

$$\tau = T 10^{-6} / W_2.$$

Тут  $W_2$  – полярний момент опору стінки барабана,  $W_2 = 0,2D^3(1 - \alpha^3)$ .

Загальне напруження в стінці:

$$\sigma_3 = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2},$$

де  $\sigma_H = -(\sigma_{ct} + \sigma_B)$ .

Більш точна формула для визначення товщини стінки барабана:

$$\delta = \psi \varphi \frac{F_{\max}}{[\sigma_{cm}] p}. \quad (17)$$

Тут  $\varphi = 1,07$  – коефіцієнт, що враховує вплив згинальних напружень, які виникають при накручуванні каната;  $\psi$  – коефіцієнт впливу на навантаження барабана деформацій стінки і каната,

$$\psi = \left( 1 + \frac{A_{\delta} E_{\delta}}{\delta E_{\delta} p} \right)^{-\frac{1}{2}}, \quad (18)$$

де  $E_k, E_b$  – модулі поздовжньої пружності каната і барабана;  $A_k$  – площа перерізу всіх дротів каната ( $0,4d_k^2$ ).

*Література:*

1. Підйомно-транспортні машини. Навчально-методичний посібник. Навчально-методичний комплекс / І.М.Бендера, О.Я. Стрельчук, В.В.Підлісний, Г.О. Іванов та ін/. – Кам'янець-Подільський, ФОП Сисин О.В., Абетка, 2014. – 368 с.

**УДК 621.86.061**

## **ВАНТАЖОЗАХОПЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ І ВАНТАЖНІ ГАКИ І СКОБИ**

Смішний М.Ю., студент гр. М4/3

Миколаївський національний аграрний університет

Наукові керівники к.т.н., проф. Іванов Г.О., к.е.н., доц. Полянський П.М.

### ***Анотація***

Наведено характеристика вантажних гаків і скоб: конструкція, способи виготовлення, матеріал. Приведені формули для розрахунків гака на міцність, а також визначення напружень на внутрішній і на зовнішній зігнутої частинах гака. Дана формула для визначення напруження всередині поперечки скоби з урахуванням її кривизни.

### ***Annotation***

The characteristic cargo hooks and brackets: design, manufacturing process, material. Some formulas for calculations hook the strength and determination of the stress on the inner and outer parts of curved hook. This formula for determining the tension in cross-bracket because of its curvature.

Вантажозахоплювальні пристрої можуть взаємодіяти з вантажем такими способами: вантаж зачіплюється захватним пристроєм (гаки, вантажні скоби, підхвати, контейнерні захвати); вантаж затискується захватом і утримується силою тертя (кліщові, ексцентрикові); вантаж притягується і утримується пристроєм за рахунок сил

електромагнітної або вакуумної дії; вантаж зачерпується (грейфери, ковші); вантажозахватними пристроями керують вручну, дистанційно і автоматично.

Використання захватних пристроїв, що дають змогу швидко їх орієнтувати в просторі і взаємодіяти з вантажем, а також впровадження автоматичних і дистанційних пристроїв – значний резерв підвищення ефективності використання кранів, безпеки їх експлуатації і поліпшення умов праці.

#### 1. Вантажні гаки і скоби

Гаки – це найпоширеніші, але й найнедосконаліші захватні пристрої, оскільки крани не можуть працювати автоматично і потребують постійної присутності робітників для їх обслуговування (навішування та знімання вантажу).

За конструкцією гаки поділяють на однорогі (рис. 1, а) та дворогі (рис. 1, г); останні більш зручні для піднімання довгомірних вантажів. До гаків і скоб ставляться дуже високі вимоги міцності та надійності.

Існують такі способи виготовлення гаків: куванням, штампуванням і клепанням з листової сталі, з якої вирізують по шаблону гак (пластинчасті); литі гаки поки що досліджуються. Застосування зварювання при виготовленні гаків, а також зварювання дефектів на них не допускаються.

Матеріалом є в'язка маловуглецева сталь 20, а також сталь 20Г; високовуглецева сталь і чавун не використовуються через небезпеку їх раптового руйнування. Після виготовлення ковані гаки відпалюють для знімання внутрішніх напружень. Нові гаки випробовують на зусилля 1,25 номінального протягом не менше 10 хв.

Найбільш економічна форма робочого перерізу гака – трапецієподібна із заокругленими кінцями (рис. 1, б), а для малих навантажень гаки можуть мати простий круглий переріз. Оптимальне співвідношення розмірів для стандартних гаків  $b_1/b_2 = 2...2,5$ . На хвостовику гака зроблено трикутний (до 100 т) або трапецієподібний нарізь. Діаметр зіву гака вибирають з умов розміщення в ньому двох віток конопляного чалочного каната або зварного ланцюга. Гаки і їхні розміри вибирають залежно від вантажопідйомності.

Перевірний розрахунок гака на міцність зводиться до визначення напружень у найнебезпечніших перерізах.

Напруження розтягу в нарізі хвостовика, МПа,

$$\sigma_p = \frac{4G \cdot 10^{-6}}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (1)$$

де  $G$  – вага вантажу, кН;  $d_1$  – внутрішній діаметр нарізу, м;  $[\sigma_p]$  – допустиме напруження розтягу (залежно від групи режиму роботи підйомного механізму  $[\sigma_p] = (50...75)$  МПа.

Висоту гайки знаходять з умов допустимого тиску на зминання витків нарізу:

$$h = \frac{4G_p \cdot 10^{-6}}{\pi(d^2 - d_1^2)[\sigma_{\text{зі}}]}. \quad (2)$$

Тут  $p$  – крок нарізі;  $d$  – зовнішній діаметр нарізі;  $[\sigma_{\text{зі}}]$  – допустиме напруження зминання,  $[\sigma_{\text{зі}}] = (30...35)$  МПа; матеріал гайки – сталь 45.

Зігнуту частину гака розраховують як криволінійний брус. Напруження на внутрішній частині гака (рис. 1, а, б) дорівнюватиме:

$$\sigma_1 = \frac{Ge_1 \cdot 10^{-6}}{kAD/2}; \quad (3)$$

на зовнішній частині гака

$$\sigma_2 = -\frac{Ge_2 \cdot 10^{-6}}{kA(D/2 + h)}. \quad (4)$$

Тут  $A$  – площа поперечного перерізу гака;  $D$  – діаметр зіву гака;  $h$  – висота перерізу;  $e_1$ ,  $e_2$  – відстань від центра ваги перерізу відповідно до внутрішніх і зовнішніх волокон гака;

$k$  – коефіцієнт, що залежить від форми перерізу і кривизни гака.

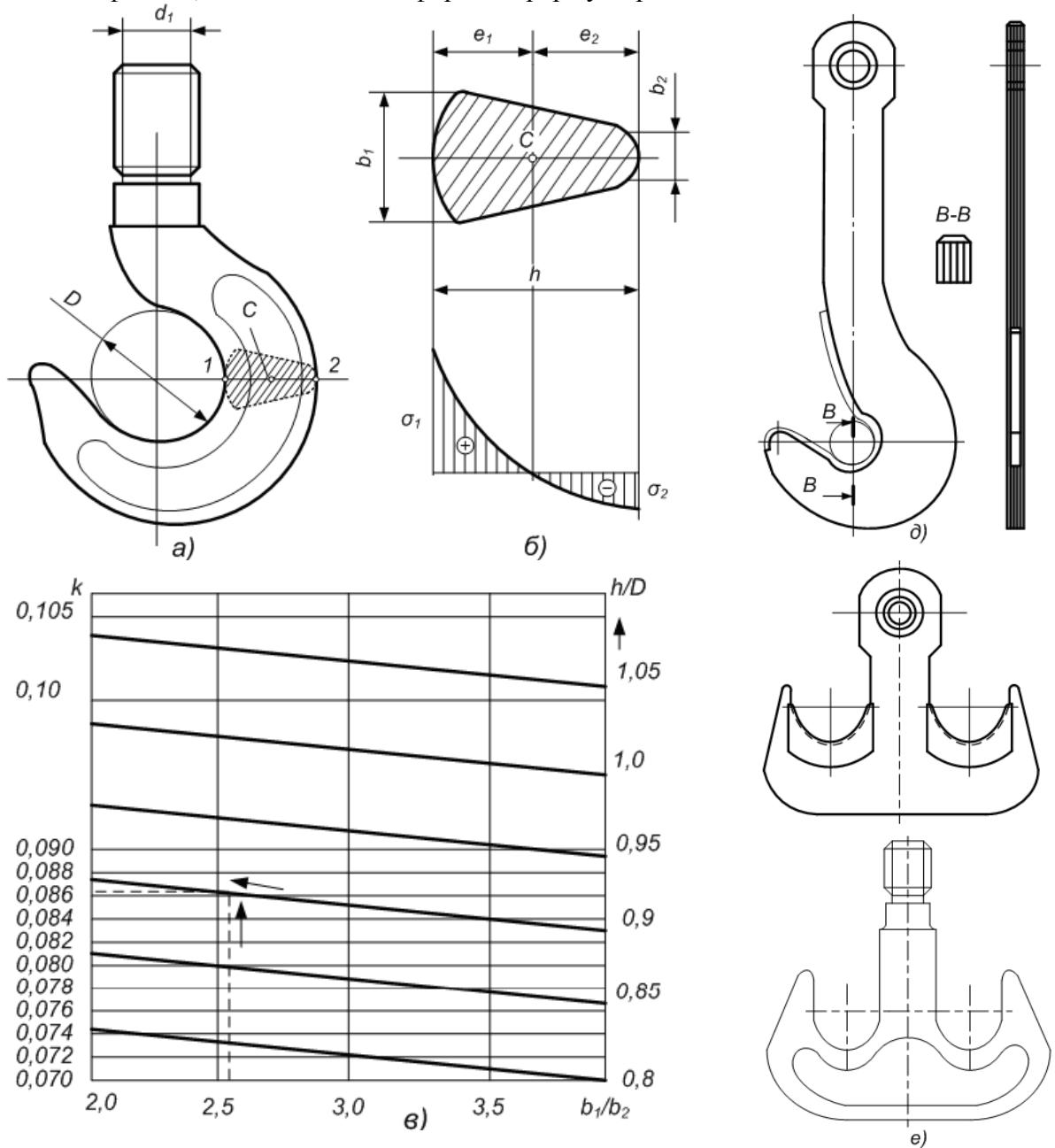


Рис. 1. Вантажні гаки і розрахункові схеми

Напруження на внутрішній частині гака більше, ніж на зовнішній, внаслідок різних знаків напружень від вигину. Визначимо параметри гака:

$$A = \frac{b_1 + b_2}{2} h; \quad (5)$$

де  $b_1$  і  $b_2$  – відповідно більша і менша ширина перерізу;  $e_1 = \left( \frac{b_1 + 2b_2}{b_1 + b_2} \right) \frac{h}{3}$ ;  $e_2 = h - e_1$ .

Коефіцієнт  $k$  у загальному вигляді:

$$k = -\frac{1}{A} \int_{e_1}^{e_2} \frac{y}{y+r} dA. \quad (6)$$

Для перерізу правильної геометричної форми (прямокутник, трапеція, коло, еліпс) коефіцієнт  $k$  можна знайти інтегруванням.

Для трапеції:

$$k = \frac{2r}{(b_1 + b_2)h} \left\{ \left[ b_2 + \frac{b_1 - b_2}{h} (e_2 + r) \right] \ln \frac{r + e_2}{r - e_1} - (b_1 - b_2) \right\} - 1.$$

Тут  $r$  – радіус кривизни перерізу в центрі ваги,  $r = D/2 + e_1$ .

Залежно від вантажопідйомності  $k = (0,05...0,1)$  (менше значення – для невеликих вантажопідйомностей).

Для прямокутного перерізу:

$$k = -1 + 0,5u \ln \frac{1+u}{1-u},$$

де  $u = e'/r = h/2r$ , якщо  $u < 1$ , то  $k = \frac{1}{3}u^2 + \frac{1}{5}u^4 + \frac{1}{7}u^6$ .

Для кола радіусом  $r$  або еліпса, більша піввісь  $a$  якого лежить у площині вигину гака,  $k = u^2/4 + u^4/8 + 5u^6/64$ .

При складній формі перерізу коефіцієнт  $k$  визначають графоаналітичним методом. Коефіцієнт  $k$  можна знайти також за номограмою (рис. 9, в).

Напруження на зріз

$$\sigma = G/A. \quad (7)$$

Загальне напруження за третьою теорією міцності

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_1^2 + 4\tau^2}. \quad (8)$$

Допустиме напруження

$$[\sigma_p] = \sigma_n/n, \quad (9)$$

де  $n = 1,25... 1,5$  – запас міцності.

Пластинчасті гаки (рис. 1, д) застосовують для кранів великої вантажопідйомності. Для їх виготовлення не потрібне потужне кувальне обладнання; їх вирізують з листової сталі СтЗсп або 16МС і потім з'єднують між собою заклепками. Пластинчасті гаки більш надійні в експлуатації, оскільки вони руйнуються не раптово (як ковани), а починаючи з тріщин на окремих пластинах, які при огляді легко виявити. Пластинчасті гаки застосовують у таких потужних і важливих кранах як, наприклад, ливарні, що піднімають ковші з розплавленим металом (гак для 630-тонного крана має довжину понад 5 м).

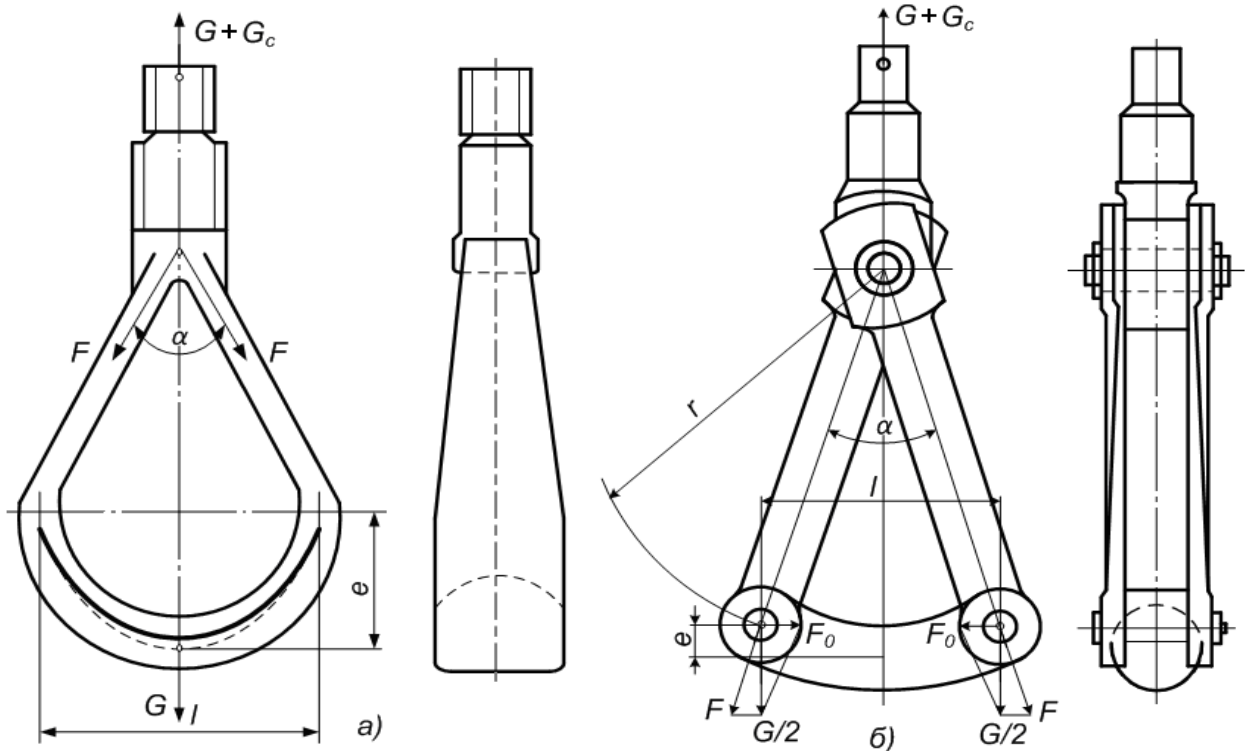


Рис. 2. Вантажні скоби

Дротяні гаки виготовляють з високоміцного сталевого дроту, який сплітають у стрічки, розміщені відповідно до конфігурації гака. Між собою стрічки скріплюють контактним зварюванням і спеціальною мастикою. Зовні гак покривається спеціальним захисним шаром. Дротяні гаки мають високу міцність і бувають одно- і дворогими.

Вантажні скоби (рис. 2) застосовують для великих вантажо-підйомностей (більше 100 т). При тій самій вантажопідйомності вони мають менші розміри внаслідок закритої симетричної конструкції. Вади скоб – великі втрати часу на захвачування і знімання вантажу, що знижує продуктивність крана. Скоби виготовляють із сталі 20. Конструктивно їх виконують суцільнокованими (рис. 2, а) і складеними (рис. 2, б). Складені скоби більш надійні в експлуатації і застосовують їх для великої вантажопідйомності (більше 300 т). Суцільноковані скоби є статично невизначуваними системами, тому обмежуються лише приблизним розрахунком.

Зусилля розтягу в бокових тягах  $F = G/(2 \cos \alpha/2)$ .

Згинальний момент у перерізі скоби визначають за наближеною формулою

$$M_{3z} = Gl/6 + Ge/2 + tg \alpha/2. \quad (10)$$

Позначення – на рис.2, а:  $G_C$  – вага скоби.

У шарнірних скобах зусилля  $F$  визначають за формулою (4), згинальний момент поперечки  $M_{3r} = Gl/4 + Fe$ .

Напруження всередині поперечки з урахуванням кривизни

$$\sigma = -F/A + M_{3z}/Ar + M_{3z}/(Ark) y/(r+y). \quad (11)$$

Тут  $A$  – площа поперечного перерізу;  $k$  – коефіцієнт, який визначають за формулою (5);  $y$  – відстань від нейтральної осі до найбільш напруженого волокна.

*Література:*

1. Підйомно-транспортні машини. Навчально-методичний посібник. Навчально-методичний комплекс / І.М.Бендера, О.Я. Стрельчук, В.В.Підлісний, Г.О. Іванов та ін/. – Кам'янець-Подільський, ФОП Сисин О.В., Абетка, 2014. – 368 с.

**УДК 539.42**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПЛОСКИХ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ СИСТЕМ ТА БАГАТОПРОГОННИХ НЕРОЗРІЗНИХ БАЛОК**

Мудрий О.Ю., Дюльгер О.М., студенти гр. М2/2

Миколаївський національний аграрний університет  
Науковий керівник к.т.н., в.о. доц. Доценко Н.А.

### ***Анотація***

Визначено, що включає в себе поняття статичної невизначеності системи та розглянуті методи розрахунку статично невизначених рам та багатопробонних нерозрізних балок. Було визначено, що найбільш поширеним і зручним є розрахунок за методом сил.

### ***Annotation***

It was determined what means the concept of a static uncertain systems and considered the methods of calculation of the statically indeterminate frames and multi-span massive beams. It was determined that the most common and convenient calculation is the force method.