф., Чичулін В.П., Чичуліна К.В. Застосування комбінованих арочно-стрижньових елементів в плоских конструкціях. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2014. Вип. 28. С. 399–404.
4. Isamu Hiroi. Plate-Girder Construction (Classic Reprint). Publisher “book on demand”, 2015. 116 p.
5. Clarence W. Hudson. Notes on Plate-Girder Design (Classic Reprint). Publisher “book on demand”, 2015. 96 p.
6. John Davenport Crehore. Mechanics of the Girder. Publisher “book on demand”, 2015. 594 p.
7. Ponnada Markandeya Raju, Thonangi Raghuram Sandeep. Modified method of Prestressing Steel Trusses by inducing Lack of fit. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 168 p.
8. Brian Kozy. Chord Bearing Capacity in Long-span Tubular Trusses. Scholars’ Press, 2013. 172 p.
9. Нуу-Тай Тай. Advanced Analysis of Steel Frames. Scholars’ Press, 2012. 180 p.
10. Гребеневий монтажний вузол металевої рами з просторовими елементами із квадратних труб: пат. 120861 Україна: МПК (2006.01) Е 04 С 3/02. № u201704302; заявл. 03.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с.
11. Карнизний монтажний вузол металевої рами з просторовими елементами із круглих труб: пат. 120862 Україна: МПК (2006.01) Е 04 С 3/02. № u201704305; заявл. 03.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ РАМ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ СЕЧЕНИЯМИ

Представлены новые конструктивные решения рам и узлов с пространственными сечениями из замкнутых профилей. Обоснованы преимущества данного типа конструкций по сравнению с существующими традиционными вариантами конструктивных форм. Приведены результаты численных расчетов рамных конструкций в программном комплексе.

Ключевые слова: рамы, узлы, замкнутые профили, стальные конструкции.

INCREASE OF DESIGNING EFFICIENCY OF STEEL FRAMES WITH SPATIAL CROSS-SECTIONS

New design solutions for frames and assemblies with spatial sections from closed profiles are presented. The advantages of this type of construction are compared with existing traditional variants of constructive forms. The results of numerical calculations of frame structures in the software complex are presented.

Key words: frames, knots, closed profiles, steel constructions.