

УДК 621.873

Опенько С.Ю., Крупко В.Г., к.т.н.

ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАНОК ГУСЕНИЧНИХ РУШІЇВ ЕКСКАВАТОРІВ

Вступ. Розвиток будівельної галузі неможливий без великих обсягів землерийних робіт. Так в Україні на цей час всі будівельні матеріали видобувають відкритим способом, внаслідок чого з'являється необхідність в машинах – екскаваторах, за допомогою яких здійснюється екскавация ґрунту [1].

Як ходове встаткування на таких екскаваторах застосовуються гусеничні рушії. Гусеничний хід забезпечує пересування екскаваторів при побудові котлованів, кар'єрів, видобутку корисних копалин, за його допомогою машини здійснюють маневрування на робочій площадці, подолання підйомів на шляху пересування.

В останні роки у світі постійно посилюються технічні вимоги до конструкції гусеничних рушіїв будівельно-дорожніх машин, оскільки основні вимоги користувачів цього встаткування – це ефективна конструкція із застосуванням прогресивних конструктивних рішень, прийнятна ціна й надійність у роботі, що виключає довгі простой і численні ремонти. При цьому повинна виконуватися умова патентної чистоти й дотримання світових стандартів на продукцію, експортовану на ринок.

Спостереження за роботою кар'єрних екскаваторів показали, що приблизно 20-25% всіх простоїв екскаваторів пов'язано з втратою працездатності механізмів пересування та їх деталей. Найбільш вразливими деталями є гусеничні опорні елементи (траки). Відкази призводять до необхідності частой заміни опорних елементів, що збільшує експлуатаційні витрати на утримання екскаваторів [2].

Актуальність роботи в цьому напрямку обумовлюється тим, що гусеничні механізми пересування, а зокрема гусеничні ланки, на будівельних гусеничних екскаваторах мають недостатньо високий термін служби, а вартість їх висока, тому що виконуються з дорогих легованих сталей [3].

Методика розрахунку раціональних геометричних характеристик гусеничних ланок. При розрахунку згинальних напружень на гусеничну ланку були прийняті слідуєчі вихідні дані:

- матеріал гусеничної ланки;
- початкові геометричні розміри;
- розрахункова схема;
- навантаження на ланку.

Гусенична ланка розраховується, як балка на двох опорах, що навантажена розрахунковим зусиллям [4]. Під час праці екскаватора у забої умовно враховуємо, що ланка спирається на ґрунт у двох точках симетрично розташованих щодо осі гусеничної ланки. Ланка навантажена зосередженим вертикальним зусиллям P . Розрахункова схема гусеничної ланки взагалі має вигляд (рисунок 1).

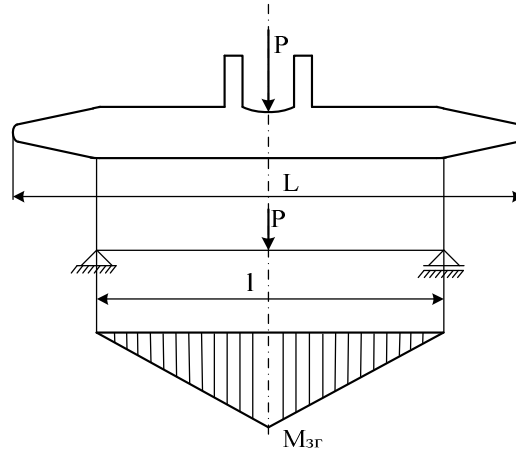


Рисунок 1 – Розрахункова схема гусеничної ланки

Згинальне напруження, виникаюче у середньому перетині ланки під дією навантаження, як балка на двох опорах (найгірший випадок навантаження) визначається за формулою

$$\sigma = \frac{M_{зг}}{W}, \quad (1)$$

де M – згинальний момент у середньому перетині ланки, МПа;
 W – момент опору середнього перетину гусеничної ланки, м³.

$$M = \frac{P \cdot l}{4}, \quad (2)$$

де l – розрахункова довжина гусеничної ланки, м;
 P – навантаження, які діють у середині гусеничної ланки, Н.

$$W = \frac{I_x}{y}, \quad (3)$$

де I_x – момент інерції середнього перетину ланки по відношенню до осі X , яка проходить через центр ваги перетину (рисунок 2), м⁴;

y – відстань від центру ваги до найбільш віддаленої точки, м.

$$I_x = \sum I_{xi}, \tag{4}$$

$$I_{xi} = \frac{b \cdot h^3}{12} + F \cdot a^2,$$

де b, h – висота і ширина елемента перетину, м;

F – площа елемента перетину, м²;

a – відстань від центру ваги елемента до центру ваги усього перетину, м;

y – відстань від центру ваги до найбільш віддаленої точки, м.

Запас міцності гусеничної ланки

$$s = \frac{\sigma_T}{\sigma}, \tag{5}$$

де σ_T – межа текучості матеріалу, МПа;

σ – згинальне напруження, МПа.

Маса гусеничної ланки

$$M = \rho \cdot V, \tag{6}$$

де ρ – щільність матеріалу, т/м³;

V – об'єм гусеничної ланки, м³.

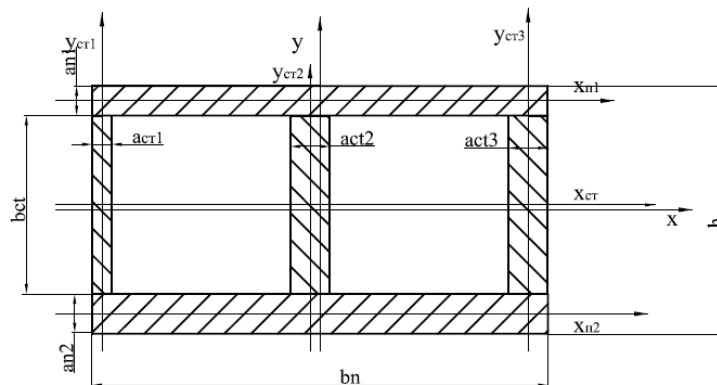


Рисунок 2 – Перетин гусеничної ланки

Дослідження впливу геометричних параметрів перетину гусеничної ланки на величину коефіцієнта запасу міцності та масу ланок проводяться за алгоритмом на рис.3.

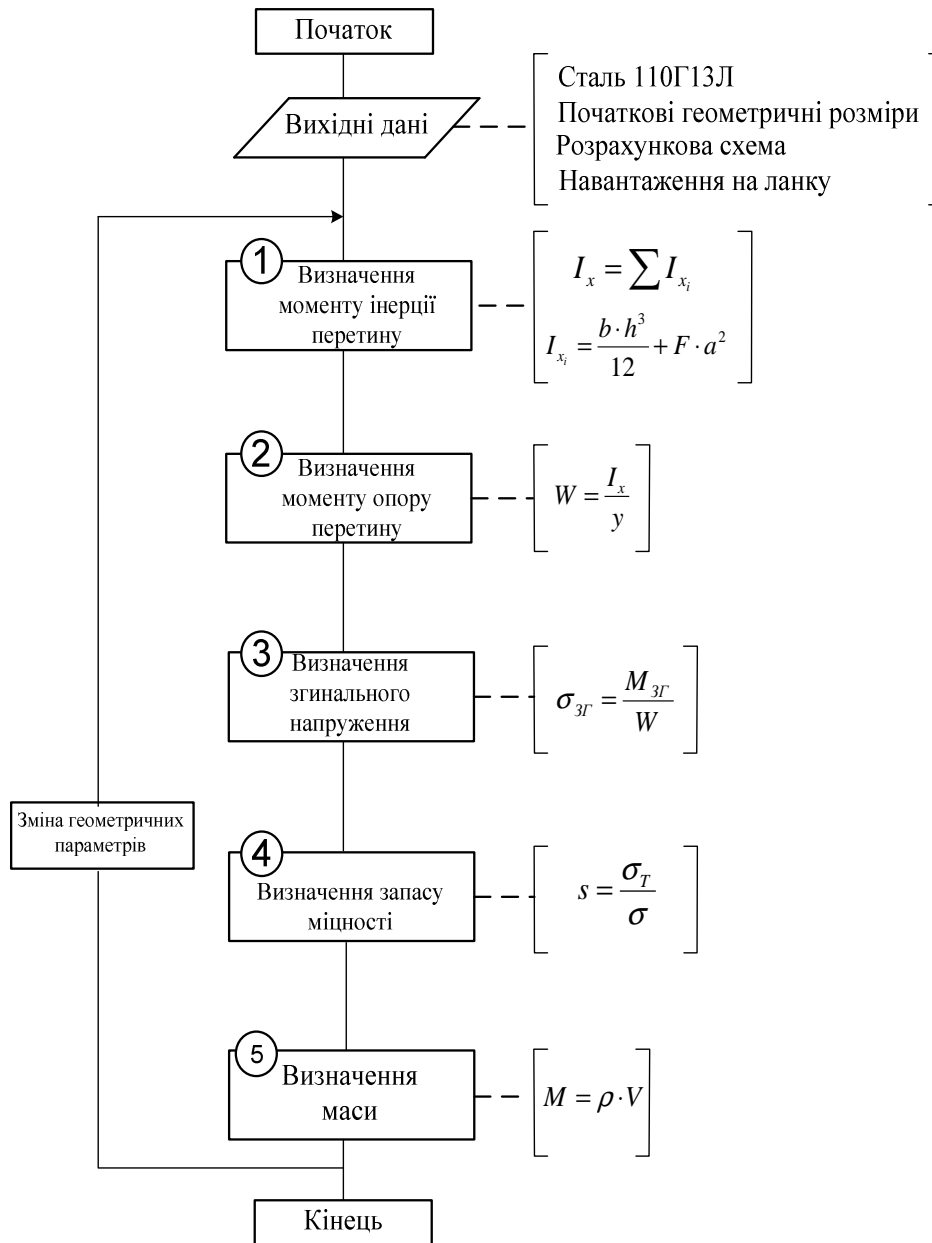


Рисунок 3 – Алгоритм розрахунку

Дослідження впливу геометричних параметрів гусеничної ланки на напруження, що виникають, та на металоемність за допомогою ПФЕ. Для теоретичного експерименту було взято модель гусеничної ланки одноковшового екскаватора ЕКГ- 4,6 Б, розроблену у середовищі SW, яка представлена на рисунку 4.

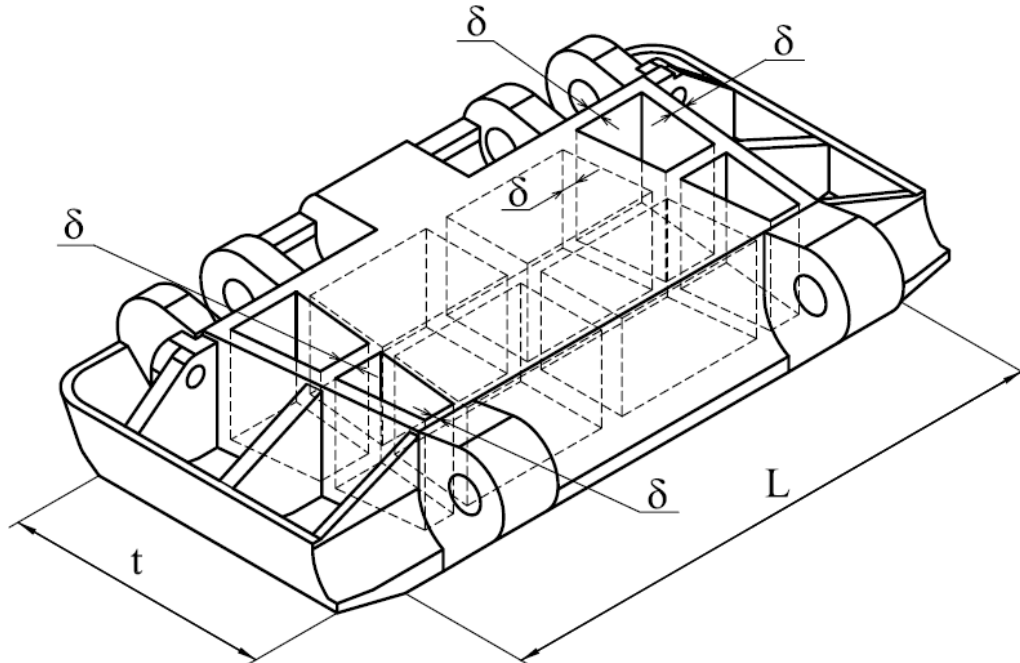


Рисунок 4 – Геометричні параметри гусеничної ланки

Параметрами оптимізації (шукана величина, одержувана в процесі досліджень, що характеризує стан об'єкта) є максимальні напруження, що виникають в гусеничній ланці під дією навантажень від опорних котків, тягового зусилля та її металоемність.

Фактори, тобто величини, що роблять вплив на досліджуваний об'єкт показані на рисунку 4. Цими факторами є:

- крок гусеничного ланцюга;
- ширина гусеничної ланки;
- товщини стінок.

Тоді розглянуті процеси можна подати у вигляді

$$\sigma = f(t, L, \Delta); \tag{7}$$

$$M = f(t, L, \Delta).$$

У середовищі Solid Works розрахункова схема має наступний вигляд (рисунок 5)

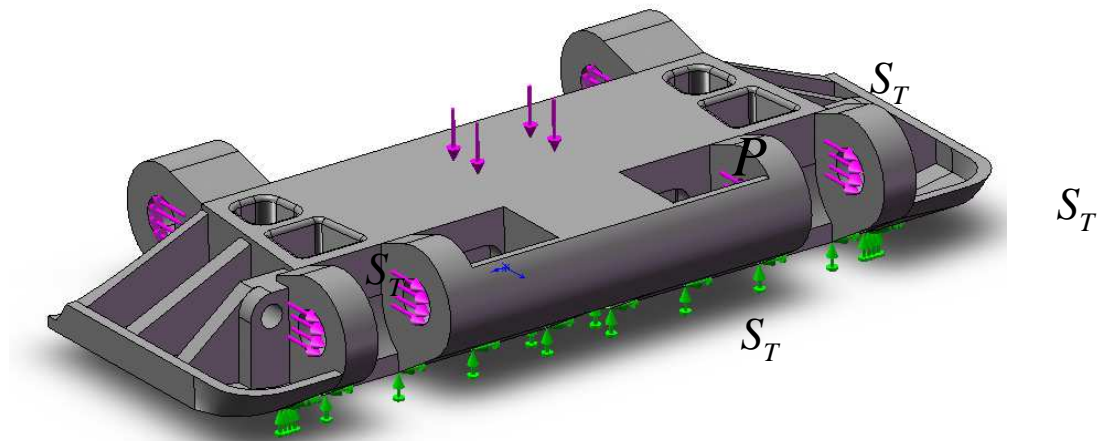


Рисунок 5– Розрахункова схема гусеничної ланки у середовищі Solid Works

Для теоретичних і експериментальних засобів визначення прийнятих параметрів оптимізації і встановлення ступеня впливу на її величину обраних факторів можна скористатися теорією повного факторного експерименту типу 2^3 .

Складаємо умови проведення розрахункового експерименту (таблиця 1)

Таблиця 1 – Умови проведення експерименту

Фактори (код)	t	L	Δ
Основний рівень (0)	356	700	15
Інтервал варіювання	50	100	5
Верхній рівень (+1)	406	800	20
Нижній рівень (-1)	306	600	5

Для отримання результатів, що дають можливість судити про ступінь впливу параметрів t , L , Δ на виникаючі напруження та показник металоємності, скористаємось математичною моделлю у вигляді поліному

$$\sigma = b_0 + b_1 t + b_2 L + b_3 \Delta; \quad (8)$$

$$M = b_0 + b_1 t + b_2 L + b_3 \Delta.$$

Для отримання цієї моделі скористаємось плануванням повного факторного експерименту 2^3 [5].

У кінцевому вигляді рівняння регресії має вигляд

$$\sigma = f(t, L, \Delta) = 281,75 + 4,25t + 1L + 1\Delta;$$

$$M = f(t, L, \Delta) = 137.13 + 12,87t + 13,37L + 3,62\Delta.$$

В результаті розрахунків за алгоритмом, наведеним на рисунку 3, були отримані наступні графіки. Вхідні дані для цього розрахунку, на основі рисунку 2, наступні: act1=0,01...0,015 м; act2=0,01...0,02 м; act3=0,01...0,02 м; an1=0,015...0,02 м; an2=0,015...0,02 м; bct=0,08...0,095 м; bn=0,23...0,35 м.



Рисунок 6– Графік залежності маси гусеничної ланки від геометричних параметрів перетину

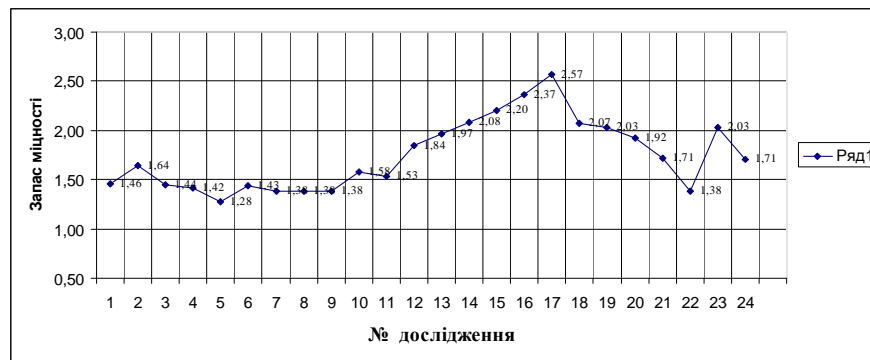


Рисунок 7 – Графік залежності коефіцієнта запасу міцності гусеничної ланки від геометричних параметрів перетину

Висновки:

1. У результаті розрахункового експерименту за планом 2³ було отримано рівняння регресії, яке показує, що при пошуку оптимального значення σ (напруження) вирішальну роль грає крок гусеничної ланки, а при пошуку оптимального значення M (металоємність) вирішальну роль грає довжина гусеничної ланки.

2. На підставі алгоритму на рисунку 3 побудовані графіки залежності маси гусеничної ланки, коефіцієнта запасу міцності від значень геометричних параметрів перетину ланки (рис.6-7).

Аналіз графіків (рис. 6-7) дозволяє зробити такі висновки:

– геометричні параметри гусеничної ланки у сімнадцятому дослідженні забезпечують найбільший показник за міцністю (у порівнянні з існуючою гусеничною ланкою, коефіцієнт запасу міцності збільшився на 70%);

– геометричні параметри гусеничної ланки у шістнадцятому дослідженні забезпечують теж достатній коефіцієнт запасу міцності;

– існуюча гусенична ланка екскаватора ЕКГ-4,6 (дослідження 1) має слабкий показник за міцністю;

– найменші масові показники має гусенична ланка з геометричними параметрами за двадцять другим дослідженням (у порівнянні з існуючою гусеничною ланкою екскаватора ЕКГ - 4,6, маса зменшилась на 40%).

З отриманих результатів можна побачити, що раціональні геометричні параметри має гусенична ланка з розмірами представленими у шістнадцятому дослідженні. Вона, у порівнянні, з існуючою гусеничною ланкою, має коефіцієнт запасу міцності збільшений на 70% і показник металоємності збільшений на 8%.

ЛІТЕРАТУРА

1 Лях, П.Ф. Порівняльний аналіз конструктивних та експлуатаційних параметрів опорних елементів гусеничних механізмів пересування потужних екскаваторів. – «Підвищення ефективності технології та техніки для виконання вантажно-розвантажувальних, будівельних і колійних робіт на залізничному транспорті» / П.Ф. Лях, І. В. Крупко. №36, 1999.– С. 117 – 120.

2 Маевский, А.Г. Экспериментальное исследование гусеничного ходового оборудования отвалообразователя ОГ- 50/1800. – В сб.: «Оборудование для открытых горных работ» / Ю. П. Столяров. – К.: Техніка, 1969. – 192 с.

3 Оскерко, В.Е. Повышение надёжности ходовых систем гусеничного типа. «Строительные и дорожные машины». №9, 1987. – с. 18-23.

4 Глушков, Г.С. Формулы для расчета неразрезных балок и рам /под. редакцией Г.С. Глушкова. – М.: Госгортехнадзор, 1960. – 342 с.

5 Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.