

УДК 624.074.04

Боярський М.Р., Квасниця Б.В., Федіна Д.Ю.,
к.т.н., доцент Пасічник Р. В.,
Луцький національний технічний університет

ОСНОВНІ АРХІТЕКТУРНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ РАМНИХ КАРКАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Рамна каркасна конструкція – різновид нового будівельного конструювання. Мета даної статті – надання узагальненої інформації про одну з інновацій у сфері конструювання - каркасну рамну конструкцію. У статті викладено дані стосовно ідентифікуючих рис рами, її основних архітектурних та конструктивних особливостей, перераховано характеристики тримкої здатності, проаналізовано переваги використання у конструкціях, завдання і шляхи раціонального проектування рам.

Ключові слова: *Рамна конструкція, каркасна конструкція, тримка здатність, проектування рам.*

На сьогодні високі темпи урбанізації міст та прилеглих до них територій потребують відповідних швидких темпів будівництва. Для підтримання таких темпів раніше було впроваджено в будівельну сферу нові організаційні прийоми, технічне забезпечення, нові будівельні матеріали та конструкції. Однією з таких конструкцій, яка часто застосовується при зведенні нових будівель та споруд є каркасна рамна конструкція. Рамні системи використовують у будівництві промислових та громадських будинків. Перевагою рамних каркасів є:

- чіткість роботи всіх її конструктивних елементів
- рівномірність деформацій у загальній системі каркасу
- зручність розміщення технологічного устаткування у зв'язку із відсутністю поперечних діафрагм жорсткості.

Недоліками рамних каркасів є складність і трудомісткість виконання жорстких вузлів.

У рамних каркасах основні несучі елементи - це ригельні або безригельні рами з шарнірними вузлами та системи діафрагм жорсткості. В таких системах усі вертикальні навантаження сприймають рами каркасу, а горизонтальні (вітрові) - системи діафрагм жорсткості, об'єднані плитами перекриття.

В загальному рами - стержневі конструкції, які складаються з вертикальних елементів (стійок) і горизонтальних (ригелів), жорстко з'єднаних між собою у вузлах. Прикладення до будь-якого елемента рами навантаження, яке викликає обертання або переміщення цих вузлів, призводить в дію їх

жорсткості та включення в роботу усіх інших елементів. В цьому заключається її тримка здатність, яка відрізняє раму із жорсткими вузлами від систем з шарнірами.

Рами бувають :

- однопролітними , які називаються простими
- багатопролітними і багатоповерховими, які мають загальну назву складних рам.

Прості рами складають несучу конструктивну основу одноповерхових промислових і громадських будівель різноманітних за своїм призначенням.

Прольоти, які перекриваються рамами, різняться в широких межах: від невеликих до рекордних, а деколи й перевищують 100 м. Загальні розміри рам (проліт, висота) підпорядковані функціональним вимогам. Положення стійок (вертикальне, під кутом) і обрис ригеля (прямий, криволінійний) визначаються архітектурою самої споруди. Кінцеве компонування геометричної просторової схеми рами і її робочих перерізів вирішується на основі конструктивних міркувань і результатів статичних розрахунків.

Прості рами мають багато спільного з однопролітними арками. Рами — такі ж розпірні конструкції, їх поділяють на:

- тришарнірні
- двохшарнірні
- безшарнірні, яким притаманні властивості арок з аналогічними назвами.

Основна архітектурна особливість рами - наявність стійок - прямих вертикальних елементів. Це дає можливість максимально оптимально використовувати внутрішній об'єм приміщення, без «мертвих» кутів і склепінчастих стель, характерних для арочних покриттів. Основна конструктивна особливість простих рам - наявність карнизного вузла, в якому сходяться під кутом ригель та стійка і який потребує в кожному випадку особливого конструктивного опрацювання. Обриси осі рами зазвичай сильно відрізняються від лінії тиску. Тому в системі силових навантажень на раму згинальні моменти відіграють більш важливу роль, ніж в арках, які при невеликих (у порівнянні з постійними) тимчасових несиметричних навантаженнях можуть бути практично безмоментними.

Чітка межа між обрисами рам і арок відсутня. Наприклад, раму з нахиленими стійками і ламаним ригелем можна розглядати як полігональну (багатокутну) арку. Особливо зближує рами з арками заокруглення карнизних (іноді і конькового) вузлів. Якщо для напруженого стану арки найбільш характерним видом опору є стиск, а згин його супроводжує, то для простої рами більш характерним є згин.

Ригель рами незалежно від того, являється він прямим чи криволінійним, можна уявити у вигляді балки, пружно защемленої кінцями в стійках. Степінь цього защемлення може бути різною - від повного защемлення до вільного опирання. Вона визначається відношенням погонних жорсткостей елементів рами:

$$k = I_p / l_p \div I_p / l_c,$$

де індекси «р» і «с» означають відповідно ригель і стійку.

Параметр k в усіх випадках являється визначальним фактором під час знаходження величин вузлових моментів. Наприклад, при $k \rightarrow 0$ ригель можна розглядати як балку, з повністю защемленими кінцями; при $k \rightarrow \infty$ - балку, вільного опирання. Звідси випливає висновок, що при завантаженні ригеля момент у карнизному вузлі ніколи не може перевищити величини моменту опору у повністю защемленій балці $M = ql^2 / 12$, а момент в прогоні — величини моменту балки, вільно опертої на опорах $M = ql^2 / 8$.

Типологія рам дуже широка. Кожна із цих схем може відрізнитись варіантами опирання стійок, обрисом ригеля, наявністю або відсутністю шарнірів і зтяжок.

Зтяжки в рамах, так як і в арках, встановлюють для того, щоб сприйняти розпір. На відміну від арок, де зтяжки, як правило, розміщуються на рівні опор, в рамах їх нерідко встановлюють і вище. Окрім зменшення розпору їх встановлення сприяє зниженню величини моментів у карнизних вузлах. Важливу роль в цьому випадку відіграє жорсткість $E_3 A_3$ зтяжки (де E_3 — модуль пружності матеріалу зтяжки; A_3 - площа її поперечного перерізу). Чим жорсткість вища, тим більшу частину розпору вона сприймає на себе.

Однією із задач раціонального проектування рам являється зниження величини згинального моменту в прольоті ригеля. Це може бути досягнуто двома шляхами:

- збільшенням від'ємного моменту M_k в карнизному вузлі (оскільки $M_{IIp} = M_0 - M_k$)

- створенням в прольоті моменту протилежного знака.

Перший шлях передбачає використання наступних конструктивних прийомів:

- збільшення жорсткості стійок;
- повне затиснення опор стійок, тобто перехід від двохшарнірної схеми до безшарнірної;
- обладнання консолей на кінцях ригеля;
- зсув опорних шарнірів від осі стійки усередину приміщення.

Другий шлях – використання ефекту попереднього напруження, зміст якого полягає в створенні моментів протилежного знака (рис.1).

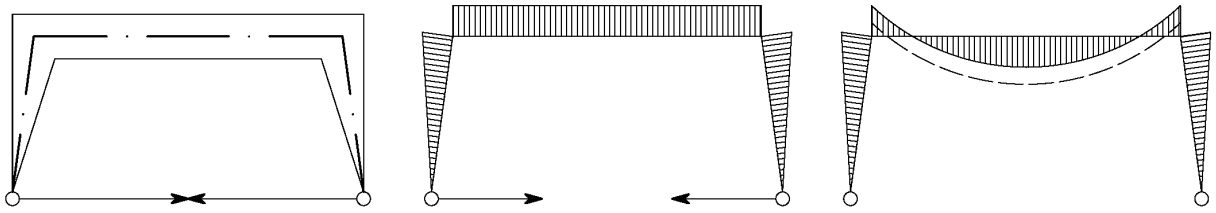


Рис.1а. Способи попереднього напруження простих рам:
стягування кінців стійок

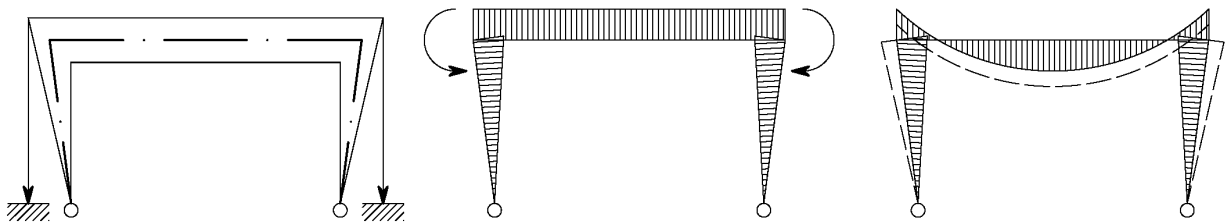


Рис.1б. Способи попереднього напруження простих рам:
вертикальні відтяжки

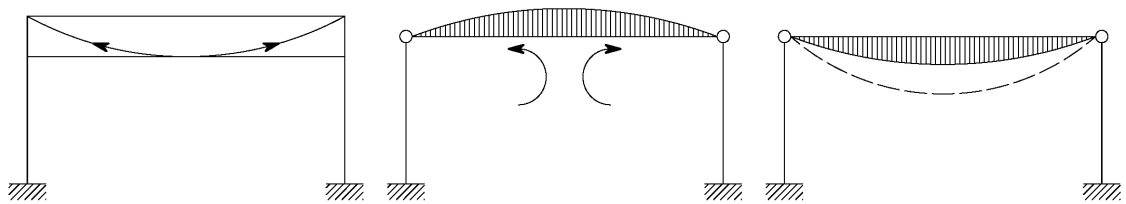


Рис.1в. Способи попереднього напруження простих рам:
криволінійна затяжка в ригелі

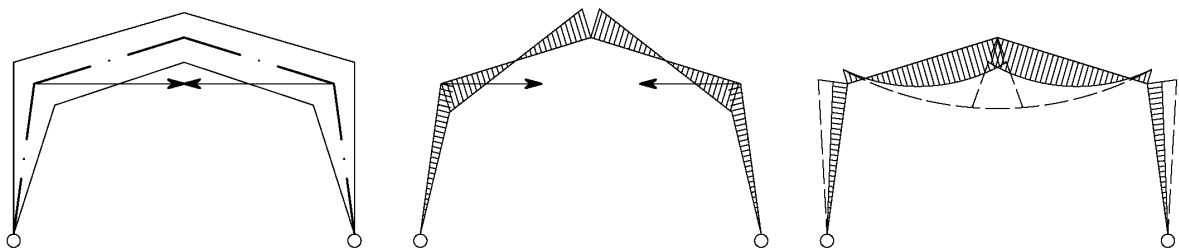


Рис.1г. Способи попереднього напруження простих рам:
стягування кутів рами

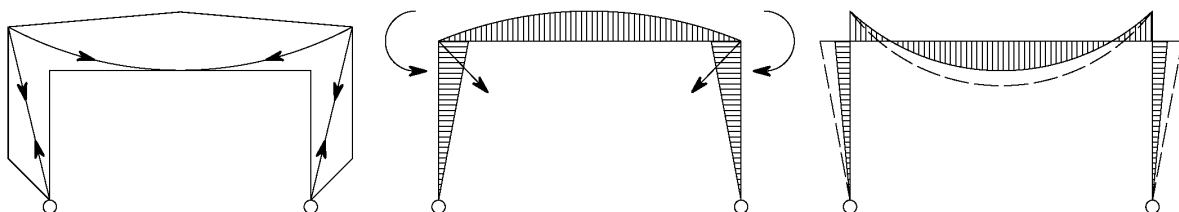


Рис.1д. Способи попереднього напруження простих рам:
затяжка в ригелі і стійках

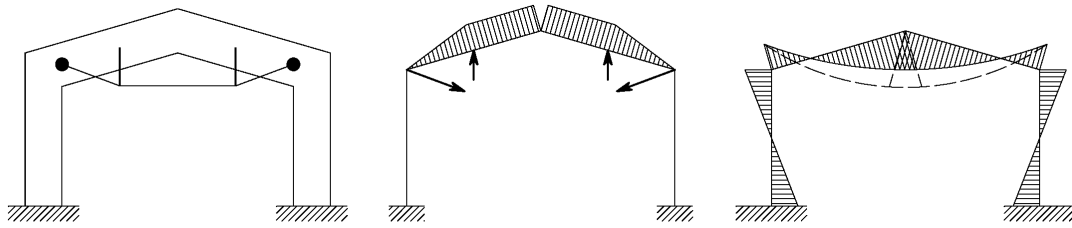


Рис. 1е. Способи попереднього напруження простих рам: зовнішня затяжка, яка створює підпруги для ригеля.

До значного зниження величини пролітного моменту і до деякого зниження величини розпору (а отже, і моменту в карнизному вузлі) може привести збільшення стріли підйому двоскатного ламаного або криволінійного ригеля. Однак цей захід серйозно змінює обриси споруди і тому має бути пов'язаний з її архітектурою та функцією.

Ригелем рами може служити кроквяна ферма при порівняно гнучких стійках. Рами зі східчастими стійками широко поширені в архітектурі одноповерхових промислових будинків як основний тип поперечних рам каркаса.

Розпір рам, як і арок, сприймають фундаменти, масивні конструкції споруд, що примикають, або затяжки, які зазвичай розміщують в підлозі або під нею. Для рамної конструкції, щоб забезпечити нормальну експлуатацію та міцність конструкції в цілому проводять статичний розрахунок. Рами розраховують на дію всіх видів навантажень, звичайних для ферм і арок. Однак для поперечних рам промислових споруд характерні ще і кранові навантаження — вертикальні (як правило, ексцентрично прикладені до стійок) і горизонтальні (від гальмування візка).

При попередньому розрахунку рами, що виконується з метою правильного визначення перерізів, необхідного для будь-якої статично невизначної системи, вважають, згинальний момент в ригелі:

$$M_p = (0,6 \dots 0,8) M_{\delta}$$

Перерізи стійок беруть приблизними, розраховуючи їх при цьому на центральний стиск зусиллями, збільшеними в 1,5...2 рази, з урахуванням впливу згинальних моментів. Уточнений статичний розрахунок починається з визначення опорних реакцій рами: F_v , F_h і M_{on} , формули для обчислення яких є відомими з курсу будівельної механіки. Там же приведені формули згинальних моментів у вузлах рами.

Подальший розрахунок передбачає встановлення характеру розподілення по довжині елементів рами згинальних моментів, поздовжніх і поперечних сил. Наочне уявлення про напружений стан рами дають сумарні епюри M , N , Q .

Вони допомагають виявити найбільш невідгідне для кожного вузла або стержня рами поєднання навантажень.

Форми рам, як і арок, пов'язані з характером розподіленням згинальних моментів по довжині ригеля і стійок і в якійсь мірі копіюють епюри M .

Склад перерізу елементів рами (ригеля, стійок) визначається його виглядом і залежить від:

- прольоту рами
- висоти стійок
- вибраного співвідношення жорсткостей елементів рами
- величини навантаження
- фізико-механічних властивостей матеріалів.

Впливають також міркування технології виготовлення і монтажу, а також умови транспортування виробу від заводу-виробника до будівельного майданчика.

Конструктивна висота (висота перерізу) ригеля визначається головним чином величиною згинального моменту в прольоті M_{np} . Як правило, вона менша, ніж висота балки або ферми такого ж прольоту, що пояснюється розвантажувальним впливом вузлових моментів в кінцях ригеля. Характерний для простої рами карнизний вузол, де порушується плавність контуру геометричної осі, вимагає відповідного посилення кута рами, що досягається або збільшенням висоти перерізу рами або введенням розпірки, що являє собою в деяких рамах підкіс, який утворює наскрізну двовіткову стійку. У наскрізних рамах в зоні карнизного вузла збільшують відстань між поясами.

Перевірка напруження в елементах рам виконується по формулах для стиснуто-вигнутих елементів. Зусилля в стержнях наскрізних (решітчастих) рам визначають за формулами

$$N_{B.П.} = -N/2 \pm M/h; D = \pm Q \cos \gamma$$

для арок або ж побудовою діаграми Максвелла-Кремони.

Розрахунок рам змішаного типу, в яких при суцільних стійках ригель представляє собою кроквяну ферму, виконується в два етапи:

- спочатку визначають зусилля у фермі від вертикального навантаження.
- потім додають до них зусилля, викликані дією вузлового моменту M_k від вертикальних і горизонтальних сил. Для цього момент представляють у вигляді пари сил:

$$N_k = M / h_0,$$

де h_0 – висота ферми біля опори

Критичну силу, при якій можлива втрата стійкості рами визначають за формулою:

$$N_{cr} = \pi^2 EI / l_{ej}^2$$

Отже, не дивлячись на таку простоту зовні рамних конструкцій, все ж таки за допомогою них можна в разі скоротити терміни будівництва будівлі чи споруди, забезпечити максимально вільний внутрішній простір при експлуатації, скоротити об'єм будівельних матеріалів на зведення будівлі, а головне – це міцна і надійна конструкція, а це в свою чергу одні із вагомих показників у будівництві.

Список використаних джерел

1. Инженерные конструкции. Учеб. для вузов по спец. «Архитектура»/ В.Н. Голосов, В.В. Ермолов, Н.В. Лебедева и др.–М.: Высш. шк., 1991–408 с.: ил.
2. Строительная механика / Под редакцией А. В. Даркова. – М., Высш. школа, 1976. –660 с.
3. Киселев В.А. Строительная механика. Специальный курс. – 3-е изд., испр. И доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.
4. Ю.Ф. Бучок. Будівельні конструкції. Основи розрахунку. - Київ, Вища школа, 1994.-430с.

АННОТАЦИЯ.

Рамная каркасная конструкция - разновидность нового строительного конструирования. Цель данной статьи - предоставление обобщенной информации об одной из инноваций в сфере конструирования - каркасную рамную конструкцию. В статье изложены данные относительно идентифицирующих черт рамы, ее основных архитектурных и конструктивных особенностей, перечислены характеристики несущей способности, проанализированы преимущества использования в конструкциях, задание и пути рационального проектирования рам.

Ключевые слова: Рамная конструкция, каркасная конструкция, несущая способность, проектирование рам.

ANNOTATION

A frame framework construction is a variety of the new building constructing. An aim of this article is a grant of the generalized information about one of innovations in the field of constructing - framework frame construction. In the article data are expounded in relation to the identifying lines of frame, her basic architectural and structural features, descriptions of bearing strength, are enumerated advantages of the use are analyzed in constructions, task and ways of the rational planning of frames.

Keywords: Frame structure, skeleton construction, bearing capacity, design frames.