

РОЗРАХУНОК НЕСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДЛОГИ ЗА МЕТОДОМ ГРАНИЧНОГО СТАНУ

Здійснено аналіз роботи несних елементів підлоги та схем їх навантаження. Запропоновано метод граничного стану для розрахунку таких елементів. Отримано залежності для визначення пластичного моменту опору перерізу і обґрунтовано доцільність використання такого методу для розрахунку несних елементів підлоги.

*Prof. M.P. Martynciv; research officer B.M. Myakush;
assoc. prof. A.L. Acberger – NUFWT of Ukraine, L'viv*

The calculation of floor carcass within the boundary state technique

The analysis of performance for floor carcass elements and charts of their loading have been conducted. The technique of the boundary state is offered for the calculation of such elements. Dependences are got for determination of plastic moment of cross-cut resistance and expedience of such technique using for the calculation of floor carcass elements was grounded.

Верхній шар підлог житлових та громадських будинків повинен мати естетичний вигляд, бути стійким до стирання під дією зовнішніх навантажень. Матеріал підлоги повинен бути "теплим", тобто мати низький коефіцієнт теплопровідності та мати інші спеціальні властивості, які визначаються типом приміщення та умовами його експлуатації. Однак верхній шар підлоги з усіма об'єктами, що знаходиться в приміщенні, опирається на несний шар підлоги, яким є дошки та бруси. Такі елементи працюють на згин. Найбільш перспективним сучасним методом розрахунку є метод граничного стану [1, 2]. Розрахункову схему такого елемента можна представити у вигляді балки, рис. 1.

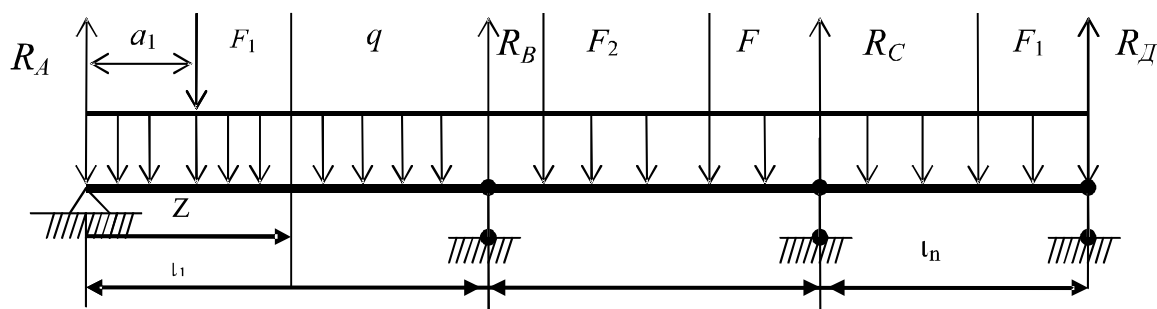


Рис. 1. Розрахункова схема несних елементів підлоги: R_A і R_B і R_C і R_D – опорні реакції; F_1 ; F_2 , ... F_K – зовнішні сили, що діють на підлогу; q – рівномірно розподілене навантаження; l_1 ... l_n – довжина прольотів несних елементів

Для заданої балки, схема навантаження якої визначається умовами роботи підлоги, знаходимо максимальний згинальний момент, що виникає в небезпечному поперечному перерізі за відомими методами [1],

$$M_{(z)} = R_A \cdot Z - \frac{qZ^2}{2} - \sum_{i=1}^n F_i (Z - \alpha_i), \quad (1)$$

Поки зовнішнє навантаження, що діє на несний елемент (брус), не перевищує небезпечної границі, волокна отримують тільки пружні деформації, а поперечний переріз зберігає пружний стан до моменту, коли в крайніх волокнах появляться напруження текучості.

На основі прийнятих положень робота симетричного, відносно вертикальної осі, перерізу в місці найбільшого згинного моменту представляється в такому вигляді (див. рис. 2) [1, 2]:

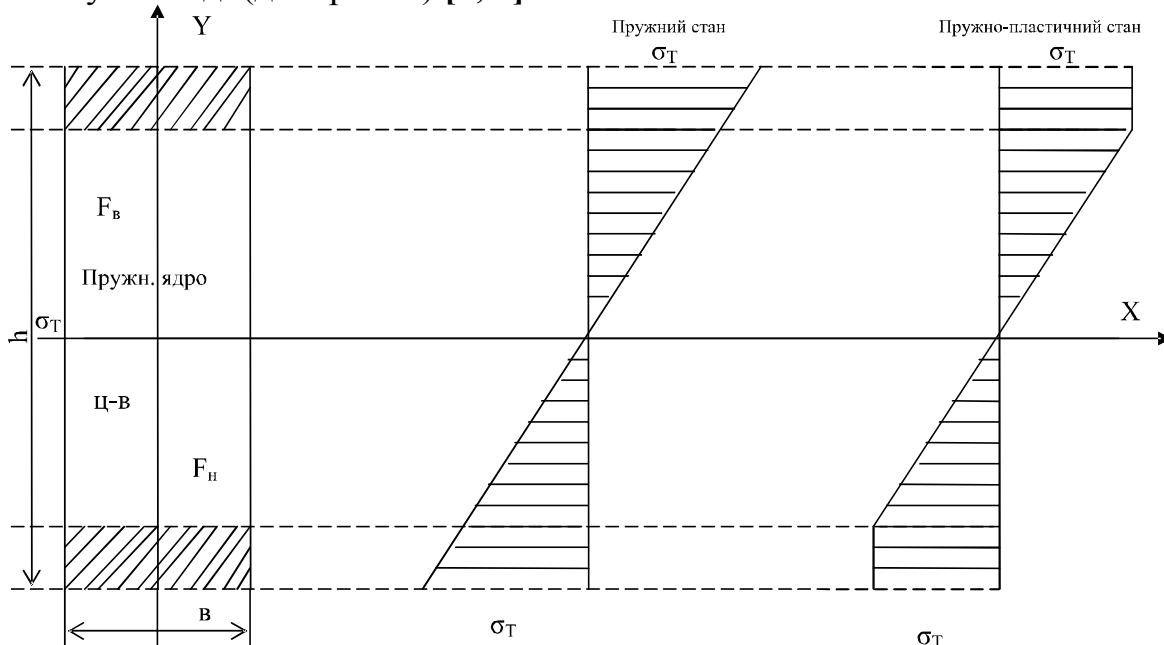


Рис. 2. Схема розподілу напружень в поперечному перерізі при пружному граничному стані

Згинний момент, який сприймається перерізом, дорівнюватиме:

$$M_{зг.} = \sigma \cdot W_x, \quad (2)$$

де: σ – напруження в крайніх волокнах, що змінюється від нуля до свого максимального значення σ_m ; W_x – момент опору поперечного перерізу.

При зростанні зовнішнього навантаження напруження текучості проникають в середину бруса і його пружна частина зменшується. Поперечний переріз, таким чином, переходить в пружнопластичний стан. Коли напруження текучості досягне нейтральної лінії, переріз перейде в граничний чисто пластичний стан. Епюра напружень буде складатися з двох прямокутників різного знаку, аналогічних епюрам напружень при центральному розтягу-стиску, (рис. 3).

Величину граничного моменту при пластичному стані можна визначити з виразу:

$$M_T = \int_{F_g} y \sigma_T \cdot dF_g + \int_{F_H} y \sigma_T \cdot dF_H = \sigma_T (S_g + S_H), \quad (3)$$

де: F_g і F_H – відповідно, площі верхньої і нижньої зон текучості відносно нейтральної осі; y – віддалі від центру елементарних площин dF_g і dF_H до нейтральної, S_g і S_H – статичні моменти площ верхньої та нижньої зон текучості відносно нейтральної осі, взяті зі знаком плюс.

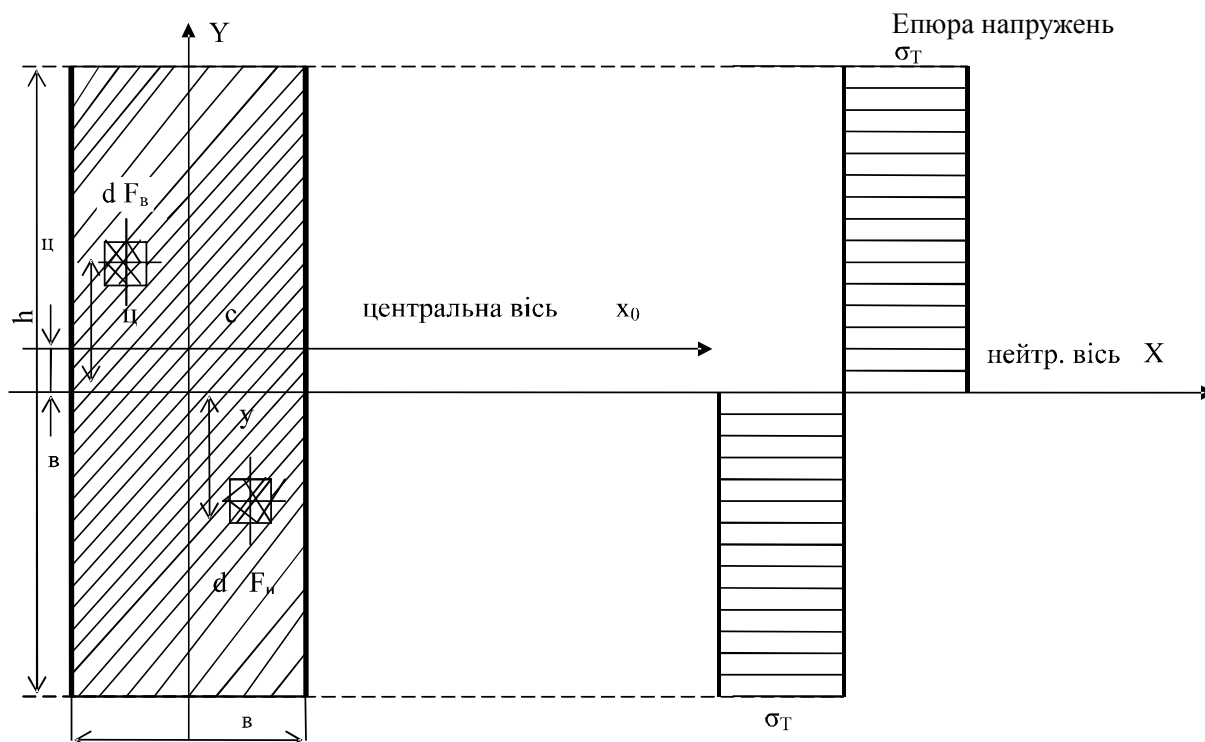


Рис. 3. Схема розподілу напружень в поперечному перерізі при граничному чисто пластичному стані

Введемо поняття пластичного моменту опору, який дорівнює:

$$W_T = S_g + S_H, \quad (4)$$

Тоді залежність (3) можна представити в такому вигляді:

$$M_T = \sigma_T \cdot W_T, \quad (5)$$

Положення нейтральної осі перерізу визначається на основі рівняння проекцій внутрішніх сил на нормаль до перерізу:

$$\int_{F_g} \sigma_T \cdot dF_g - \int_{F_H} \sigma_T \cdot dF_H = 0, \quad (6)$$

$$\text{звідки отримуємо} \quad F_g = F_H = 0,5F, \quad (7)$$

де F – площа перерізу

Тобто, в чисто пластичному стані нейтральна вісь ділить площу перерізу на дві рівновеликі частини. Отже, тільки в симетричних, відносно горизонтальної осі, перерізах вона проходить через центр ваги перерізу, а в несиметричних – зміщується на величину

$$e = \frac{S_g - S_H}{F}.$$

Тоді вираз (4) для пластичного моменту опору можна представити в такому виді:

$$W_T = 2S = F \cdot c, \quad (8)$$

де: S – статичний момент половини перерізу відносно центральної осі Z_0 ; c – віддаль від центру ваги півперерізу до центральної осі.

Для несних конструкцій підлог найбільш часто використовуються балки прямокутного перерізу. Якщо висоту і ширину позначити відповідно h та b , отримаємо:

$$W_T = bh \cdot \frac{h}{4} - \frac{bh^2}{4} = 1,5 \frac{bh^2}{6} = 1,5W_x. \quad (9)$$

Аналогічно можна визначити пластичні моменти опору для перерізів інших форм.

Як видно $W_T > W_x$, що показує можливість більш економних рішень порівняно з розрахунком за допустимими напруженнями.

Розв'язавши рівняння (1) для конкретних схем навантаження несної балки підлоги, можна записати умову міцності в такому виді:

$$M_{\max} \leq \frac{\sigma_T \cdot W_T}{K_T}, \quad (10)$$

де: $M_{\max}$ – максимальний згинальний момент, що виникає в перерізі балки; K_T – коефіцієнт запасу міцності. Скориставшись умовою (10), можна розв'язати три типи задач: підбір перерізу; визначення допустимого навантаження; перевірку запасу міцності.

Покажемо на прикладі практичне використання методу граничного стану, проаналізувавши несну здатність статично-невизначеної балки, защемленої двома кінцями, схема якої наведена на рис. 4.

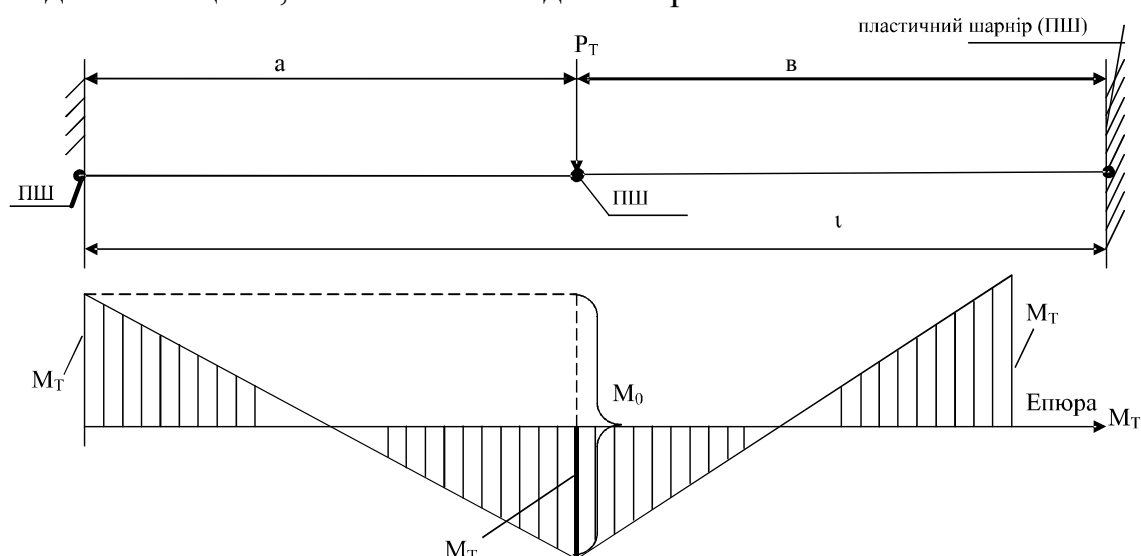


Рис. 4. Схема робота та зміни внутрішніх зусиль для балки

У пружному стані згинний момент досягає найбільшої величини в лівому опорному перерізі (при $a < b$), [1]. При зростанні навантаження тут виникає умовний пластичний шарпір з граничним моментом M_T , який визначається за формулою (5). Балка при цьому перетворюється в один раз статично невизначену. При подальшому зростанні навантаження момент на лівій опорі (відповідно до ідеалізованої діаграми напружень-деформацій) буде зберігати своє постійне значення M_T , а момент у правому опорному перерізі буде зростати, поки не досягне граничної величини M_T (рис. 4). Тут появиться другий пластичний шарпір, і балка перетвориться в статично визначену сис-

тему. Нарешті, при деякому значенні навантаження P_T в місці максимального моменту у прольоті виникає третій пластичний шарнір з моментом M_T . Балка перетворюється в геометрично змінну систему, несна здатність її буде вичерпана. Тобто навантаження P_T буде граничним, руйнівним. В такій конструкції відбувається вирівнювання опорних та пролітного моментів. Запропонувавши метод граничного стану, дає змогу повністю використати ресурс конструкції, що розраховується, а введенням коефіцієнта запасу міцності забезпечити її надійність залежно від умов роботи.

Література

1. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наук. думка, 1988. – 734 с.
2. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. – К.: Наук. думка, 1972. – 506 с.

УДК 531.1

Доц. В.Р. Пасіка, канд. техн. наук;
студ. П.І. Бегень – Українська академія друкарства, м. Львів

АВТОМАТИЗОВАНИЙ СИНТЕЗ КОМБІНОВАНИХ ЗАКОНІВ РУХУ ВАЖІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ З ДІЛЯНКОЮ СТАЛОЇ ШВИДКОСТІ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ

Розглянуто питання покращення кінематичних і динамічних характеристик циклових механізмів шляхом синтезу комбінованих законів руху вихідної ланки. Синтезовано комбінований закон руху вихідної ланки з ділянкою сталої швидкості. Проведено обчислення для випадку, коли розгін відбувається за синусоподібним законом, а вибіг – за косинусоподібним. Для проведення обчислень розроблено програму в середовищі MATLAB.

Ключові слова: комбінований закон руху, кінематичні інваріанти, циклові механізми.

Assist. prof. V.R Pasika, stud. P.I. Begen – Ukrainian Academy of Printing

Automated synthesis of combined motion laws of level mechanisms with the section of constant speed of outgoing link

The problem of improving of kinematic and dynamic characteristics of the cycle mechanisms with the help of synthesis of combined motion laws of the outgoing link has been considered. A combined motion law of the rocker arm with the section of constant speed has been synthesized. A calculation of the case when the acceleration occurs according to the sinusoidal law, and braking – according to the co sinusoidal one has been made. A program in MATLAB environment for making calculations has been created.

Keywords: combined motion law, kinematic invariants, cycle mechanisms.

Якщо усередині циклу спостерігаємо рух вихідної ланки зі сталою швидкістю, то такий закон руху належить до комбінованих [1]. Основні закономірності комбінування законів руху, які необхідно враховувати при їхньому синтезі, наведено у [2].

Синтез інваріантів комбінованого закону руху

Для порівняння чи дослідження законів руху вихідних ланок циклових механізмів найбільш зручними є методи, що базуються на відносних, без-