

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ РАМИ БУДІВЛІ

Срібняк Н.М. - к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет

В статті розглянуто декілька конструктивних рішень поперечної рами каркасної будівлі. На основі статичного та конструктивного розрахунку рам виконано порівняльний аналіз можливих варіантів.. За критерієм найменшої витрати матеріалу обрано найбільш ефективну конструкцію.

Постановка завдання та аналіз досліджень.

Одним із принципів проектування сталевих конструкцій є економічна доцільність рішень, що приймаються. Будівельні металеві конструкції повинні бути економічними за витратами та вартістю матеріалу. Працемісткість виготовлення та монтажу також повинні відповідати критерію економічності. В той же час конструкції повинні бути міцними та довговічними. «Примирити» ці часом складні та суперечливі вимоги — задача проектувальника-конструктора. Таке завдання вирішується достатньо точно шляхом порівняння варіантів та вибору найбільш оптимального за заданим економічним критерієм [1].

Критеріїв, що дозволяють робити висновки щодо ефективності конструкції в порівнянні з іншими можливими варіантами досить багато. Так в [2] наводиться методика порівняння варіантів стрижневих конструкцій, що відрізняються марками сталей, формою перерізів основних стрижнів, за критеріями: вартість основного матеріалу, вартість конструкції "у справі", наведені витрати.

Найбільш простим та зрозумілим критерієм економічності металевих конструкцій є **матеріаломісткість** (витрати металу). При порівнянні декількох варіантів конструкцій, що виконані із однакової сталі, більш легка конструкція буде більш економічною. Звичайно, використання цього критерію не повинно зашкодити надійності. По відношенню до будівель та споруд зручним є критерій витрати металу на одиницю площі об'єму ($\text{кг}/\text{м}^2$, $\text{кг}/\text{м}^3$). Критерій металомісткості може бути використаний як на стадії порівняння варіантів, так і на стадії робочого проектування. Звичайно, цей критерій не є прийнятним у випадку, коли конструкції у різних варіантах виготовлені із різних сталей. Тоді більш легкий варіант (із легованої сталі чи з використанням круглих труб) може виявитися більш кошторисним [3].

Виділимо фактори, що впливають на металомісткість конструкцій.

По-перше, це метал, що використовується. Використовуючи більш міцну сталь в розтягнутих елементах, чи елементах, що зазнають вигину, можна досягти суттєвої економії сталі (до 20-30%) [4,5]. В той же час в стиснутих елементах міцну сталь використовувати не вигідно.

По-друге, це раціональне компонування елементів конструкцій. Тут важливим є вибір типу поперечного перетину елемента. Відомо, що для елементів, які зазнають стиску, найбільш вигідним є переріз за формою круглої труби, для елементів, що зазнають вигину – двотавр та коробчатий переріз.

Важливим показником ефективності перерізу елемента є його відносна тонкостінність t/h , t/b . Чим меншим є цей показник, тим менше витрати металу, тобто переріз є більш економічним. Нижня межа показника тонкостінності залежить від умов корозійного зносу та стійкості стиснутого елемента. При компонуванні елементів конструкцій також встановлюються геометричні параметри, що визначають оптимальну витрату металу. Наприклад, в фермах – це обрис конструкції, тип решітки, довжина панелі поясів. В фермах з $L > 40$ м вигідно використовувати обрис за параболою, що співпадає з епюрою вигинаючих моментів. В фермах прольотом до 40 м вигідним за витратою металу є трапецієподібний переріз.

Глобальним фактором, що впливає на металоємність, є загальне компонування будівлі: встановлення генеральних розмірів конструкцій (проліт, висота), розташування несучих конструкцій в плані, компонування зв'язків. Завдання компонування вигідно вирішувати шляхом порівняння варіантів, і в той же час вибір найбільш ефективної схеми в значному ступені є результатом творчої інтуїції інженера.

При компонуванні будівлі важливим є *принцип концентрації матеріалу в несучих елементах*, який призводить не лише до економії маси металу, але й до зменшення працёмісткості та вартості виготовлення. Принцип концентрації передбачає збільшення кроку несучих конструкцій до 12,18,24 м. При цьому навантаження на несучі конструкції та відповідно, їх вага збільшується, але кількість несучих елементів зменшується, що в цілому призводить до зниження маси каркасу будівлі. Відомо, також, що виготовити тону крупних елементів металевих конструкцій простіше та дешевше, ніж тону легких.

При використанні принципу концентрації матеріалу вигідно враховувати просторову роботу будівлі. Проміжні елементи, що з'єднують несучі металеві конструкції, при великому кроці виявляються міцними. Вони знижують та перерозподіляють зусилля в несучих конструкціях, що також дозволяє знизити масу останніх.

Таким чином, для створення оптимальної за витратами металу конструкції необхідне варіантне вирішення цих задач:

- вибір матеріалу та форми поперечного перерізу профілів;
- компонування елементів конструкцій;
- вибір типу вузлів та з'єднань;
- компонування каркасу будівлі.

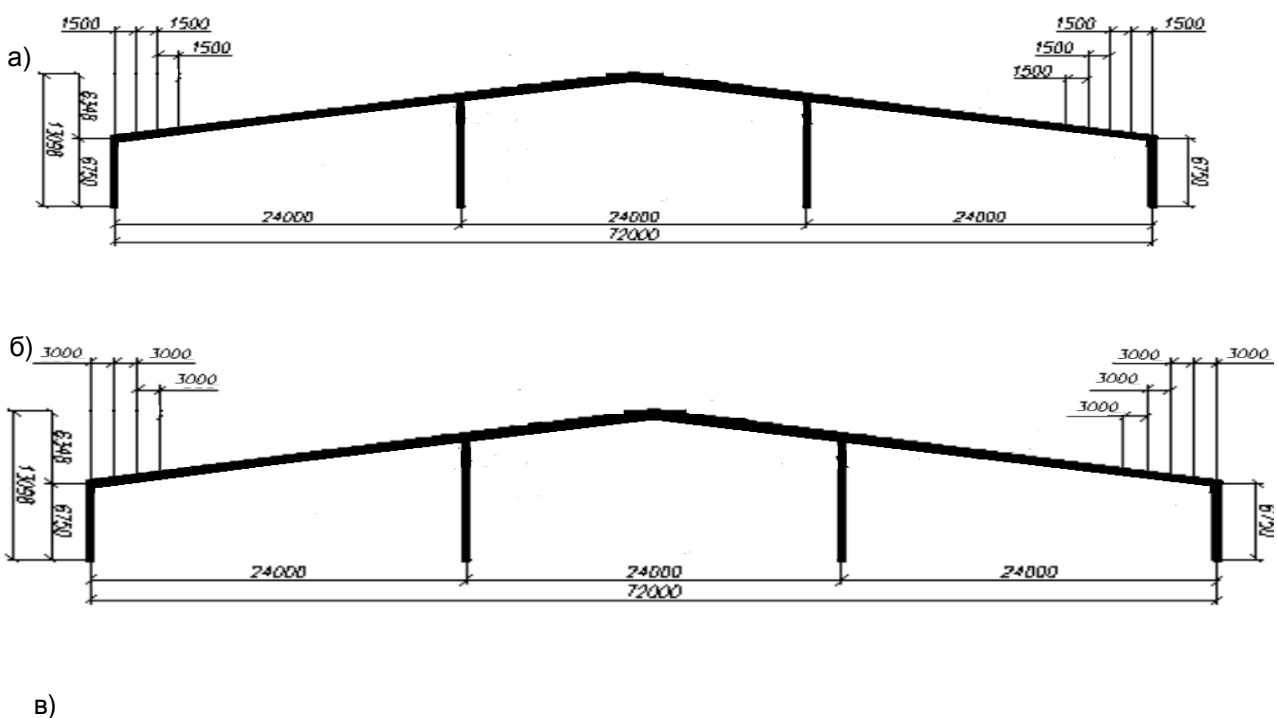
Ці задачі вирішуються методами варіантних розрахунків, що можна реалізувати на програмних комплексах, що використовують метод кінцевих елементів

Метою статті є визначення оптимального конструктивного рішення плоскої поперечної рами каркасу промислової будівлі з декількох можливих. Вибір базується на принципі концентрації матеріалу в несучих елементах, тобто рішення щодо оптимальності визначається за критерієм зменшення маси рами.

Проведення дослідження

Будівля, що розглядається, є будівлею супермаркету. Будівля є трьохпролітною з $L=24$ м. Розміри будівлі в плані $73,0 \times 151,0$ м. Будівля запроектована каркасною, з поперечними сталевими рамами, які об'єднуються до єдиної просторової системи за допомогою системи горизонтальних в'язей в двох площинах (по верхніх та нижніх поясах кроквяних несучих конструкцій) та системою вертикальних в'язей між колонами. Жорсткість каркаса в поздовжньому напрямку забезпечується влаштуванням поздовжніх несучих елементів (прогонів, елементів стінового фахверка) та спеціально запроектованих в'язей.

Розглянуто чотири конструктивні вирішення рами каркасу будівлі (рис.4.1).



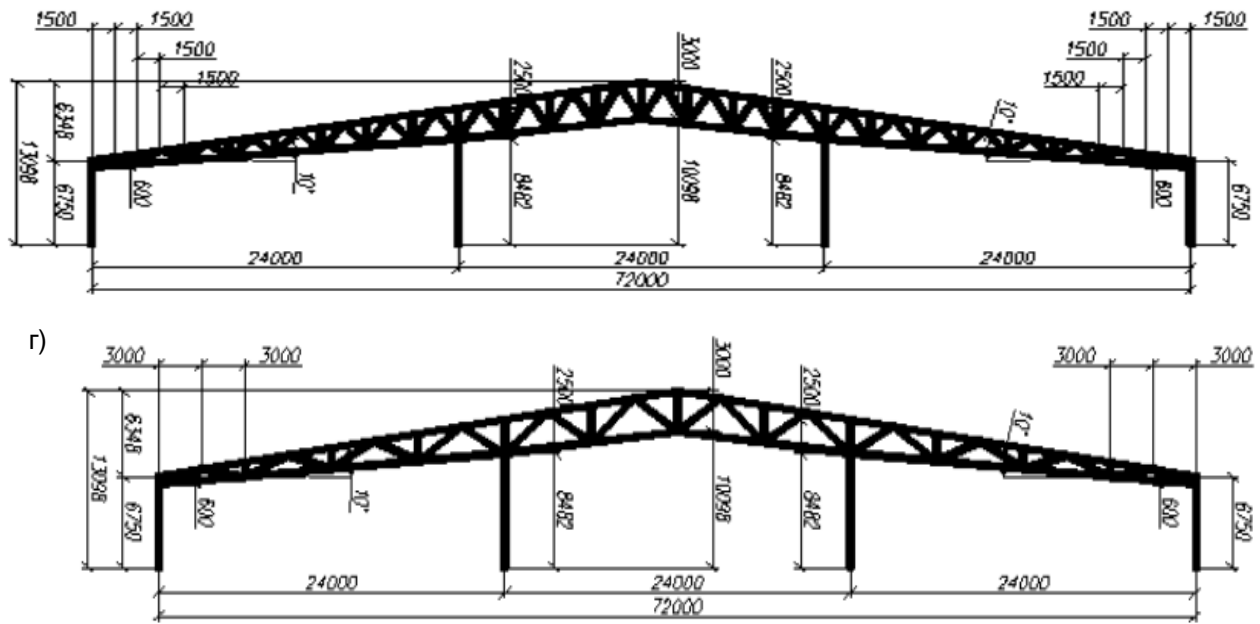


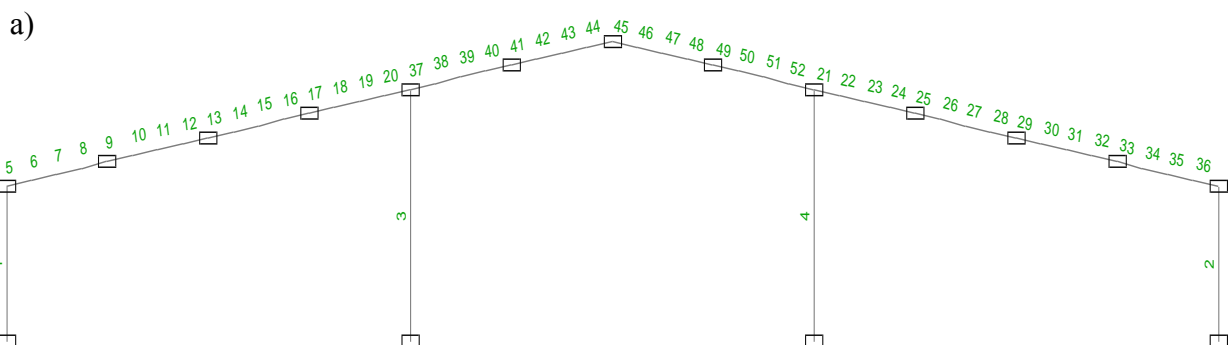
Рис. 1 Конструктивні можливі вирішення рами каркасу будівлі:

- а) варіант №1- балки прольотом 24 метри та крок прогонів 1,5 м; б) варіант №2 - балки прольотом 24 метра та крок прогонів 3 м; в) варіант №3 - ферма 24 м та крок прогонів 1,5 м; г) варіант №4 - ферма 24 м та крок прогонів 3 м.

Алгоритм виконання дослідження полягає в наступному:

- створення за допомогою ПК «Lira 9.13» та виконання аналізу напружено-деформованого стану чотирьох різних геометричних схем рами будівлі ;
- відповідно до визначеного НДС варіантів рами розробити варіанти її конструктивних рішень;
- за критерієм найменшої маси рами визначити більш раціональний її тип з-поміж варіантів, що розглядалися.

Кінцевоелементні схеми, які були використані в дослідженні , наведено на рис.2



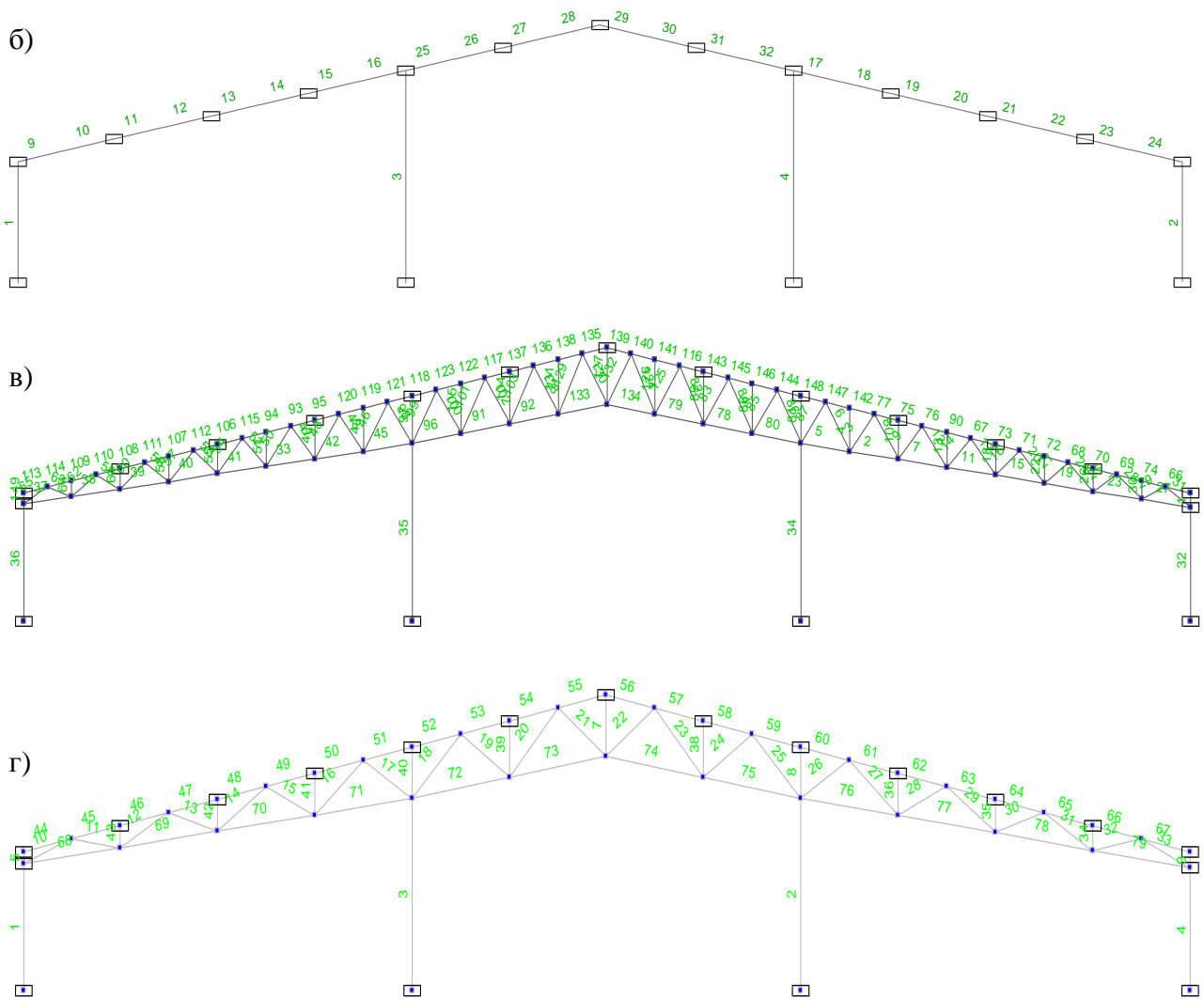
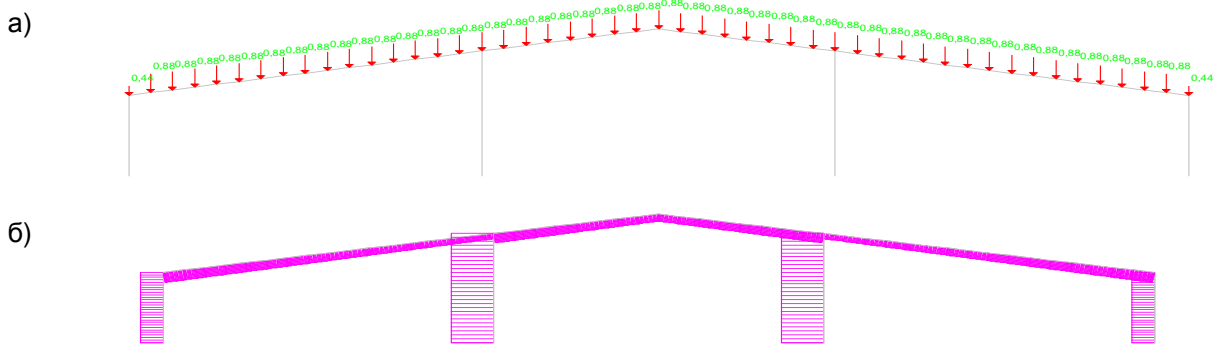


Рис.2. Кінцвоелементні схеми можливих варіантів плоскої рами відповідно до рис.1

Як приклад результатів статичного розрахунку одного варіанту поперечної рами, на рис.3-6 наведено епюри зусиль для елементів схеми №1 від снігового навантаження (рис.3), від ваги покриття (рис.4), від вітрового навантаження (рис.5) та від ваги рами (рис.6).



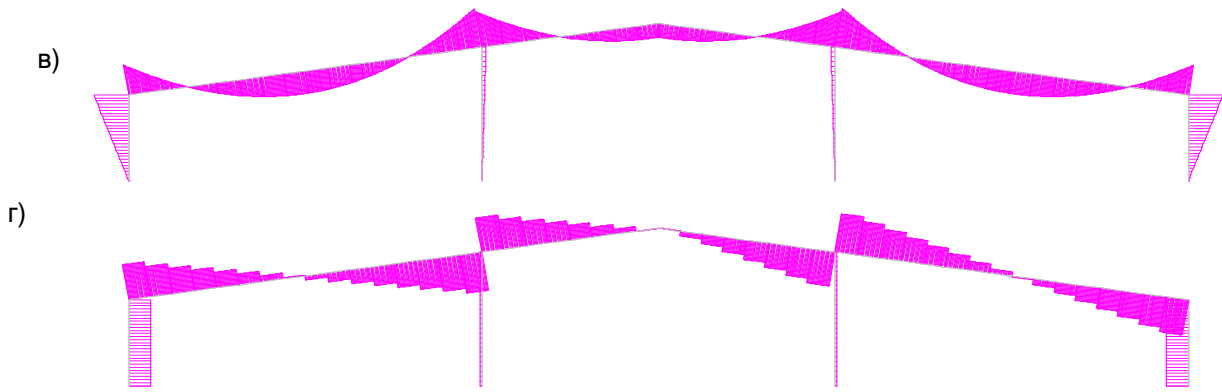


Рис. 3. Завантаження № 1 «Снігове навантаження» для варіанту №1:
 а) схема завантаження; б) еюра «N» повздовжніх сил; в) еюра «M» згинаючого моменту;
 г) еюра «Q» поперечних сил

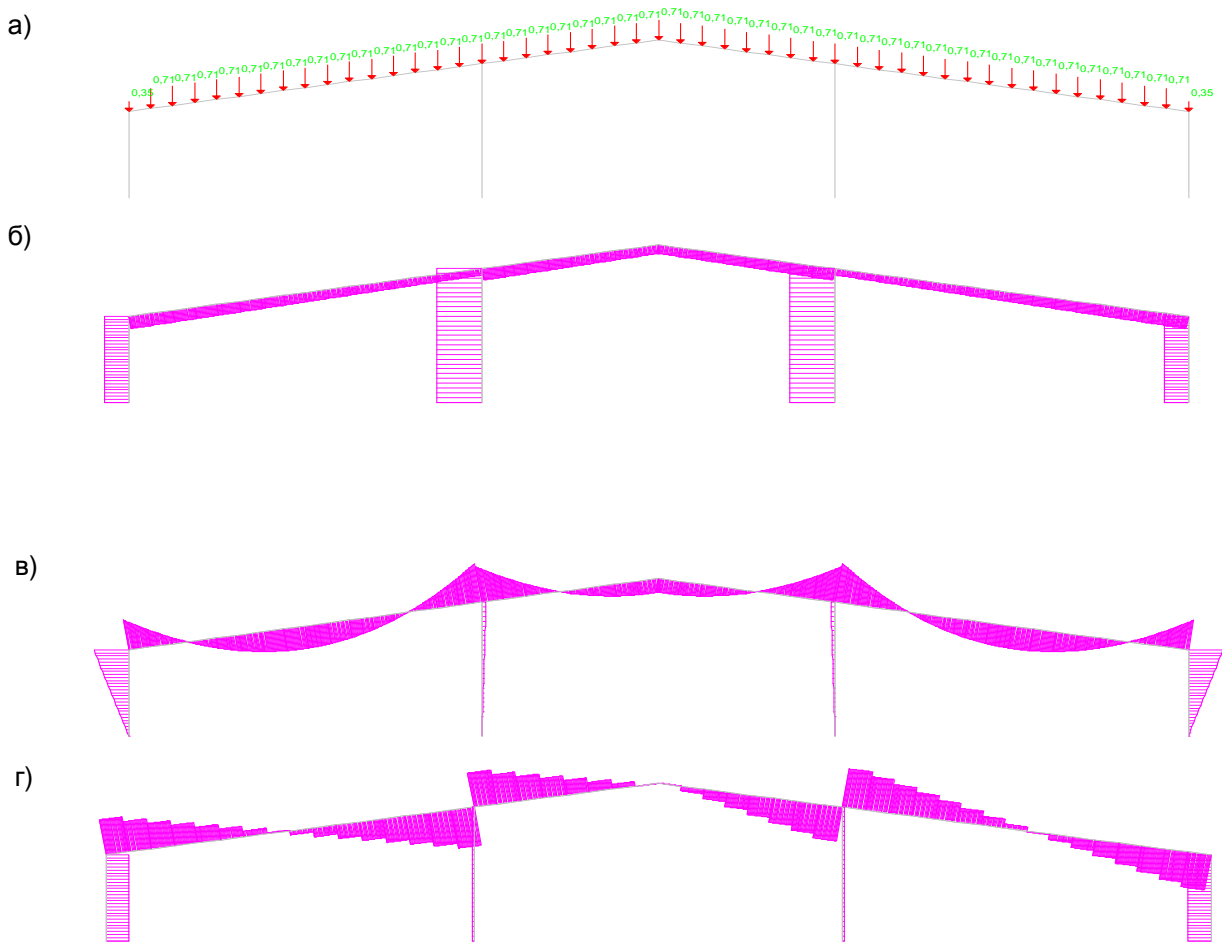


Рис. 4. Завантаження № 2 «Вага покриття» для варіанту №1:
 а) схема завантаження; б) еюра «N» повздовжніх сил; в) еюра «M» згинаючого моменту;
 г) еюра «Q» поперечних сил

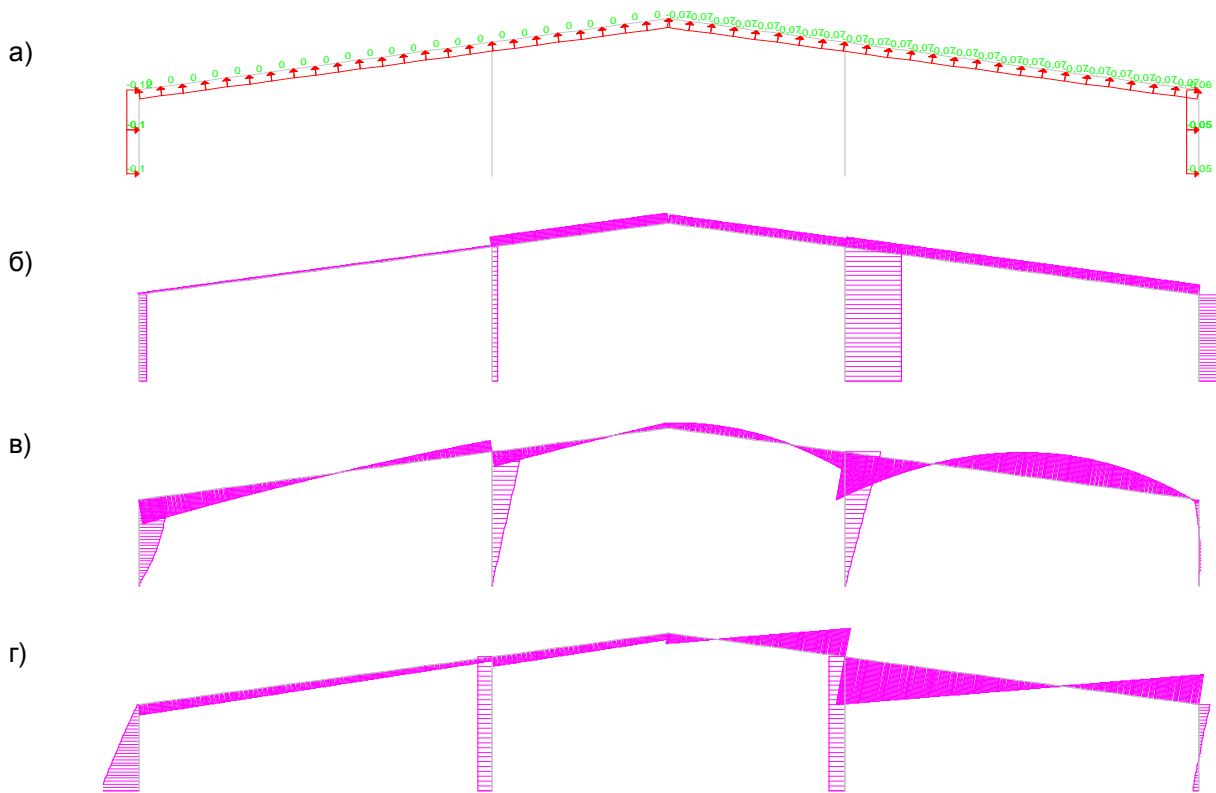


Рис 5. Завантаження № 3 «Вітрове навантаження» для варіанту №1:
 а) схема завантаження; б) еюра «N» поздовжніх сил; в) еюра «M» згинаючого моменту;
 г) еюра «Q» поперечних сил

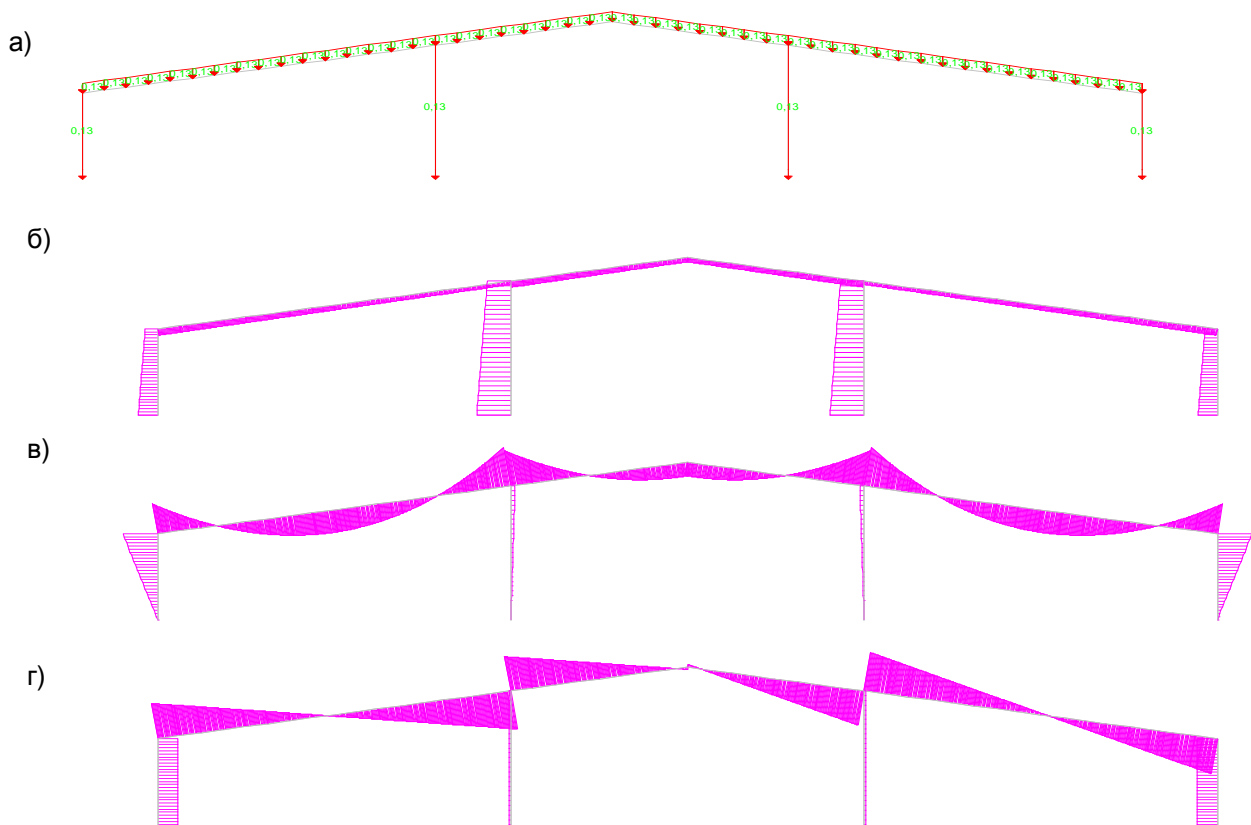


Рис. 6 Завантаження № 4 «Вага рами» для варіанту №1:

- а) схема завантаження; б) епюра «N» поздовжніх сил; в) епюра «M» згинаючого моменту;
 г) епюра «Q» поперечних сил

На основі отриманих результатів статичних розрахунків за допомогою програмного модуля «ЛІР-СТК» було виконав конструктивний підбір основних елементів рам всіх чотирьох типів.

Результати підбору елементів чотирьох варіантів рами було зведено в таблицю за характеристиками мас елементів (табл. 1)

Таблиця 1

Варіант порівняння №1			
Найменування елемента	Маса елемента, т	Кількість, шт	Маса рами, т
Колона крайнього ряду К-1	0.878	2	18,470
Колона середнього ряду К-2	1.365	2	
Ригель крайнього прольота	3.162	2	
Ригель середнього прольота	3.162	1	
Прогон ПР-2	0.0153	49	

Варіант порівняння №2			
Найменування елемента	Маса елемента, т	Кількість, шт	Маса рами, т
Колона крайнього ряду К-1	0.878	2	16,582
Колона середнього ряду К-2	1.365	2	
Ригель крайнього прольоту	3.162	2	
Ригель середнього прольоту	3.162	1	
Прогон ПР-2	0.0174	25	

Варіант порівняння №3			
Найменування елемента	Маса елемента, т	Кількість, шт	Маса рами, т
Колона крайнього ряду К-1	0.167	2	10,020
Колона середнього ряду К-2	0.229	2	
Ригель крайнього прольоту	1.399	2	
Ригель середнього прольоту	1.932	1	
Прогон ПР-2	0.0153	49	

Варіант порівняння №4			
Найменування елемента	Маса елемента, т	Кількість, шт	Маса рами, т
Колона крайнього ряду К-1	0.167	2	9,095
Колона середнього ряду К-2	0.229	2	
Ригель крайнього прольоту	1.816	2	
Ригель середнього прольоту	1.873	1	
Прогон ПР-2	0.0174	25	

Висновки. З таблиці 1 можна зробити висновок, що оптимальним конструктивним рішенням поперечної рами будівлі буде останній, четвертий, варіант, оскільки маса рами

найменша. Зменшення маси несучих конструкцій призведе до зменшення маси будівлі в цілому та, відповідно, здешевленню її вартості, зважаючи на високу ціну прокатної сталі. Як результат тривалість та вартість будівництва будуть значно менші в порівнянні з іншими варіантами, що розглядалися.

Література

1. Строительные конструкции (раздел «Металлические конструкции»: методические указания к выполнению индивидуальных заданий и контрольных работ по курсу «Строительные конструкции» (раздел «Металлические конструкции») для студентов специальности 060800 «Экономика и управление в строительстве (на предприятии)» всех форм обучения./сост. А.А. Кользеев — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2003.
2. Муратов А.Ф. Повышение эффективности стержневых строительных конструкций путем применения рациональных форм сечений и марок сталей: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» /А.Ф.Муратов – Нижний Новгород, 2003. – 235 с.
3. Кользеев А.А., Шафрай К.А. Основы металлических конструкций: Учеб. пособие.- Новосибирск: НГАСУ, 2001. – 80 с.
4. Горев В.В. и др. Металлические конструкции/ Элементы стальных конструкций. – Т.1- М.: Высш. школа, 1997. – 336 с.
5. Лихтарников Я.М., Летников Н.С., Левченко В.Н. Техничко-экономические основы проектирования строительных конструкций. – Киев – Донецк: Вища школа, 1980. -240 с.

Анотація. В статті розглянуто декілька конструктивних рішень поперечної рами каркасної будівлі. На основі статичного та конструктивного розрахунку виконано порівняльний аналіз можливих варіантів рам. За критерієм найменшої витрати матеріалу обрано найбільш ефективну конструкцію.

Аннотация. В статье рассмотрено несколько конструктивных решений поперечной рамы каркасного здания. На основе статического и конструктивного расчета рам выполнен сравнительный анализ возможных вариантов рам. По критерию наименьшей материалоемкости определена наиболее эффективная конструкция.

Annotation. The article considers the several constructive decisions the transverse frame of skeleton building. Based on a static and constructive calculation of frames made a comparative analysis of the possible options. The most effective construction is elected by according to the criterion of the lowest costs of material.

Ключові слова: критерій оптимальності, кінцевоелементна схема плоскої рами, зусилля, критерій найменшої маси, металоємність, принцип концентрації матеріалу, статична робота, ефективність перерізу.

Ключевые слова: критерий оптимальности, конечноэлементная схема плоской рамы, усилия, критерий наименьшей массы, металлоемкость, принцип концентрации материала, статическая работа, эффективность сечения.

Keywords: optimality criterion, finite element scheme of the flat frame, efforts, lower mass test, metal consumption, the principle of concentration of material, static work, the efficiency of the section.