

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪРХУ НАПРЕГНАТОТО СЪСТОЯНИЕ НА НОЖ НА КОФА

Николай Динев¹, Райна Вучева², В. Трифонова – Генова³

¹ „Мини Марица Изток“ ЕАД, nick@marica-iztok.com

² Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, r.wutschewa@abv.bg,

³ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, violeta.trifonova@yahoo.com

РЕЗЮМЕ: В статията е извършен тримерен анализ за определяне на напрегнатото състояние в нож на кофа от многокофов багер SRS 4000. Въз основа на направен анализ на конструктивното изпълнение на настоящата кофа е обоснована изчислителна схема във вид на начупена рамка. За нуждите на приетия метод на изчисляване на рамката е описан подход за привеждане на пространствената задача към две задачи: „тип равнинна“ и „тип равнинно-пространствена“.

Резултатът от проведените анализ дава основание да се пристъпи към използване на описания подход в бъдещи работи.

Ключови думи: нож на кофа, напрегнато състояние, пространствена рамка

STUDY ON THE STRESSED STATE OF KNIFE BASKET

Nikolai Dinev¹, Raina Vucheva², Violeta Trifonova – Genova³

¹ „Mini Maritsa Iztok“ EAD, nick@marica-iztok.com

² University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, r.wutschewa@abv.bg

³ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, violeta.trifonova@yahoo.com

ABSTRACT: The article carried a three-dimensional analysis to determine stress state knife in a bucket of SRS 4000. Based on an analysis of the embodiment of this bucket is justified computing scheme in the form of a broken frame. For the needs of the adopted method of calculating the framework described approach to bring the spatial task into two tasks: "type flat" and "type plain space."

The result of the analysis gives grounds to proceed with using the described approach in future work.

Keywords: knife in a bucket, stress state, circular tube, plain frame

УВОД

Напрегнатото състояние на ножа на кофата може да се определи с помощта на числения метод на крайните елементи. Възможността за прилагане на готови програмни продукти позволява на конструкторите бързо и нагледно да получат различни варианти на напрегнатото състояние и да подберат подходящия за дадените условия от практиката. Един от тях е даден в (ANSYS).

Тук се представя разработена методика за решаване на същата задача, но с помощта на теоретичния силов метод. Поради това в дадената работа се изпълняват следните задачи:

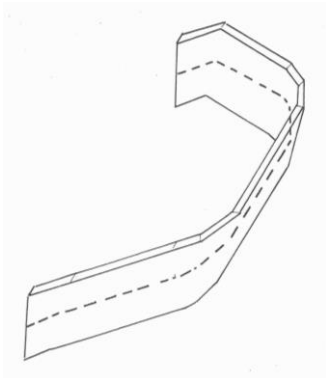
1. Да се определи изчислителната схема;
2. Да се разложи натоварването върху осите на приетата изчислителна схема;
3. Да се определят коравините на различните участъци;
4. Да се формулират видове задачи, с помощта на които се определя еквивалентното напрежение.

ИЗЛОЖЕНИЕ

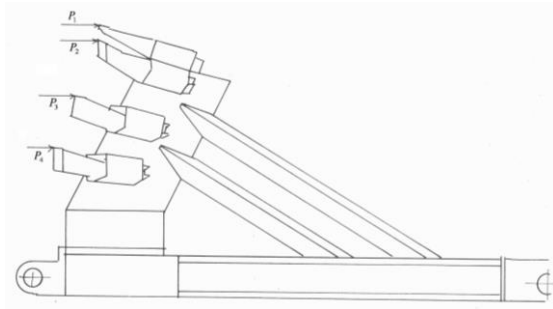
1. Изчислителна схема

Разглежда се нож на кофа на багер SRS 4000, който има пирамидален вид (фиг.1а). Наклонът на стените на пресечена пирамида е равен на α . Освен това част от ножа е наклонен под ъгъл β спрямо верикалата и е хваната кораво в двата края (фиг. 3 от (Динев Н., Вучева Р.)). Освен това в двете страни на ножа са заварени две триъгълни плочи. Последните са укрепени с по два L – образни профила. Това кара авторите да приемат, че по дължините на тези профили преобладаващо е натисковото усилие. Останалите разрезни сили са малки и ще се пренебрегнат. Ето защо триъгълните плочи ще се заменят с четири опорни прътове (фиг.1б). Между страничните и горните наклонени стени на пирамидата има участъци с кръгово-цилиндрична форма. Техните размери обаче са малки, поради което се предлага тези участъци да се заменят с призматични. Геометричното място на центровете на тежестта на напречните сечения образува

начупена пространствена рамка, означена с пунктир на фигура 1а.



1а



16

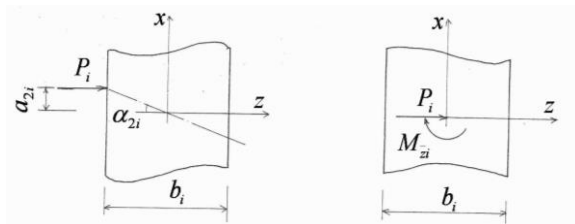
Фиг. 1. Нож на кофа

2. Натоварване

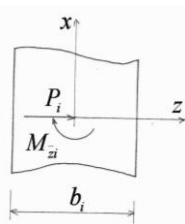
Във върховете на зъбите са приложени сили P_i , ($i = 1, 2, 3, 4$) (фиг. 16), които се преместват в точки от изчислителната схема. Тогава освен силите се получават още огъващи и усукващи моменти. Това действие е известно като принцип на Поансо (Вълков М.,).

Осите на зъбите са наклонени спрямо главната ос y от произволно сечение на рамката (фиг.2а). Горизонталните сили P_i приложени в точка A_i^I се преместват в точка A_i^{II} (фиг.2а). В резултат на това действие се получава огъващия момент $M_{z,i}^-$ (фиг.2б и фиг. 3), имащ еднаква посока с оста \bar{z} , успореден е на нея и има големина :

$$M_{z,i}^- = P_i \cdot a_{2i}. \quad (1)$$

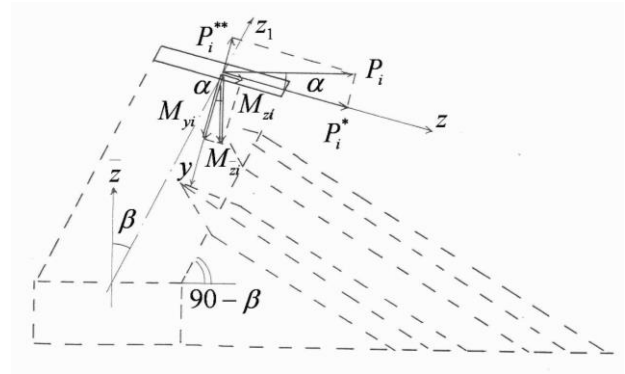


2а



2б

Фиг. 2. Натоварване в план



Фиг. 3. Вертикално натоварване върху челото на ножа

Разстоянието a_{2i} , участващо в (1) се определя от:

$$a_{2i} = 0,5b_i \operatorname{tg} \alpha_{2i}. \quad (2)$$

Ъглите α_{2i} са отчетени от изработен (от инж. Динев) модел на нож, а ширината b_i се определя по начин, описан по долу. Оказва се, че това разстояние е наклонено под ъгъл β_1 за трети и четвърти зъб. Този наклон е отчетен, като разстоянието е умножено по синуса от този ъгъл.

Силите P_i и моментите $M_{z,i}^-$ се разлагат по осите y и z на напречното сечение от изчислителната рамка (фиг. 3):

$$\begin{aligned} P_i^{**} &= -P_i \sin \alpha; & P_i^* &= P_i \cos \alpha; \\ M_{y,i} &= M_{z,i}^- \sin \alpha; & M_{z,i} &= M_{z,i}^- \cos \alpha, \end{aligned} \quad (3)$$

където

P_i^* - сили, перпендикулярни на изчислителната рамка;

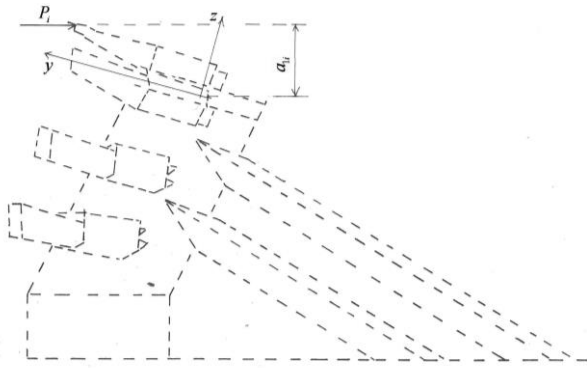
P_i^{**} - сили, успоредни на изчислителната рамка;

При преместването на хоризонталните сили от върховете на зъбите (фиг. 16) в центровете на напречните сечения се създават усукващи моменти. Тези моменти са перпендикулярни на напречното сечение на ножа (фиг. 4) и се определят от израза:

$$M_{x,i} = P_i a_{1i}; \quad i = 1, 2, 3, 4. \quad (4)$$

Тук разстоянието a_{1i} е разликата между координатите на точките от върховете на зъбите и координатите на точки от изчислителната схема.

Като се вземат под внимание резултатите от фигури 3 и 4, се получава окончателното натоварване върху изчислителната схема (фиг. 5).



Фиг. 4. Положение на усукващия момент

3. Инерционни моменти

Ширината на ножа в основата е по-голяма от тази в ключа. Прието е тя да се изменя линейно спрямо половината от сумарната дължина на участъците в челото l_i (фиг.1а). Тогава ширината в произволно сечение от рамката на ножа има вида:

$$b_i(l_i) = b(0)(al_i + b), \quad 0 \leq l_i \leq l. \quad (5)$$

Тук $b(0)$ е ширината в ключа, a и b са коефициенти, които подлежат на определяне.

Оказва се, че дължината на челото на ножа е по-голяма от дължината на задната част на ножа. Тогава напречното сечение на всеки участък i от рамката в равнината xz е с форма на трапец. Той се заменя с правоъгълник с дължина b_i равна на усреднената стойност на горната и долна основи на трапеца. Тогава инерционните моменти за всеки участък са постоянни и се определят от зависимостите:

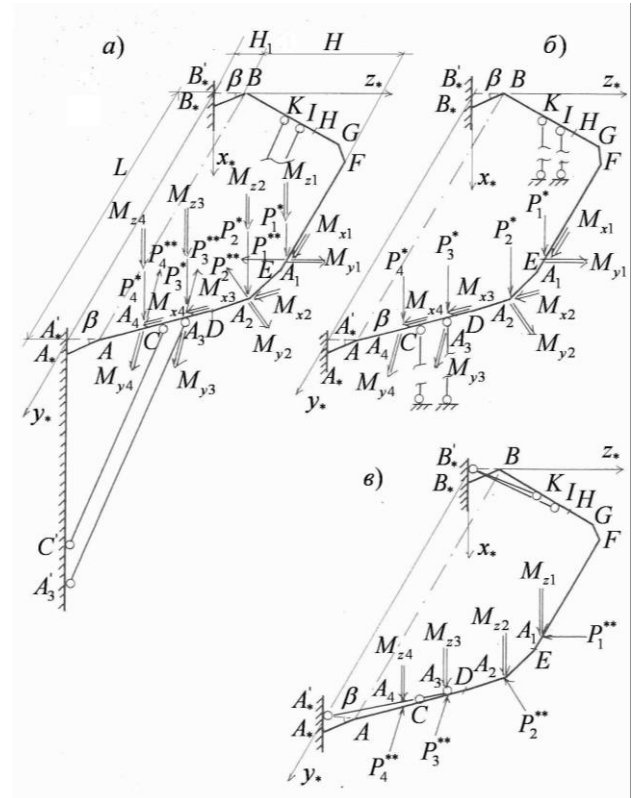
$$J_{z,i} = \frac{b_i^3 h}{12}; \quad J_{y,i} = \frac{b_i h^3}{12};$$

$$n_i = \frac{b_i}{h}; \quad J_{t,i} = \frac{1}{3}(n_i - 0,63)b_i^4, \quad (6)$$

където $J_{z,i}, J_{y,i}, J_{t,i}$ са инерционните моменти спрямо оси z, y и полярния инерционен момент.

2.4. Напрегнато състояние в рамката на нож на кофа

Получената изчислителна схема е натоварена с вертикални сили P_i^{**} в равнината на рамката и със сили P_i^* , перпендикулярни на нея, както и с усукващи моменти $M_{x,i}$ и огъващи моменти $M_{y,i}$ и $M_{z,i}$ ($i = 1 \div 4$) (фиг. 5а).



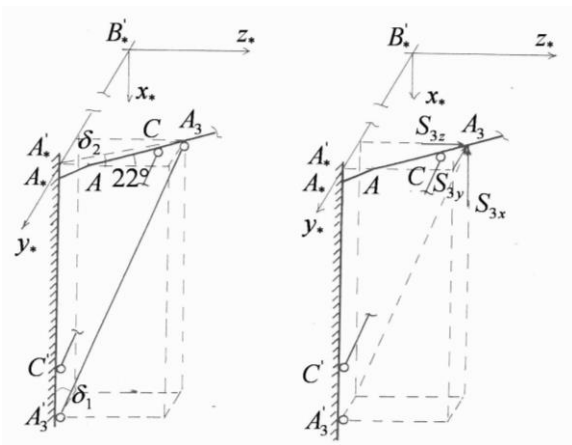
Фиг. 5. Натоварване върху изчислителната схема

След проведено проучване на възможните методи за определяне на опорните реакции е избран силов метод. Пространствената рамка от фигура 5а има 11 участъка. За определяне на разрезните усилия се прилага методът на сечението. Решението значително се опростява, когато натоварването се раздели на два типа и се решат две задачи. В първата задача върху рамката са приложени силите P_i^* и моментите $M_{x,i}$ и $M_{y,i}$ в приложените точки A_i . В частта от точка А до точка В на рамката $AA'BB'$ се прилага метода на сечението, както при равнинно-пространствени рамки (фиг.5б). При втората задача натоварването се състои от силите P_i^{**} , успоредни на оста z_* и моментите $M_{z,i}$, перпендикулярни на равнината Bu_*z_* . Тогава в част от рамката (от точка А до точка В) се прилага метода на сечението, както при равнинни рамки (фиг. 5в). Така вместо да се решава 10 пъти неопределима начупена

пространствена рамка, се решава рамка с натоварване от първия тип, която е седем пъти неопределима.

След определяне на вертикалните компоненти на силите в опорните пръти S_{3x} , S_{C_x} , S_{K_x} и S_{L_x} се изчисляват и останалите компоненти (фиг. 6а - фиг. 6в):

$$\begin{aligned} S_{3z} &= S_{3x} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2; & S_{3y} &= S_{3x} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2; \\ S_{C3} &= S_{C_x} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2; & S_{C_y} &= S_{C_x} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2; \\ S_{Kz} &= S_{K_x} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2; & S_{K_y} &= S_{K_x} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2; \\ S_{Lz} &= S_{L_x} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2; & S_{L_y} &= S_{L_x} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2. \end{aligned} \quad (7)$$



Фиг. 6. Компоненти на силите в опорните пръти

Тригонометричните функции са определени чрез координати на крайните точки $A_3(x_1, y_1, z_1)$ и $A_3(x_2, y_2, z_2)$ от прът A_3A_3' :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_1 &= \frac{\sqrt{(y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}}{(x_1 - x_2)}; \\ \sin \delta_2 &= \frac{(y_1 - y_2)}{\sqrt{(y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}}; \\ \cos \delta_2 &= \frac{(z_1 - z_2)}{\sqrt{(y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Така неопределимостта на рамката с втория тип натоварване се намалява до три.

Получените моменти диаграми на разрезните усилия, позволяват да се анализират и отчетат стойностите на моментите в опасни точки от рамката. За тези точки се изчислява еквивалентното напрежение по III-та якостна теория

$$\sigma_{екв,x,j}^{III} = \sqrt{\sigma_{x,j}^2 + 4\tau_{x,j}^2}, \quad (9)$$

което се сравнява с допустимото $\sigma_{дон}$.

Нормалното и тангенциално напрежение в горния израз имат вида:

$$\begin{aligned} \sigma_{x,j} &= \frac{N}{F} + \frac{\max |M_{y,i}|}{J_{y,j}} z_i - \frac{|M_{z,i}|}{J_{z,j}} y_i; \\ \tau_{x,j} &= \frac{|M_{x,i}|}{J_{t,j}} \sqrt{y_i^2 + z_i^2}, \end{aligned} \quad (8)$$

където j е номер на опасното сечение от рамката, x_i, y_i са координати на опасната точка i от сечението, а $\sigma_{дон}$ е допустимото напрежение за дадения материал.

Заклучение

В дадената работа е определена изчислителната схема на ножа на кофа. Тя има форма на начупена пространствена рамка. Определени са компонентите на натоварването. За решаване на тази пространствена задача се прилага силов метод. Особеното тук е, че задачата може да се разложи на две задачи: равнинна и равнинно-пространствена. Начупената рамка не позволява да се прилагат готови таблични решения, а да се използва теоретичният силов метод заедно с правилото на Верещагин (Кисъев И.).

Един от недостатъците на приетата схема е пренебрегването на страничните плочи и замяната им с опорни прътове. Друг недостатък е замяната на кръговоцилиндрична повърхнина с призматична. Въпреки тези недостатъци авторите считат, че описаното теоретично решение има своето място при изследване на напрегнатото състояние на ножа на кофата на багер.

Литература

- ANSYS & User's manual of revision 12, Swanson Analysis Systems Inc.
 Динев Н., Вучева Р., Проектиране на кофа с «разделно рязане» на роторен багер SRS 4000, *Годишник на МГУ „Св.Ив. Рилски“*, 2015, т. 58, св.3, 38-42, ISSN 1312 – 1820-165-108.
 Вълков М., Теоретична маханика, Статика, Издателска къща МГУ „Св. Ив. Рилски“, 2009 г., 290с.
 Кисъев И., Съпротивление на материалите, Техника, 1970г., 594 с.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Машинознание“.