

Юр'єва Г.П.

Харьковский национальный техниче-
ский университет сельского хозяйства
имени П.Василенко, г. Харьков, Укра-
ина,
E-mail: nadezhnost@ukr.net

АНАЛІЗ ДЕФОРМОВАНOSTІ ПРУЖНОЇ S-ОБРАЗНОЇ СТІЙКИ ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

УДК 631.316.02

У статті виконаний аналіз напружень та переміщень пружної стійки за допомогою комп'ютерного моделювання. Виконаний розрахунок кутів нахилу лапи культиватора згідно енергетичної теорії розрахунку переміщень. Виявлений вплив зовнішнього навантаження на зміну кутів нахилу.

Ключові слова: напруженість, деформованість, переміщення, пружна стійка, кут нахилу, енергетичний метод, комп'ютерне моделювання.

Постановка проблеми

Ефективність виробництва продукції рослинництва пов'язана з підвищенням якості обробки ґрунту, тому на сьогоднішній день дедалі частіше використовуються ґрунтозахисні технології. Якісна обробка ґрунту дозволяє забезпечити всі необхідні умови для отримання урожаю необхідної якості, а також сприяє збереженню та підвищенню її родючості. Для цього в комбінованих машинах використовують спеціальні робочі органи [1]. Одним з них є лапа, закріплена на пружній S-образній стійці (рис. 1), яка забезпечує більш якісне рихлення ґрунту. Поверхня робочих органів з коливальним рухом менше залипає ґрунтом та забивається бур'янами. Однак під час роботи вони знаходяться під дією до значних змінних навантажень. Це призводить до накопичення втомних пошкоджень, і, як наслідок цього, до поломок.



Рис. 1. S-образна стійка з лапою культиватора

Мета роботи

Метою роботи є аналіз напружень та деформацій S-образної стійки за допомогою комп'ютерного моделювання та енергетичним методом.

Основний зміст

Для дослідження напружено-деформованого стану була побудована 3D модель S-образної стійки та за допомогою комп'ютерного програмного комплексу SolidWorks отримані результати з визначення її напружень та переміщень (рис. 2)

При побудові схеми навантаження задалися умовою, що кріплення стійки до рами агрегату виконано жорстким. Навантаження прикладене на кінці стійки. Фізичні властивості матеріалу S-образної стійки відповідають характеристикам сталі 65Г [2].

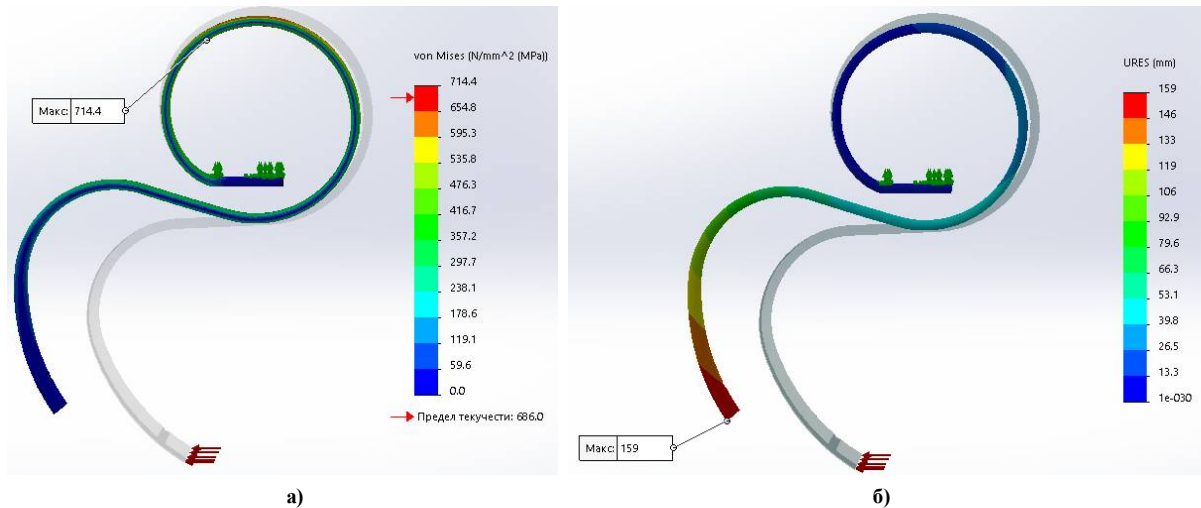


Рис. 2. Результати моделювання напружено-деформованого стану: а) напруження; б) переміщення

Аналізуючи результати моделювання можна сказати, що при навантаженні 664 Н, максимальне напруження, що виникає у стійці дорівнює 714,4 МПа. Враховуючи, що границя текучості сталі 65Г у середньому дорівнює 686 МПа, то в такому режимі навантаження можлива залишкова деформація стійки, що є порушенням працездатності. Але границя текучості – це величина, яка має достатньо велике розсіювання та залежить від умов термічної обробки. Проте навіть у випадках, коли значення границі текучості збільшується, це не в змозі забезпечити достатній рівень надійності, оскільки стійка працює у важких умовах експлуатації та працює в умовах до великих екстремальних навантажень. Максимальні лінійні переміщення, які виникають при такому режимі навантажень, дорівнюють 159 мм. Такі значення є цілком можливими в реальних умовах експлуатації.

У роботі [3] процес рихлення ґрунту розглядається як автоколивальний процес, який обумовлений різницею сил опору переміщенню ґрунту у стані спокою та під час руху. Такий підхід є, безумовно, вірним, але він не враховує деформації, що виникають під час роботи пружної стійки. Під час деформації стійки, згідно енергетичного методу визначення переміщень, кожний переріз повертається на деякий кут α . Саме його зміна призводить до рихлення ґрунту оскільки збільшення кута α збільшує площу зіткнення ґрунту з лапою. Схематично цей процес представлений на рис. 3.

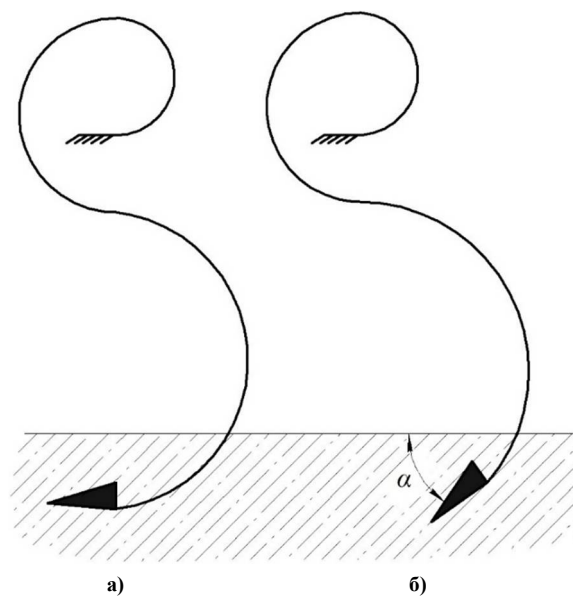


Рис. 3. Схема зміни кута α під час роботи лапи культиватора: а) початкова стадія; б) під дією навантаження.

Загальний вигляд формули розрахунку кута α представлений у (1):

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \int_{l_1}^{l_2} \frac{M_{pi}}{EI} \quad (1)$$

де M_{pi} - згинальний момент на i -ій ділянці;

E – модуль повздовжньої пружності сталі;

I – осьовий момент інерції.

Розглянемо визначення кута повертання лапи α енергетичним методом Мора при навантаженні стійки в точці кріплення лапи зосередженою силою P , спрямованої під кутом φ до горизонталі (рис. 4). Згідно з вимогами енергетичного методу представимо стійку як криволінійний брус. Умовно розіб'ємо його на III ділянки, що визначаються кутом θ . Тоді рівняння для згинального моменту у кожному з перерізів будуть мати вигляд:

$$\begin{aligned} M_{p1}(\theta) &= PR_1 \left[2 \cos \varphi (R_3 + R_2 - R_1) - 2R_1 \sin \left(\frac{\theta}{2} \right)^2 + R_1 \sin \varphi \sin \theta \right] \quad \text{при } 0 \leq \theta \leq \pi \\ M_{p2}(\theta) &= PR_2 \left[2 \cos \varphi (R_3 + R_2) + R_2 \sin \varphi \sin \theta - 2R_2 \cos \varphi \cos \left(\frac{\theta}{2} \right)^2 \right] \quad \text{при } \pi \leq \theta \leq 2\pi, \\ M_{p3}(\theta_1) &= PR_3^2 \left[2 \cos \varphi \sin \left(\frac{\theta_1}{2} \right)^2 + \sin \varphi \sin \theta_1 \right] \quad \text{при } 0 \leq \theta_1 \leq \pi \end{aligned} \quad (2)$$

де $M_{p1}(\theta)$, $M_{p2}(\theta)$, $M_{p3}(\theta_1)$ - згинальні моменти на виділених на схемі ділянках;

R_1 , R_2 , R_3 - радіуси відповідних ділянок;

φ – кут між напрямом сили P і горизонталлю.

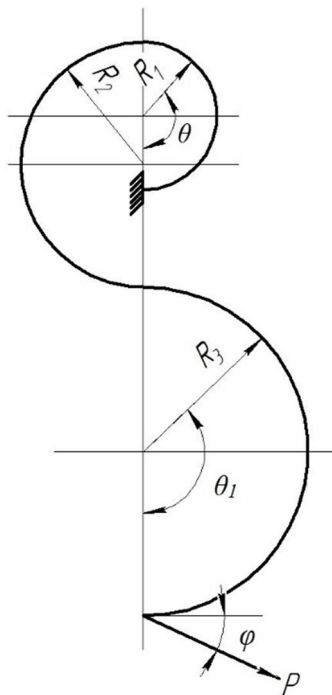


Рис. 4. Схема до визначення кута повертання лапи енергетичним методом

Підставивши (2) у (1) отримаємо вираз для обчислення кута α :

$$\alpha = \frac{R_1}{EI_1} \int_0^\pi P \left[2 \cos \varphi (R_3 + R_2 - R_1) - 2R_1 \sin \left(\frac{\theta}{2} \right)^2 + R_1 \sin \varphi \sin \theta \right] d\theta +$$

$$+ \frac{R_2}{EI_1} \int_\pi^{2\pi} P \left[2 \cos \varphi (R_3 + R_2) + R_2 \sin \varphi \sin \theta - 2R_2 \cos \varphi \cos \left(\frac{\theta}{2} \right)^2 \right] d\theta + \frac{R_3^2}{EI_2} \times \quad (3)$$

$$\times \int_0^\pi P \left[2 \cos \varphi \sin \left(\frac{\theta_1}{2} \right)^2 + \sin \varphi \sin \theta_1 \right] d\theta_1$$

де I_1 - осьовий момент інерції на ділянках I і II, $I_1 = 4468 \text{ мм}^4$;

I_2 - осьовий момент інерції на ділянці III, $I_2 = 5782,48 \text{ мм}^4$;

$R_1 = 65 \text{ мм}$, $R_2 = 107,5 \text{ мм}$, $R_3 = 145 \text{ мм}$.

Всі розрахунки проводились за допомогою програми Mathcad. Кут φ був прийнятий рівним 0° , сила P змінюється від 200 Н до 1000 Н. Згідно розрахунків було виявлено, що при збільшенні сили P кут α лінійно зростає. Графічно це представлено на рис. 5. З графіка видно, що при $P = 1000 \text{ Н}$ кут α приймає значення, яке дорівнює $17,64^\circ$.

В умовах реальної експлуатації збільшення цього кута призводить до зміни опору рихленню ґрунту, оскільки під час роботи агрегату на лапу можуть діяти сили, різні за своїм значенням. Це залежить від багатьох факторів: вологості та типу ґрунту, засміченості бур'янами та рослинними рештками тощо.

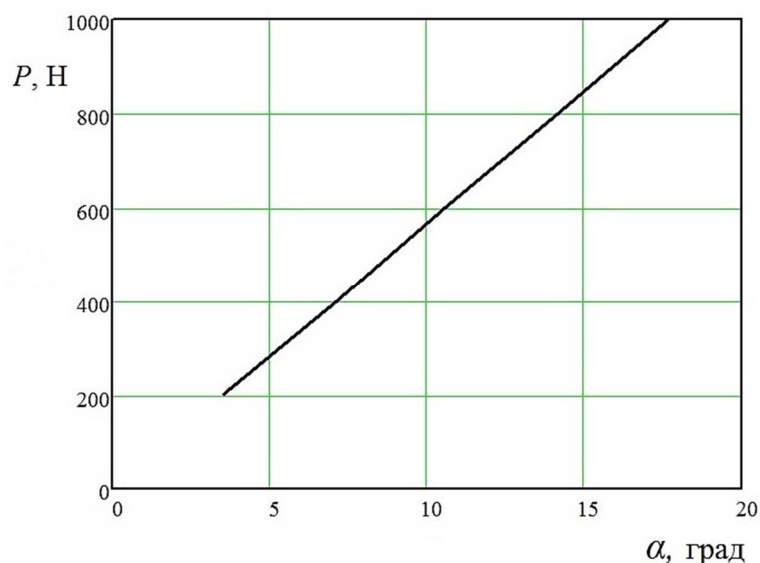


Рис. 5. Графік залежності кута α від значення сили P

Висновки

За результатами комп'ютерного моделювання визначені напруження та переміщення, що виникають під час навантаження пружної стійки культиваторного агрегату. Процес рихлення ґрунту розглянутий з точки зору зміни кутів нахилу лапи культиватора. За допомогою енергетичного методу визначення переміщень виявлено, що при збільшенні зовнішньої сили кут нахилу лапи суттєво зростає.

Література.

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.І (ч.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
2. Журавлев В. Н., Николаева О. И., Машиностроительные стали. Изд. 3-е. - Москва: Машиностроение, 1981. – 391с.
3. Гринченко О.С., Алфьоров О.І., Савченко В.Б., Юр'єва Г.П. Теоретичний аналіз автocolивань ґрунтообробних органів на пружній підвісці з урахуванням стохастичних факторів // Технічний сервіс агропромислового, лісового і транспортного комплексів. №4 Харків, 2016. – С.

Summary

Yurueva G. Analysis elastic deformability s-shaped rack units ground

In the article the analysis of stresses and displacements elastic supports using computer modeling. The calculation of angles paws cultivator by energy theory calculation movements. The influence of external load to change angles.

References

1. Zaika P.M. Teoriya silskogospodarskih mashin. T.I (ch.1). Mashini ta znaryaddya dlya obrobItku ґрунту. – Kharkiv: Oко, 2001. – 444 s.
2. Zhuravlev V. N., Nikolaeva O. I., Mashinostroitelnyie stali. izd. 3-e. - Moskva: Mashinostroenie, 1981. – 391s.
3. Grinchenko O.S., Alforov O.I., Savchenko V.B., Yurueva G.P. Teoretichniy anallz avtokolivan ґрунтообробnih organIv na pruzhnlly pIdvIstsI z urahuvannyam stohastichnih faktorIv // Tehnichniy servis agropromislovogo, lisovogo i transportnogo kompleksIv. #4 Kharkiv, 2016. – S.