

Виберіть форму подання навчального матеріалу

[Докладне подання](#)

✓ [Скорочене подання](#)

10. Плоскі рами

Зміст глави

[10.1. Класифікація статично визначуваних рам](#)

[10.2. Визначення опорних реакцій](#)

[10.3. Внутрішні зусилля в перерізах рам](#)

[10.4. Техніка побудови епюр внутрішніх зусиль](#)

[10.5. Перевірка епюр внутрішніх зусиль](#)

[Запитання для самоперевірки](#)

10.1. Класифікація статично визначуваних рам

Рамою називають систему, що складається з прямолінійних стержнів, які поєднуються між собою у вузлах, причому принаймні деякі з вузлів є жорсткими. Вертикальні стержні або такі, що наближаються до вертикальних, називають **стояками**, а горизонтальні або майже горизонтальні – **ригелями** (рис.10.1).

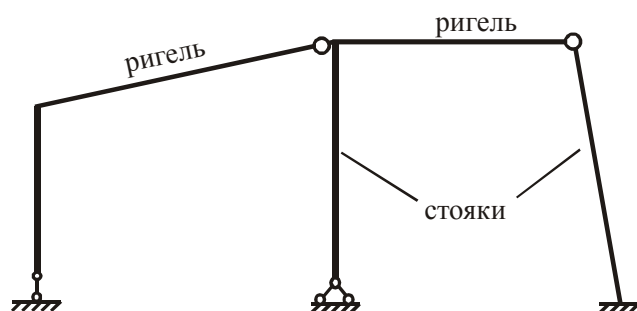


Рис.10.1

Всю сукупність статично визначуваних плоских рам можна розподілити на прості і складені. До простих можна віднести рами, для яких структурний (якісний) етап кінематичного аналізу здійснюється за один етап, тобто такі, що утворюються з двох або трьох дисків (включаючи диск – “земля”) за допомогою звичайних засобів з’єднання дисків (див. розділ 2).

До складених можна віднести рами, для яких структурний (якісний) етап кінематичного аналізу здійснюється більше, ніж за один етап. Частину складеної рами, що відповідає одному етапу, умовно називатимемо “поверхом”. Кожен “поверх” може розглядатись як проста рама, і тому складену раму можна розглядати як сукупність кількох простих рам.

10.2. Визначення опорних реакцій

Опорні реакції в рамах визначаються методом перерізів. При цьому рама або її частина відокремлюється від опор. Замість розсічених в'язей прикладаються реакції, після чого для відокремленої частини складаються рівняння рівноваги, розв'язок яких визначає величини опорних реакцій.

При розрахунку складених рам необхідно обчислювати не тільки опорні реакції всієї складеної рами, а й опорні реакції рам кожного “поверху”. Ці реакції визначаються для кожного “поверху” окремо. Обчислення опорних реакцій слід розпочати з рами найвищого “поверху”, після чого можна переходити до наступного нижнього “поверху” тощо. До “поверху”, що розраховується, крім заданих зовнішніх навантажень, необхідно прикласти опорні реакції верхнього поверху як вже відомі зовнішні сили.

10.3. Внутрішні зусилля в перерізах рам

Внаслідок дії зовнішніх навантажень в перерізах плоских рам виникають внутрішні зусилля: згинальні моменти, поздовжні сили й поперечні сили. Розрахунок рам полягає в обчисленні зусиль і в побудові графіків їх розподілу в стержнях. Означені графіки називають **епюрами** внутрішніх зусиль.

Згинальний момент у перерізі стержня рами обчислюється як сума моментів усіх сил, що прикладені до рами по один бік від перерізу, відносно центра тяжіння перерізу. Так, правило обчислення згинального моменту в перерізі стержня рами $k-k$ можна записати у вигляді формули

$$M_{k-k} = \sum M_{k-k}, \quad (10.1)$$

де знак суми поширюється на одну з частин, на які переріз поділяє раму.

Знаки згинальних моментів для рам не визначені. При побудові епюри ординати на стержнях рам прийнято відкладати від розтягнутих волокон.

Поперечна сила в перерізі $k-k$ стержня рами обчислюється як сума проекцій усіх сил, розташованих по один бік від перерізу, на нормаль n до осі стержня в цьому перерізі

$$Q_{k-k} = \sum F_{n,k-k}. \quad (10.2)$$

За цією формулою підсумовуються всі сили, що прикладені до однієї з частин рами. Поперечна сила вважається додатною, якщо вона намагається повернути відповідну частину стержня відносно перерізу за годинниковою стрілкою.

Поздовжня сила в перерізі $k-k$ стержня рами обчислюється як сума проєкцій всіх сил, розташованих по один бік від перерізу, на напрям t осі стержня в цьому перерізі:

$$N_{k-k} = \sum F_{t,k-k}. \quad (10.3)$$

Тут також беруть до уваги всі сили, які діють на одну з частин рами. Поздовжня сила вважається додатною, якщо вона розтягує переріз.

У разі, якщо опорні реакції задовольняють умовам рівноваги, внутрішні зусилля, обчислені із розгляду лівої й правої частин рами, матимуть ті ж самі величини. На цій підставі при виконанні практичних розрахунків слід розглядати ту частину рами, на яку діє менша кількість зовнішніх сил, тобто ту, для якої простіше виконувати обчислення.

Зазначений спосіб визначення внутрішніх зусиль застосовується при розрахунку простих рам. Такий підхід дає можливість іноді, але не завжди, обчислити зусилля і для деяких складених рам. Загальний спосіб розрахунку полягає в розкладі складених рам на окремі “поверхи”. В такому разі розрахунки внутрішніх зусиль виконуються для кожного “поверху” окремо.

10.4. Техніка побудови епюр внутрішніх зусиль

При побудові епюр виникає необхідність обчислювати зусилля у великій кількості перерізів. Істотне скорочення перерізів може бути одержано за рахунок використання правил побудови епюр у стержнях, відомих з курсу опору матеріалів:

- Якщо на ділянці стержня відсутнє будь-яке зовнішнє навантаження, то епюра згинальних моментів змінюється за лінійним законом, а поперечні й поздовжні сили є постійними. Тому для побудови епюри M достатньо обчислити згинальні моменти в двох перерізах ділянки, а для побудови епюр Q і N – величини поперечних і поздовжніх сил в одному перерізі.
- Якщо на ділянці стержня розташоване розподілене навантаження, то згинальні моменти змінюються за нелінійним законом (у випадку, коли навантаження розподілене рівномірно – за законом квадратної параболи), і тому для побудови епюри M необхідно обчислити згинальні моменти принаймні в трьох перерізах ділянки. Епюри Q і N при дії рівномірно розподіленого навантаження змінюються за лінійним законом, і тому необхідно обчислювати відповідні величини в двох перерізах. Якщо ж навантаження розподілене нерівномірно, то

величини Q і N змінюються за нелінійним законом і для побудови їхніх епюр необхідно обчислювати відповідні величини не менш ніж у трьох перерізах ділянки.

Отже, для побудови епюр необхідно насамперед розбити раму на окремі ділянки. Межами ділянок можуть бути:

- місця поєднання двох або більше стержнів;
- перерізи, в яких прикладено зовнішні зосереджені сили або моменти;
- місця початку і закінчення розподілених навантажень.

Далі для кожної ділянки треба призначити перерізи для обчислення згинальних моментів, поперечних і поздовжніх сил, визначити відповідні величини і побудувати їхні епюри.

10.5. Перевірка епюр внутрішніх зусиль

Перевіряються побудовані епюри шляхом аналізу рівноваги вузлів або будь-яких фрагментів розрахункової схеми, до яких прикладаються зовнішні завантаження, а також внутрішні зусилля, які вибираються з побудованих епюр. До того ж перевіряється відповідність між епюрами згинальних моментів і поперечних сил

$$Q = \frac{dM}{dx}. \quad (10.4)$$

Тут x – координата перерізу, яка вимірюється вздовж стержня (координата абсцис локальної системи координат стержня). Виходячи з геометричного змісту похідної можна вважати, що поперечна сила в перерізі стержня дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до епюри M в даному перерізі до стержня. Якщо дотична відхиляється від стержня за годинниковою стрілкою, то поперечна сила в перерізі буде додатною. Крім того, нульова точка на епюрі Q відповідатиме екстремуму на епюрі M .