

**ТЕМА : РОЗРАХУНОК МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА МІЦНІСТЮ.
РОЗТЯГ**

Робота центральнорозтягнутих елементів під навантаженням описується діаграмою розтягу металу. Розрахунок таких елементів виконують за формулою

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq R_y \gamma_c, \quad (4.4)$$

де N – осьове зусилля розтягу; A_n – площа поперечного перерізу нетто за вирахуванням усіх змін перерізу, отворів тощо; R_y – розрахунковий опір сталі, який залежить від марки сталі; γ_c – коефіцієнт умов роботи конструкцій, який враховує умови експлуатації, тип конструкцій, характер роботи (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Коефіцієнти умов роботи

Елементи конструкцій	γ_c
Суцільні балки і стиснуті елементи ферм перекриттів, якщо вага перекриттів дорівнює або більше, ніж тимчасове навантаження	0,9
Колони цивільних та промислових будівель і опор водонапірних башт	0,95
Стиснуті основні елементи (окрім опорних) решітки складеного таврового перерізу з кутиків зварних ферм, якщо гнучкість більше або дорівнює 60	0,8
Суцільні балки при розрахунках на загальну стійкість	0,95
Затяжки, тяги, відтяжки, підвіски, виконані з прокатної сталі	0,9
Елементи стрижаньових конструкцій покриттів і перекриттів: стиснуті (за виключенням замкненим трубчатих перерізів) для розрахунку стійкості	0,95 0,95
розтягнуті у зварних конструкціях розтягнуті, стиснуті, а також стикові накладки (крім конструкцій на високомішних болтах) зі сталі з границею текучості до 440 МПа, які сприймають статичні навантаження для розрахунку міцності	1,05
Суцільні балки і колони складеного перерізу, що сприймають статичні навантаження і виконані на болтових з'єднаннях для розрахунку міцності	1,1
Стиснуті елементи з одиночних кутиків, які прикріплюють однією полицею (для нерівнополичних кутиків – меншою)	0,75

Примітки: 1. Коефіцієнти умов роботи $\gamma_c < 1,0$ у розрахунках одночасно враховувати не потрібно. 2. Для випадків, не обумовлених даною таблицею у формулах приймають $\gamma_c = 1,0$.

Розрахунок на міцність центральнорозтягнутих елементів, експлуатація яких можлива після досягнення металом межі текучості за умови $R_{\sigma}/\gamma_n > R_{\sigma}$, проводять за формулою

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq \frac{R_{\sigma}\gamma_n}{\gamma_n}, \quad (4.5)$$

де R_{σ} – розрахунковий опір сталі розтягу, стиску, згину за межею міцності; $\gamma_n = 1,3$ – коефіцієнт надійності для розрахунків за межею міцності.

Стрижні, які стиснуті осьювою силою, за граничними станами першої групи розраховують на міцність (короткі стрижні) і на стійкість (довгі гнучкі стрижні). *Короткими* називають такі стрижні, довжина яких перевищує найменший поперечний розмір не більш ніж у п'ять...пять разів.

Якщо розтягуюча сила прикладена з ексцентриситетом e , то в елементі виникає згинальний момент M , і перевірку міцності виконують за умовою

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} \leq \frac{R_{\sigma}\gamma_n}{\gamma_n}, \quad (4.6)$$

де W_n – момент опору поперечного перерізу нетто; γ_n – коефіцієнт надійності щодо призначення конструкції.

Крім міцності необхідно також перевіряти гнучкість розтягнутих елементів за умовою

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \leq [\lambda], \quad (4.7)$$

де l_{ef} – розрахункова довжина елемента, i – радіус інерції поперечного перерізу, $[\lambda]$ – гранична гнучкість елемента, яку приймають за таблицею 4.2.

4.3.2. Згин. Граничний стан елементів, що працюють в умовах деформації згину та виконані зі сталі високої міцності, визначається

втратою їхньої несучої здатності внаслідок в'язкого руйнування на сталі пружної роботи металу. Вичерпання несучої здатності перерізу за міцністю настає внаслідок досягнення найбільшими напруженнями у крайніх точках перерізу розрахункового опору.

Розрахунок на міцність елементів, що згинаються, виконується за формулою

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_{x,\text{об}}} \leq \frac{R_y \gamma_s}{\gamma_s} \quad (4.8)$$

Міцність за дотичними напруженнями перевіряють за виразом

$$\tau_{\max} = \frac{QS_x}{I_x t_w} \leq \frac{R_y \gamma_s}{\gamma_s} \quad (4.9)$$

де Q – поперечна сила у небезпечному перерізі; S_x – статичний момент половини площі поперечного перерізу відносно нейтральної осі; I_x – момент інерції всього поперечного перерізу; t_w – товщина стінки балки.

Розрізні складені балки зі сталі з межею текучості до 580 МПа, які перебувають під дією статичного навантаження, не втрачають загальну стійкість, дотичні напруження в яких $\tau \leq 0,9R_y$ (крім опорних перерізів) слід розраховувати за міцністю з урахуванням збільшення пластичних деформацій.

Для балок змінного перерізу допустимий розвиток пластичних деформацій тільки в одному перерізі з найбільш несприятливим сполученням згинаючого моменту та поперечної сили. У решті випадків розвиток пластичних деформацій недопустимий.

Пружнопластичну роботу у балках з алюмінієвих сплавів не враховують, тому що сплави не мають ділянки текучості.

В елементах, які працюють на згин, крім нормальних напружень σ від згинаючого моменту діють ще й дотичні напруження τ від поперечної сили. Зведені напруження, які відповідають розповсюдженню пластичних деформацій по всьому перерізу та утворенню шарніра пластичності при

сумісній дії σ та τ , перевіряють за формулою

$$\sigma_{red,max} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,15R_y \gamma_s. \quad (4.10)$$

Таблиця 4.2

Гранична гнучкість елементів $[\lambda]$

Елементи конструкції	При стисканні	При розтяганні та дії навантажень		
		статичних	динамічних	кранів особливого режиму роботи
Основні колони	120	-	-	-
Другорядні колони, стояки фахверка, ліктарів тощо, елементи решіток колон	150	-	-	-
Пояси і опорні розкоси і стояки плоских ферм і структур, які передають опорні реакції	120	400	250	250
Інші елементи ферм і структур	150	400	350	300
Нижні пояси підкранових балок і ферм	-	-	-	150
Елементи вертикальних в'язів між колонами (нижче підкранових балок)	150	300	300	200
Інші елементи в'язів	200	400	400	300
Стрижні, які служать для зменшення розрахункової довжини стиснутих стрижнів, та інші неробочі елементи	200	-	-	-
Верхні пояси кроквяних ферм у процесі монтажу (граничну гнучкість після завершення монтажу приймають згідно п.3)	220	-	-	-

Якщо допустити збільшення навантаження на елемент, то максимальні напруження виникнуть тільки у крайніх волокнах, але частково поширюються і на стінку, тобто настає пластична стадія у роботі елементу.

З ростом навантаження текучість матеріалу поширюється в глибокий переріз від країв до нейтральної осі, і тим глибше, чим вищий рівень навантаження. З огляду на спрощену та ідеалізовану діаграму деформування сталі можна отримати прямокутну епюру напружень, що відповідає текучості матеріалу всього перерізу. В цьому випадку подальше деформування елемента відбувається без збільшення навантаження, оскільки матеріал тече. Тобто ліва та права частини балки повертаються одна відносно одної. Створюється враження, ніби у місці дії максимального моменту виник шарнір. Це явище називають шарніром пластичності.

Пластичний момент опору W_{pl} більший від звичайного W для прямокутного профілю на 50%, для двотаврів – 12%, для швелерів – 13%.

При згинанні елемента в двох площинах відносно осей x та y розрахунок виконується за формулою

$$\sigma_{tot} = \frac{M_x}{W_{mx}} + \frac{M_y}{W_{my}} \leq R_s \gamma_s \quad (4.11)$$

Перевірка жорсткості вигнутих елементів полягає в тому, щоб відносний прогин f/l не перевищував допустимого.

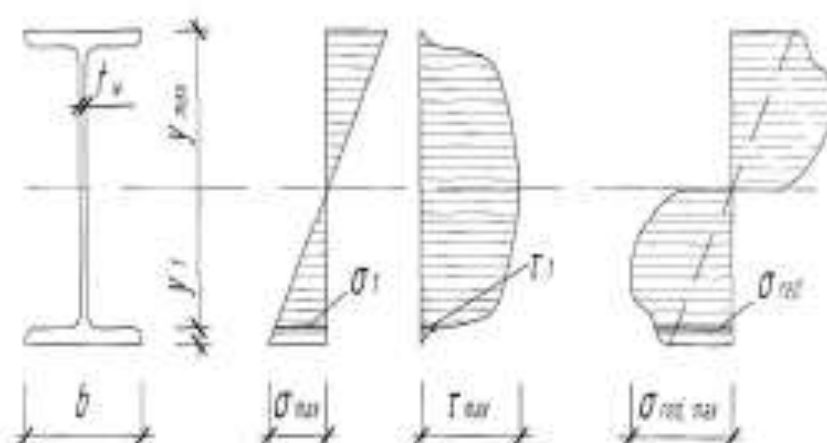


Рис. 4.5. Епюри напружень у двотавровому перерізі балки.

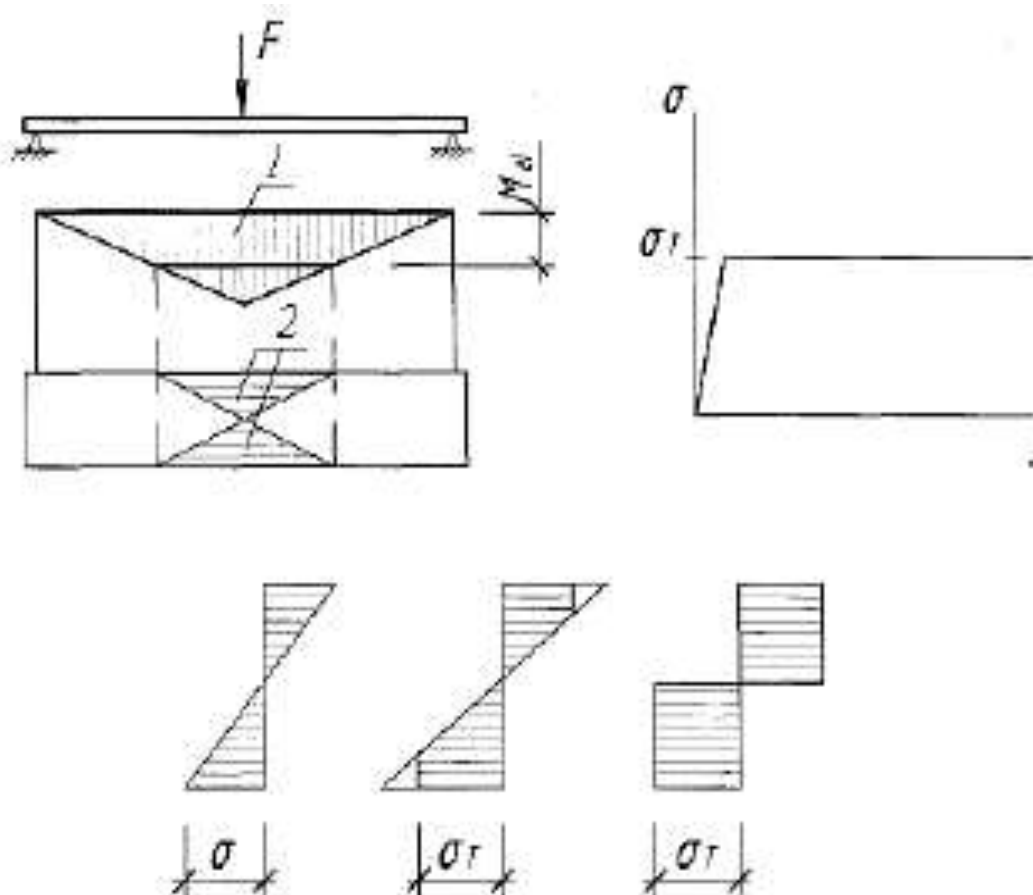


Рис. 4.6. Послідовність розвитку напружень під дією згинального моменту: *a* – схема балки; *b* – ідеалізована діаграма розтягу сталі; *c*, *d*, *e* – послідовні етапи зміни епюри напружень; *l* – епюра моментів; *2* – зони пластичних деформацій.

Для балок, завантажених по всій довжині рівномірно розподіленим навантаженням, перевірку виконують за умовою

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_n l^3}{EI_x} \leq \left[\frac{f}{l} \right], \quad (4.12)$$

де q_n – нормативне навантаження на балку; E – модуль пружності сталі, $E=2,06 \cdot 10^5$ МПа.