

УДК 631.316.022  
© 2017

*Арендаренко В. М., кандидат технічних наук,  
Ларенко В. В., старший викладач  
Полтавська державна аграрна академія*

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПРУЖИННОГО ЕЛЕМЕНТУ РЕГУЛЯТОРА КУТА АТАКИ КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ

*Рецензент – кандидат технічних наук, професор І. А. Дудніков*

*На основі теоретичних досліджень запропоновано удосконалення конструкції кріплення робочого органу культиваторної лапи. Наведено методику розрахунку пружинного елемента регулювально-запобіжного пристрою культиваторної лапи. Запровадження і використання запропонованого пристрою дасть змогу підвищити рівномірність ходу робочого органу і покращити якість обробітку ґрунту.*

**Ключові слова:** удосконалення конструкції, регулятор-запобіжник, пружинний елемент, якість обробітку.

**Постановка проблеми.** Підготовка ґрунту до посіву та створення відповідного водно-повітряного режиму є важливим технологічним процесом забезпечення агротехнічних вимог до вирощування сільськогосподарських культур. Даний технологічний процес спрямований на створення оптимальних умов для розвитку рослин. Особливо актуальним у цьому аспекті є створення конструкції кріплення робочого органу для поверхневого обробітку ґрунту з одночасним забезпеченням рівномірності та стабільності руху робочого органу на заданій глибині – основна мета дослідження.

**Аналіз останніх досліджень із даної проблеми.** Машини, які виконують поверхневий обробіток ґрунту, повинні забезпечити необхідну структуру ґрунту, підготувати поверхневий шар до сівби, покращити водно-повітряний режим, що в свою чергу суттєво вплине на рівень врожаю [2].

Результати досліджень із питань проектування робочих органів для обробітку ґрунту, проведених науковцями, базуються на вдосконаленні геометрії робочих органів, динаміки їх руху та якості виконання технологічного процесу.

Питаннями теоретичного обґрунтування робочого процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом займалися П. М. Гільштейн, В. О. Дубровін, Л. І. Воробйов, І. М. Панов, Г. Н. Сінеков, П. С. Короткевич, А. П. Осадчий, А. К. Кострицин, А. О. Кувшинов, А. С. Кушнарєв, Л. Ф. Бабицький, Я. С. Гуков, О. В. Білокопитов,

В. Ф. Пашенко, І. В. Ігнатенко, К. Т. Бабій, В. І. Вєтохін, В. П. Ковбаса, В. М. Сало, В. І. Мельник та інші.

Вивченням процесу коливання робочих органів займалися П. Н. Бурченко, П. М. Василенко, А. А. Вілде, К. І. Жукевич, П. М. Котов, В. І. Усков, Н. В. Краснощеков, А. Г. Рябцев, В. Б. Моргачев, Е. Л. Кондратьєв, Л. Б. Лурьє, В. В. Шумаєв, А. Colde й інші.

Серед розглянутих аналогів робочих органів, в яких було запропоновано вирішення питання нерівномірності роботи культиваторних лап, виявлено низку недоліків, які суттєво впливають на стійкість ходу робочих органів.

Основним недоліком регуляторів положення робочих органів є низька здатність працювати в умовах пульсуючих динамічних навантажень, що, в свою чергу, призводить до зміни кута входження робочого органу в ґрунт та порушення стійкості ходу за заданою глибиною. До недоліків регулятора кута атаки та кріплення робочих органів культиватора можна віднести відсутність елементів, що запобігають руйнуванню робочих органів у випадку значного підвищення питомого опору ґрунту [1].

**Завдання дослідження.** Нами поставлено завдання забезпечити стійкість ходу робочого органу та підвищити рівномірність обробітку з одночасним запобіганням руйнування робочих органів незалежно від властивостей ґрунту. Це можливо забезпечити за рахунок удосконалення системи кріплення культиваторних лап, а саме обладнанням їх регулювальним пристроєм кута атаки з функцією запобігання виходу з ладу культиватора в комплексній взаємодії з іншими робочими органами встановленими на агрегаті.

**Результати дослідження.** Під час поступального руху культиваторна лапа, що обладнана регулятором кута атаки з запобіжним пристроєм, деформує ґрунт у повздовжньо-вертикальній площині. Одночасно ґрунт деформується і в поперечно-вертикальній площині. Величина цих деформацій залежить, як правило, від фізико-механічних властивостей ґрунту [3].

Під час обґрунтування силових взаємодій ґрунтової скиби на робочу поверхню лапи прийняті такі припущення: ґрунт є однорідним середовищем, вага якого зосереджена в одній точці (O). Схема сил, які діють на культиваторну лапу, показана на рисунку 1.

На лапу під час її руху із швидкістю  $v$  діють сили: опору ґрунту R; ваги ґрунтового середовища (скиби) G; сила тертя  $F_T$ ; сила адгезії (прилипання)  $F_a$  і реакція N. Провівши через точку O (рис. 1) систему координат XOY і спроектувавши на вісь X сили R і  $F_a$ , отримаємо:

$$F_p = R \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \delta - \varphi\right),$$

$$F'_a = F_a \cdot \cos\alpha = A \cdot S_a \cdot \cos\alpha,$$

де  $\alpha$  – початковий кут культиваторної лапи,  $\varphi$  – кут тертя, A – питома сила адгезії (липкість),  $S_a$  – площа контакту з робочою поверхнею культиваторної лапи.

Культиваторна лапа розміщена на стояку, котрий оснащений регулятором кута атаки (рис. 2). Розрахункове зусилля, що діє в пружині запобіжного пристрою регулятора кута атаки (4) культиваторної лапи (3), становить [6]:

$$F_{np} = c \cdot l_0 = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot [\tau]}{16 \cdot r},$$

де  $c$  – жорсткість пружини,  $l_0$  – переміщення пружини,  $d$  – діаметр дроту пружини,  $r$  – радіус витка пружини.

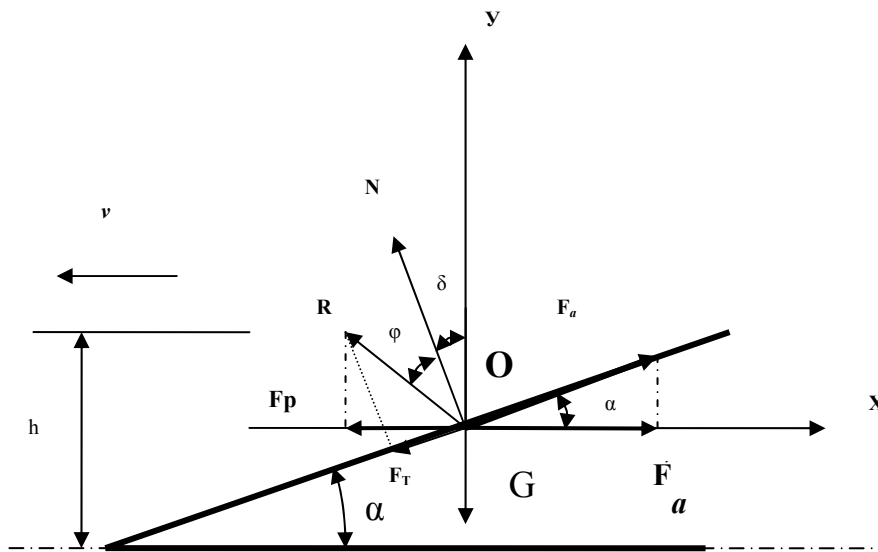


Рис. 1. Схема дії сил на культиваторну лапу

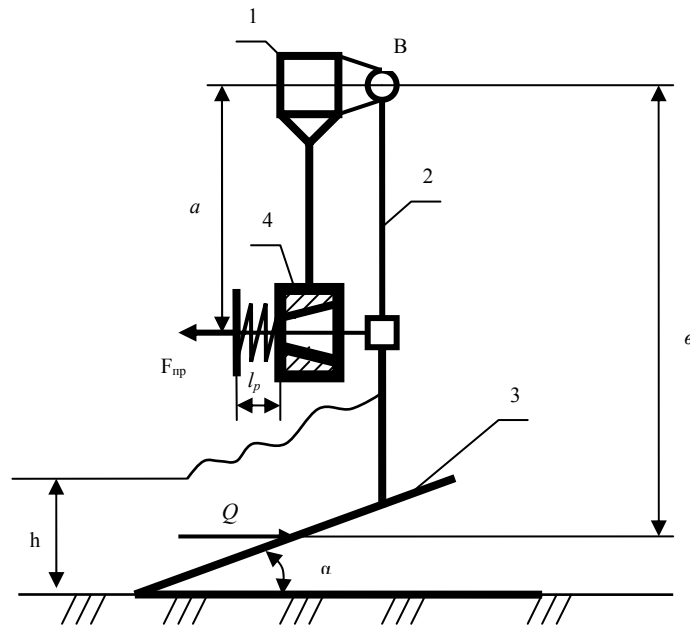


Рис. 2. Культиваторна лапа із запобіжним пристроєм:  
1 – рама; 2 – стояк; 3 – лапа; 4 – регулятор кута атаки

Пружина запобіжного пристрою не буде деформуватися за умови, що

$$\sum M(B) = 0;$$

або

$$F_{np} \cdot a = Q \cdot \epsilon,$$

де  $Q = F_{np} - A \cdot S_a \cdot \cos \alpha$  – динамічне (робоче) навантаження на лапу;  $\epsilon$  – відстань від точки В до сили  $Q$ ;  $a$  – відстань від точки В до сили  $F_{np}$ .

Розрахункове зусилля, що діє на пружину запобіжного пристрою регулятора кута, становить:

$$F_{np} = \frac{[R \cdot \cos(\frac{\pi}{2} - \delta - \varphi) - A \cdot S_a \cdot \cos \alpha] \cdot \epsilon}{a}. \quad (1)$$

Діаметр проволочи пружини визначаємо за формулою [4]:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{F_{np} \cdot i \cdot k}{[\tau]}}, \quad (2)$$

де  $i = \frac{D}{d}$  – індекс пружини;  $k$  – поправочний коефіцієнт (обирається за таблицями);  $[\tau]$  – допустиме напруження на кручення витків пружини.

Підставивши (1) в (2), отримаємо:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{[R \cdot \cos(\frac{\pi}{2} - \delta - \varphi) - A \cdot S_a \cdot \cos \alpha] \cdot \epsilon \cdot i \cdot k}{[\tau] \cdot a}}. \quad (3)$$

Необхідне число витків пружини запобіжного пристрою при цьому становить:

$$n = \frac{l_p \cdot G \cdot d}{8 \cdot c^3 \cdot 0,7 \cdot F_{np}} = \frac{l_p \cdot G \cdot d}{4,8 \cdot c^3 \cdot 0,7 \cdot F_{np}} = \frac{0,1 \cdot E \cdot d}{c^3 \cdot F_{np}},$$

де  $l_p$  – робоча деформація пружини запобіжного пристрою, величина приймається із конструктивних міркувань;  $G \approx 0,384E$  – модуль зсуву;  $E$  – модуль пружності матеріалу пружини.

Загальна довжина пружини визначається за формулою:

$$l_0 = l_s + n \cdot (t - d) = (n_1 - 0,5)d + n \cdot (d + \frac{l_p}{n} \delta_p),$$

де  $n = n + 1,5$  – загальна кількість витків пружини;  $l_s$  – загальна довжина пружини;  $l_p$  – робоча довжина пружини;  $t$  – крок ненавантаженої пружини;  $\delta_p$  – зазор між витками пружини.

За умови визначення оптимального співвідношення  $\frac{\epsilon}{a}$  є можливість підібрати розмірно-жорсткісні

характеристики пружини запобіжного пристрою регулятора кута атаки культиваторної лапи.

Разом із тим, підбравши місце встановлення запобіжного пристрою (відстань  $a$ ), можна визначити загальну довжину пружини. Від її довжини будуть залежати всі інші геометричні параметри самого запобіжного пристрою, що кріпиться до стояка лапи.

Таким чином, виконані розрахунки дадуть змогу розробити конструкцію запобіжного пристрою за патентом на корисну модель UA 114778 (МПК А01В 35/00) [5].

**Висновок.** Виконані розрахунки та отримані залежності дадуть можливість оптимізувати місце встановлення запобіжного пристрою на стояку культиваторної лапи та геометричні і жорсткісні параметри його пружинного елемента.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Василенко П. М.* Культиваторы: конструкции, теория и расчет / П. М. Василенко, П. Т. Бабий. – К., 1961. – 209 с.
2. *Гильштейн П. М.* Почвообрабатывающие машины специального назначения / П. М. Гильштейн, Д. З. Стародинский, М. З. Циммерман. – М. : Машиностроение, 1964. – 345 с.
3. *Доспехов Б. А.* Обработка почвы / Б. А. Доспехов, А. И. Пупонин // Научные основы интенсивного земледелия в Нечерноземной зоне. – М. : Колос, 1976. – С. 104–152.
4. *Иосилевич Г. Б.* Детали машин. Учебник для студентов машиностроит. спец вузов / Г. Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с. : ил.
5. Патент на корисну модель. 114778 UA. МПК А01В 35/00 (2017.01) Регулятор кута атаки культиваторної лапи [текст] / Лавренко В. В., Арендаренко В. М., Іванюта М. В. – Власники : Лавренко В. В., Арендаренко В. М., Іванюта М. В. – № u201604953; заявл. 04.05.2016; опубл. 27.03.2017. – Бюл. №6.
6. *Семен Я.* Аналіз взаємодії пружино закріпленого корпусу плуга з ґрунтом / Я. Семен, О. Крунич // Вісник Львівського національного аграрного університету і агроінженерні дослідження. – Львів : Нац. Агроуніверситет, 2010. – С. 220–225.