



УДК 631.171: 634

ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ОРІЄНТУЮЧОГО ПРИСТРОЮ САДИЛЬНОГО АПАРАТА МАШИНИ ДЛЯ САДІННЯ ПІДЩЕП ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Чижиков І.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-21-32; e-mail: chizykov@i.ua

Анотація – у статті наведено обґрунтування конструкції пружини орієнтуючого пристрою, який застосовується для повертання підщеп у захватах садильного апарата машини для садіння підщеп. Визначені вхідні параметри для проведення процедури оптимізації форми пружини пристрою удосконаленої конструкції.

Ключові слова – підщепа, садильний апарат дискового типу, орієнтуючий пристрій, пружина.

Постановка проблеми. У технологічному процесі вирощування саджанців, садіння підщеп є однією з найбільш трудомістких та відповідальних операцій, адже підщепа є основою плодового дерева. Відхилення висаджених підщеп від вертикальної осі є основним показником якості висаджених підщеп, який впливає на формування штабма майбутнього саджанця. Згідно нормативних вимог, відхилення висадженої підщепи від вертикальної осі не повинно перевищувати 10°. На сьогодні, у більшості розсадників садіння підщеп відбувається або вручну, або переобладнаними машинами для садіння розсади, або машинами для садіння підщеп, які не забезпечують даної вимоги [1]. Оскільки вітчизняна промисловість не випускає машини для садіння, то існує потреба вдосконалення існуючих засобів механізації садіння підщеп, що забезпечить дотримання нормативних вимог щодо якості висаджених підщеп [2].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Підвищити якість садіння підщеп плодкових культур шляхом аналізу взаємодії підщепи з рухомими частинами орієнтуючого пристрою садильного апарата, які впливають на переміщення підщепи у просторі та можуть призводити до анатомічних змін її фізичного стану.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В [1] наведено функціональну модель процесу садіння підщеп та визначено, що найбільш

придатними для внесення конструктивних змін є машини, що мають садильний апарат дискового типу з радіально розташованими захватами. За прототип було обрано садильний апарат дискового типу машини МПП-4, опис якого наведено у [3,4]. В результаті аналізу функціональної моделі у [5] встановлено, що елементи, які забезпечують основні функції процесу садіння знаходяться в конструкції садильного апарату.

У праці [6] встановлено, що при садінні підщеп апаратом дискового типу для того, щоб підщепа була висаджена з відхиленням від вертикальної осі до 10° , вона повинна бути нахилена у захваті на кут β у межах від 20° до 30° відносно радіуса диска у протилежну сторону руху машини. Для того, щоб забезпечити функцію повертання підщеп у захватах у межах кута β , у конструкції садильного апарату (рис.1) запропоновано використовувати орієнтувальний пристрій [7] (рис.2).

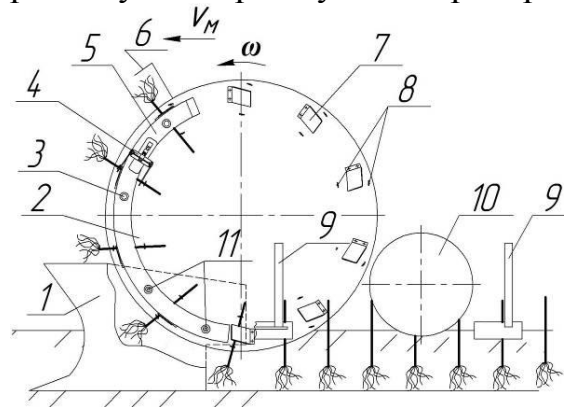


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема секції садильної машини: 1 – сошник; 2 – диск садильного апарату; 3 – плунжерний фіксатор; 4 – орієнтувальний пристрій; 5 – копір; 6 – обмежувач вклядання підщеп у захвати; 7 – захват; 8 – упори; 9 – загортачі; 10 – прикочуючі котки; 11 – пружини.

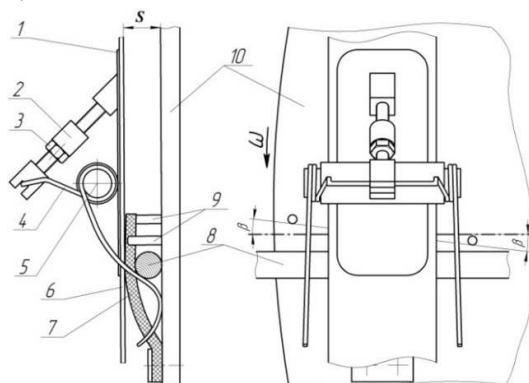


Рис.2. Схема орієнтувального пристрою: 1 – основа; 2 – болт, яким регулюється притисна сила пружини на підщепи; 3 – гайка; 4 – пружина; 5 – механізм кріплення пружини; 6 – копір; 7 – захват; 8 – підщепа; 9 – упори; 10 – диск садильного апарату; S – зазор між диском та копіром.

Орієнтуючий пристрій (рис.2) складається з основи 1, яка встановлюється на копір 6 під кутом установки упорів 9. Упори 9 встановлені навколо центра захвата 7 під кутом β . Для доведення підщеп до упорів 9 використовується пружина 4, яка встановлюється на кріпленні 5 і впирається на диск садильного апарата 10.

Пружина 4 є основним елементом орієнтуючого пристрою і складається з циліндричної частини у зоні кріплення з основою 1 та нециліндричної (робочої) частини, у вигляді двох «гакоподібних» напрямних. Стабільність процесу роботи орієнтуючого пристрою залежить від притискної сили пружини, значення якої регулюється упорним болтом 2 та гайкою 3.

На рис. 3 показано процес повертання підщепи у захваті орієнтуючим пристроєм, який можна розділити на три фази: *I фаза* – зсув підщепи по поверхні диска до фіксації упорами; *II фаза* – ковзання пружини по поверхні підщепи; *III фаза* – зісковзування пружини з поверхні підщепи [8].

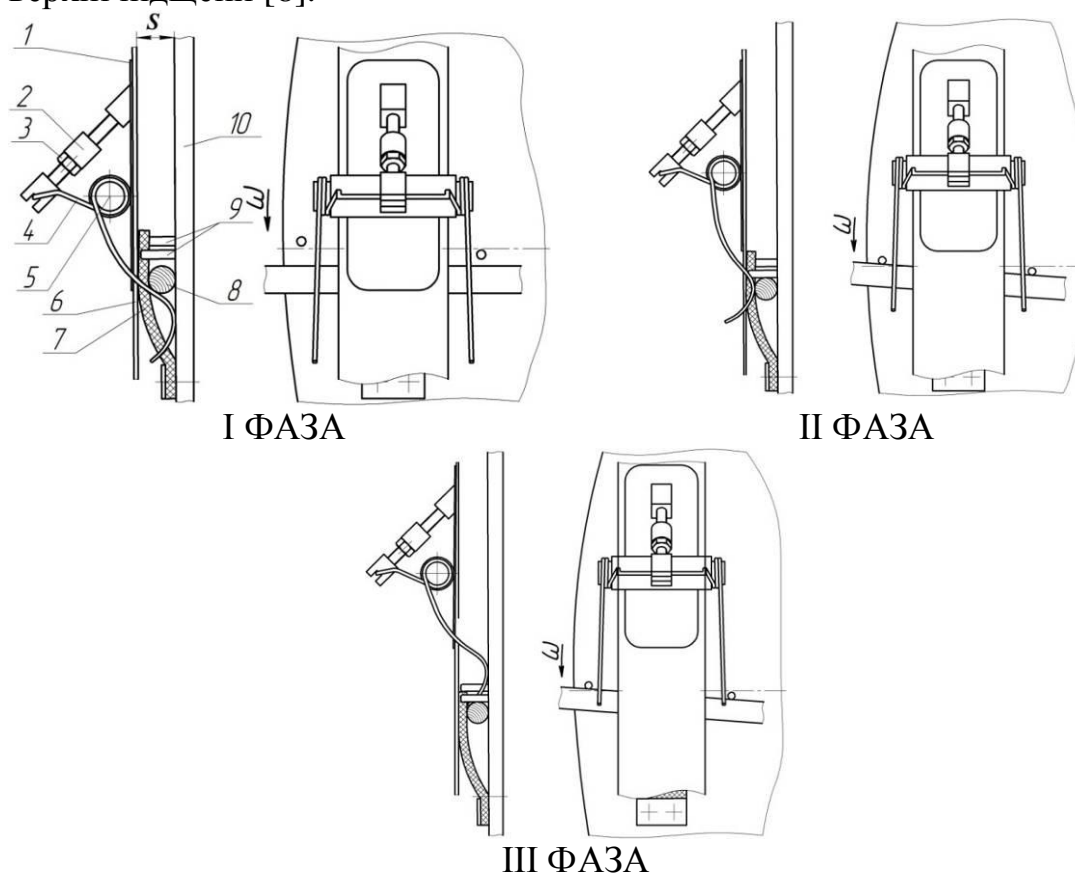


Рис. 3. Процес повертання підщепи орієнтуючим пристроєм.

Параметри форми робочої частини пружини (тієї частини пружини, що безпосередньо контактує з підщепами у процесі їх повертання) (рис.4), визначені у [8].

Ефективність процесу роботи садильного апарата з орієнтуючим пристроєм розробленої конструкції доведена у роботі [9].

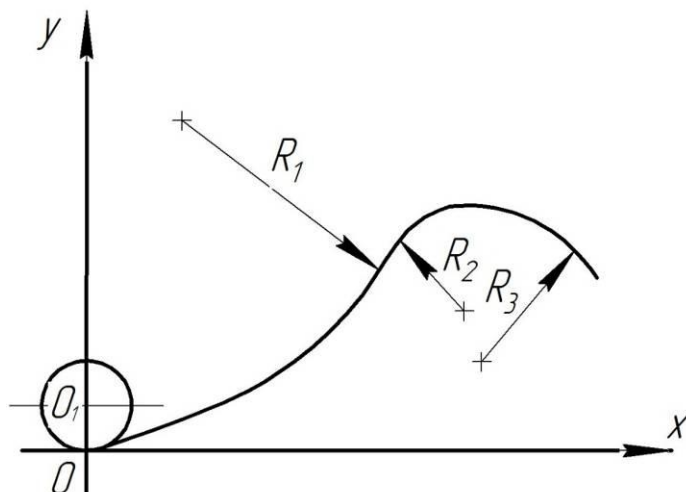


Рис. 4. Параметри форми робочої частини пружини орієнтуючого пристрою: R_1 – радіус, що забезпечує зсув підщепи по диску; R_2 – радіус що забезпечує відхилення пружини від поверхні диска; R_3 – радіус, що забезпечує безударне повертання пружини у вихідне положення; L – загальна довжина нециліндричної частини пружини.

Основна частина. Для зменшення ступеня пошкодження тканин підщеп при взаємодії з пружиною пропонується при виготовленні пружини в зоні безпосереднього контакту пружини з підщепами на ділянках, що визначаються радіусами R_2 та R_3 (рис.4) збільшити площу поперечного перерізу дроту пружини, а сам поперечний переріз дроту представити не у формі кола, а у формі еліпса (рис.5).

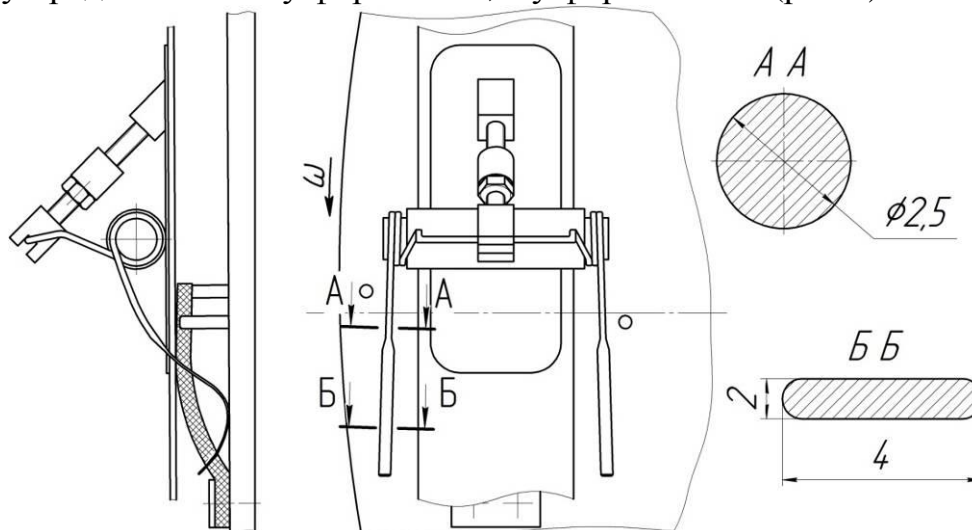


Рис.5. Удосконалена конструкція поперечного перерізу робочої частини пружини орієнтуючого пристрою.

Встановимо, чи зміняться параметри форми робочої частини пружини (R_1 , R_2 , R_3 та L) при зміні поперечного профілю дроту.

Представимо поверхню підщепи площиною π , а поверхню пружини в точці дотику приблизно еліптичним параболоїдом (рис. 6).

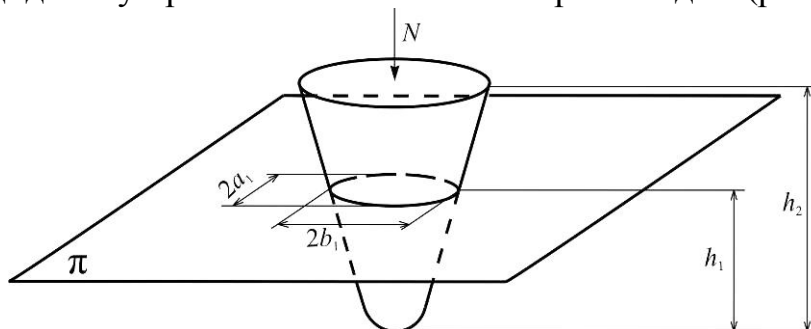


Рис. 6. Заміна поверхонь підщепи та пружини в точці дотику еквівалентною парою поверхонь.

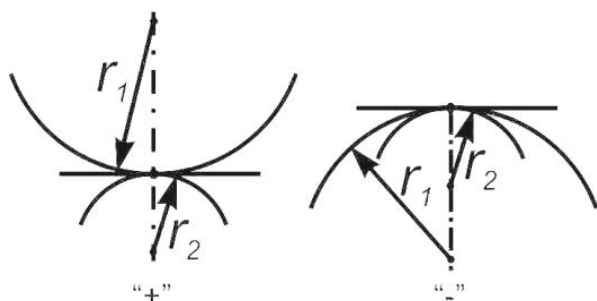


Рис. 7. Схема осьового перерізу взаємодії підщепи з пружиною.

Нехай крива в точці дотику, що описує форму пружини має радіус кривизни r_1 , кривизну перетину циліндричної поверхні (підщепи) в площині, перпендикулярній осі цієї поверхні r_2 і крива притискається до поверхні із силою N . Встановимо, як залежить глибина входження параболоїда від сили тиску пружини.

Нехай на глибині h_1 прогин приблизно можна представити у вигляді еліпса з напівосями a_1 та b_1 , притискна сила при цьому дорівнює N .

Середній по перетину прогин визначиться [10]:

$$\frac{1}{\pi a_1 b_1} \int_{-a_1}^{a_1} dx \int_{-\frac{b_1}{a_1} \sqrt{a_1^2 - x^2}}^{\frac{b_1}{a_1} \sqrt{a_1^2 - x^2}} h_1 \left(1 - \frac{x^2}{a_1^2} - \frac{y^2}{b_1^2} \right) dy = \frac{h_1 a_1 b_1}{\pi a_1 b_1} \int_{-1}^1 dx_1 \int_{-\sqrt{1-x_1^2}}^{\sqrt{1-x_1^2}} h_1 (1 - x_1^2 - y_1^2) dy_1 = \tag{1}$$

$$= \frac{h_1}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \rho (1 - \rho^2) d\rho d\varphi = \frac{h_1}{\pi} \frac{\pi}{2} = \frac{h_1}{2}.$$

Тобто, середній прогин не залежить від півосей та пропорційний максимальній глибині входження параболоїду. Кожна з півосей перетину пропорційна \sqrt{h} , тому площа перетину поверхонь пропорційна глибині заглиблення параболоїда.

Таким чином, сила тиску N параболоїда пропорційна середній глибині деформації площини π та площі перетину, тому

$$N \sim h \cdot h = h^2.$$

Звідси

$$h \sim N^{1/2}.$$

В одному з напрямків контакт дроту пружини з поверхнею підщепи має взаємну кривизну (геометричну різницю кривизн) $2/d$, де d – поперечний переріз дроту. У перпендикулярному напрямку у точці дотику криві також відрізняються одна від одної, як і дуга кола від власної дотичної. Знак «+» буде, якщо центри відповідних кіл, що апроксимують криві в околі точки дотику, лежать по різні боки від загальної дотичної та «-», якщо у протилежному випадку (рис.7).

Тоді геометрична різниця кривин визначиться

$$k_{\text{геом}} = \frac{1}{\left| \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right|}.$$

Визначимо, як залежить глибина деформації площини π при заданій силі N від зміни кривизни в напрямку півосі a_1 , якщо інша кривизна залишається незмінною. Нехай ця кривизна збільшилася у n разів. Вираз для кривизни у вершині параболи $y = ax^2$. Тоді, згідно з [11]

$$k_{\text{геом}} = \frac{2a}{(1 + 4a^2x^2)^{3/2}} = \frac{y''}{(1 + y')^{3/2}} = 2a.$$

Тобто, при однаковій глибині деформації довжина півосі a_1 зменшиться у \sqrt{n} разів. Враховуючи, що притискна при цьому залишилась незмінною, отримаємо, що на одиницю площі перетину, що відповідає заданій глибині, приходиться у \sqrt{n} разів більше притискної сили. Площа перетину пропорційна глибині деформації, отже, рівновага наступить, якщо глибина зросте у $\sqrt[4]{n}$ разів.

Узагальнюючи наведене, отримаємо, що тиск у точці дотику буде пропорційний наступній залежності

$$P \sim N \sqrt{\left| \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right|}^{1/2}, \quad (2)$$

де знак між оберненими радіусами буде «+», якщо центри кривизни кривих знаходяться по різні сторони від загальної дотичної, та «-», якщо у протилежному випадку (див.рис.6).

Оскільки функція $f(t) = \sqrt{t}$ є монотонно зростаючою, то замість мінімізації (2) достатньо мінімізувати величину

$$N \sqrt{\left| \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right|}.$$

Тоді, якщо r_1 та r_2 – радіуси кривизн перетинів еквівалентних поверхонь, а $R_{кр}$, R – радіуси перетину кривизн пружини та підщепи, то визначення оптимальної форми кривої нециліндричної частини пружини зводиться до оптимізації наступної цільової функції

$$\max_x \max_{R_{\min} \leq R \leq R_{\max}} \left| N \sqrt{\left(\frac{1}{R_{кр}} \pm \frac{1}{R} \right)} \right| \rightarrow \min, \quad (3)$$

Вираз (3) є цільовою функцією оптимізації параметрів форми пружини з поперечним перерізом дроту у вигляді кола. Дану цільову функцію вирішено у роботі [8] при таких вхідних параметрах: $D_{\min} = 4$ мм; $D_{\max} = 16$ мм; $k = 5$ Н·м/рад; $N_2 = 20$ Н; $k_p = 2,5$ Н/мм; $\mu_1 = 0,23$; $\mu_2 = 0,23$; $\mu_3 = 0,36$; $L_{\min} = 20$ мм; $L_{\max} = 125$ мм; $K = 2$; $D_{\text{цил}} = 15$ мм; $d = 2,5$ мм.

- Де D_{\min} , D_{\max} – найменший та найбільший діаметр підщепи, м;
- k – кутова жорсткість пружини, Н·м/рад; N_2 – сила тиску копіра на підщепу, Н;
- k_p – жорсткість пружини плунжерних фіксаторів, Н/м;
- μ_1, μ_2, μ_3 – коефіцієнти тертя підщепи по диску, клапану захвата і пружині відповідно;
- K – коефіцієнт запасу сили тиску пружини;
- L_{\min} – найменша відстань від бічної поверхні підщепи до упорів, м;
- L_{\max} – найбільша довжина нециліндричної частини пружини, м;
- $D_{\text{цил}}$ – діаметр циліндричної частини пружини, м;
- d – діаметр дроту пружини, м.

У результаті отримані параметри форми робочої частини пружини, які представлені на рис.8. Таким чином, у вхідних параметрах процедури оптимізації форми робочої частини пружини зміниться тільки значення площі поперечного профілю пружини, а інші параметри залишаться незмінними.

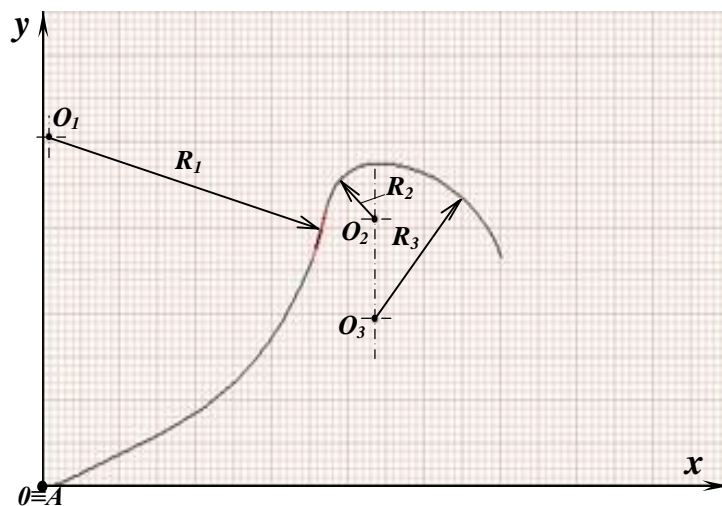


Рис.8. Результат побудови в автоматизованому режимі робочої частини пружини орієнтуючого пристрою: $R_1 = 37$ мм; $R_2 = 7$ мм; $R_3 = 18$; $L = 77$ мм.

Висновки.

1. Встановлено, що для зменшення ступеня пошкодження тканин підщеп при їх повертанні у захватах садильного апарата орієнтуючим пристроєм, необхідно поперечний переріз дроту робочої частини пружини орієнтуючого пристрою виготовити не у вигляді кола, а у вигляді еліпса шириною 4 мм та товщиною 2 мм.

2. Доведено, що при зміні форми поперечного профілю дроту пружини вхідні параметри процедури оптимізації форми її робочої частини не зміняться, зміниться тільки площа поперечного профілю дроту.

3. Для визначення необхідної притискної сили пружини зміненого поперечного перерізу на підщепи, що забезпечить максимальну стабільність процесу роботи орієнтуючого пристрою та мінімальний деформуючий вплив на провідні судини тканин підщеп необхідно провести додаткові експериментальні дослідження.

Література

1. *Чижигов І.О.* Удосконалення засобів механізації для садіння підщеп плодкових культур / *І.О. Чижигов* // Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2009. - Вип.9, т.3. - С. 59-64.

2. Галузева програма розвитку садівництва України на період до 2025 року.-К.: [Б.в.], 2008.-76 с.

3. *Сафонов А.Ф.* Технологические параметры плодopитомнической сажалки МПП-4 / *А.Ф. Сафонов* // Техника в сельском хозяйстве.- 1992.- №4. -С. 20-21.

4. *Сафонов О.Ф.* Механізація вирощування плодкових саджанців / *О.Ф.Сафонов* // Техніка в АПК. – 1997. - №2. - С. 26-27.

5. *Чижигов І.О.* Функціональний аналіз конструкції машини для садіння підщеп плодкових культур / *Чижигов І.О., Антонова Г.В., Чижигов О.І.* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т.2. – С. 150 - 156. - Режим доступу: www.nbu.gov.ua/e-journals/nvt dau/2012_2/index.html.

6. *Чижигов І.О.* Модель оптимізації процесу садіння підщеп плодкових культур садильним апаратом дискового типу / *І.О. Чижигов* // Збірник наукових праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві». – Вип. 1(9). – Запоріжжя, 2012. – С. 83-96.

7. Пат. на корисну модель № 59975 Україна, МПК А01С11/04. Садильний апарат дискового типу / *І.О. Чижигов, О.Г.Караєв.* - № 201012936; заявл. 01.11.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

8. *Караєв О.Г.* Обґрунтування параметрів орієнтуючого пристрою садильного апарата машини для садіння підщеп плодкових куль-

тур / О.Г. Караєв, І.О. Чижи́ков, В.В. Кузьмінов // Науковий вісник НУБІП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – Київ, 2011.- Вип.166, ч.2.- С. 103-115.

9. Чижи́ков І.О. Результати лабораторно-польових випробувань макетного зразка секції машини для садіння підщеп плодових культур/ І.О. Чижи́ков // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 3. – С. 140-146.- Режим доступу:www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012_3/index.html

10. Бронштейн І.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов./ И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – 13-е изд., исправл. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.

11. Погорелов А.В. Дифференциальная геометрия / А.В. Погорелов. – М.: Наука, 1974. – 176 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ОРИЕНТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПОСАДОЧНОГО АППАРАТА МАШИНЫ ДЛЯ ПОСАДКИ ПОДВОЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

И.А. Чижи́ков

Аннотация – в статье приведено обоснование конструкции пружины ориентирующего устройства, используемого для поворота подвоев в захватах посадочного аппарата машины для посадки подвоев. Определены входные параметры для проведения процедуры оптимизации формы пружины устройства усовершенствованной конструкции.

INPUT DATA DEFINING FOR OPTIMIZATION MATHEMATICAL MODEL WORKING OUT FOR PLANTING MACHINE ORIENTING DEVICE FOR PLANTING STOCKS OF FRUIT CROPS

I. Chizhykov

Summary

The construction substantiation for spring orienting device being used for turning the stocks having been captured in the planting machine aggregate for stock planting has been given in the article. The input parameters for conducting the procedure with the device spring form of improved construction have been defined.