

М.М. Петренко, проф., канд. техн.наук, В.А. Онопа, викл.,
Д.В. Богатирьов, канд. техн. наук, В.В. Онопа, студ.
Кіровоградський національний технічний університет

Методика визначення параметрів пневматичної насадки пневмодезинсектора

В статті наведено методику розрахунку параметрів пневматичної насадки пневмодезинсектора. Наведено дослідження, які дозволяють теоретично визначити конструктивні параметри щілин пневматичних насадок з урахуванням особливостей руху шкідника.

пневмодезинсектор, пневматична насадка, шкідник, повітряний потік

Вирішення задач по збільшенню виробництва продукції сільського господарства в нашій країні передбачає високі темпи розвитку сільськогосподарського машинобудування, розроблення і впровадження в виробництво системи машин для комплексної механізації робіт по виробництву сільськогосподарських культур. Причому, значне місце в загальній системі заходів, спрямованих на підвищення врожайності сільськогосподарських культур, займає боротьба із шкідниками.

Складна екологічна ситуація в Україні також потребує більш широкого застосування екологічно безпечних засобів захисту рослин. Необхідне виробництво продукції без залишків пестицидів особливо для дитячого та дієтичного харчування. І це в першу чергу стосується продукції, що споживається в сирому вигляді, а саме плодів та овочів.

Так, в Україні площа під картоплею становить 1530 тис. га, в тому числі в сільськогосподарських господарствах 525 тис. га. В усьому світі визнані перспективними інтегровані системи захисту рослин, в основу яких покладено використання пневматичних машин для збирання шкідників без застосування пестицидів. Також доцільне використання пневматичних машин для збирання шкідників на пасльонових культурах (картоплі, томатах, баклажанах,) в господарствах України особливо зонах підвищеної екологічної небезпеки. Існуючий парк сільськогосподарських пневматичних машин потребує удосконалення, спрямованого на зменшення енерговитрат і підвищення ефективності роботи.

На кафедрі Сільськогосподарського машинобудування Кіровоградського національного технічного університету розроблено конструкцію і виготовлено дослідний зразок пневмодезинсектора, який показав свою ефективність збирання шкідників з плантацій пасльонових культур під час польових випробувань [1, 2].

Мета даного дослідження полягає у теоретичному визначенні конструктивних параметрів щілин пневматичних насадок з урахуванням особливостей руху шкідника.

Одним з основним параметром який суттєво впливатиме на процес збирання шкідників є радіус пневмонасадки (рис. 1). Під час обґрунтування значення радіусу слід врахувати наступні особливості роботи насадки:

- насадка повинна охоплювати найбільший кущ по висоті, тобто $R > h_c$, а також бути ширшою за кущ – для унеможливлення струшування шкідників;
- висота встановлення h_0 насадки повинна враховувати нерівності поля та місцезнаходження шкідників.

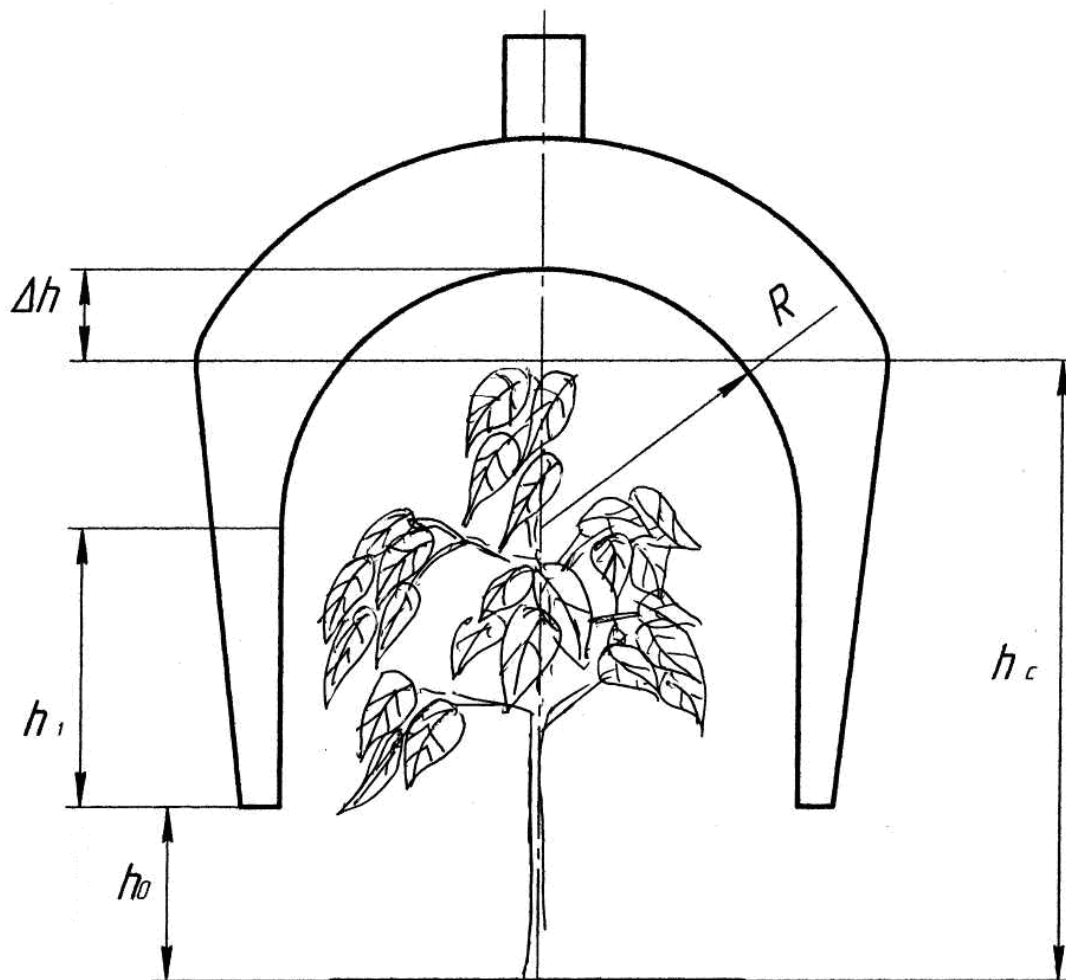


Рисунок 1 – Насадка пневмодизенсектора

З урахуванням проведених досліджень [1] радіус насадки можна визначити теоретично наступним чином:

$$R = \frac{3}{5} \cdot h_c + \Delta h, \quad (1)$$

де h_c - висота найбільшого куща, м;

Δh - зазор між листям куща та поверхнею насадки, який не дозволить листю перекрити щілини [1], $\Delta h = 0,010-0,025$ м.

Ширина щілини залежить від параметрів шкідника і може бути визначена через його подвоєний еквівалентний діаметр [3]:

$$t_{щ} = 2 \cdot d_e = 2 \cdot \sqrt[3]{L_{щ} \cdot B_{щ} \cdot T_{щ}}, \quad (2)$$

де $L_{щ}$ – довжина шкідника (максимальний розмір), м;

$B_{щ}$ – ширина шкідника (середній розмір), м;

$T_{щ}$ – товщина шкідника (найменший розмір), м.

Кількість щілин визначається за формулою (3), яке округлюють у меншу сторону:

$$z = \frac{\pi \cdot R + 2 \cdot h_1}{t_{щ} + h_{щ}}, \quad (3)$$

де $h_{щ}$ – крок між щілинами, м [1]: $h_{щ} = 2 \cdot t_{щ}$

h_1 – висота прямої ділянки пневмонасадки, м.

Експериментально встановлено, що кількість щілин 5 або 7 шт., що забезпечує рівномірне перекриття факелів всмоктувального повітряного потоку.

Кут нахилу щілини по ходу руху пневмодезинсектора:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{R}{V_H \cdot t}\right), \quad (4)$$

де V_H - швидкість руху пневмонасадки, м/с; t - час обробітку одного куща, с.

Експериментально встановлено, що раціональне значення кута нахилу щілини заходиться в межах 42-45°.

Для вибору типу вентилятора потрібно знати витрати повітря пневмонасадкою [9]:

$$q = 1,1 \cdot z \cdot k_1 \cdot t_{щ} \cdot L_{щ} \cdot V_{нов}, \quad (5)$$

де $V_{нов}$ – швидкість повітря, м/с;

k_1 – коефіцієнт нерівномірності розподілу повітряного потоку в об'ємі пневмонасадки [5]; $L_{щ}$ – довжина щілини $L_{щ} = V_H t$, м.

Швидкість повітря $V_{нов}$ в щілинах всмоктувальної насадки визначає ефективність її роботи і знаходиться за виразом:

$$V_{нов} > \sqrt{\frac{m \cdot g(1 + \cos\beta' - \mu \sin\beta')}{k \cdot \rho_c \cdot f}}, \quad (6)$$

де μ – коефіцієнт тертя шкідника о стебло, $\mu = 0,72 - 0,77$;

m – маса найважчого шкідника, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

β' - кут нахилу стебла до горизонту під час пневмодезинсекції, град;

f – міделевий перетин шкідника, м²;

ρ_c – густина середовища (повітря), $\rho = 1,2 - 1,22$ кг/м³;

k – коефіцієнт опору під час всмоктування, $k = 0,7 - 0,75$.

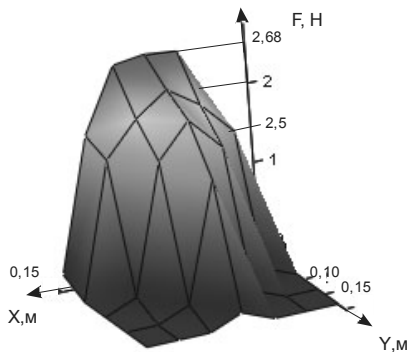


Рисунок 2 – Значення сили всмоктування F.



Рисунок 3 – Лабораторна установка для визначення сили присмоктування

Також для вибору вентилятора потрібно знати значення необхідного тиску:

$$P_g = 1,2 \cdot (P_1 + P_2 + P_3), \quad (7)$$

де P_1 – тиск необхідний для всмоктування шкідника, Па;

P_2 – втрати тиску на тертя в пневматичній системі, Па [3, 5];

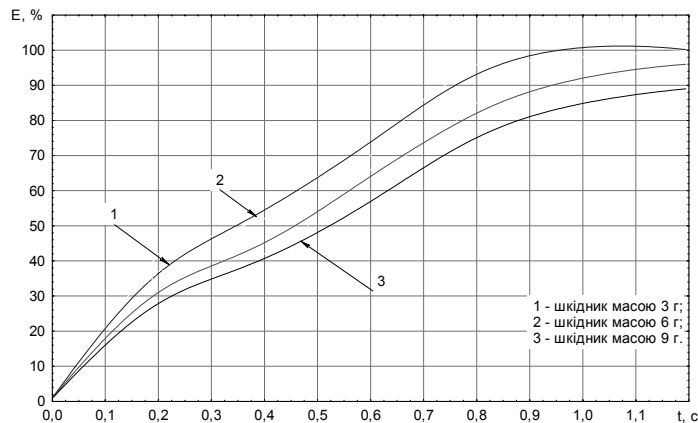
P_3 – втрати тиску на подолання місцевих опорів в системі, Па [3, 5].

$$P_1 = \frac{\rho \cdot V_{нов}^2}{2}, \quad (8)$$

Ефективність вловлювання шкідників отримано шляхом представлення руху шкідників як випадковий процес, за загальною методикою [4]:

$$E = 1 - \frac{8}{\pi^2} \cdot \sum_{m=0}^{\infty} \left[\frac{1}{(2m+1)} \cdot \exp \left[\frac{(2m+1)^2 \pi^2}{16 \cdot \left(\frac{h_c}{\sqrt{2 \cdot t_{uy} \cdot L_{uy}}} \right)^2} \right] \right] \quad (9)$$

Під час чисельного експерименту за допомогою пакету прикладних програм MathCAD отримали наступну графічну залежність (рис. 4).



1, 2, 3 – Ефективність уловлювання шкідника з масою 3, 6, 9 г.

Рисунок 4 - Залежність ефективності уловлювання (E) від часу (t).

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки.

1. Отримані теоретичні залежності дозволяють визначити параметри щілини, а також її положення на площі пневмонасадки.

2. Визначені теоретичним шляхом параметри щілини, підтвержені експериментально і мають наступні значення:

- раціональне значення кута нахилу щілини заходиться в межах $42-45^{\circ}$;
- ширина щілини $t_{uy} = 8-10$ мм;
- довжина щілини в межах $L_{uy} = 45-50$ мм;
- робочий тиск вентилятора повинен знаходитися в межах 1,8-2,1 кПа.

Список літератури

1. Онопа В.А. Оптимізація параметрів пневматичної насадки пневмодезинсектора на стендовій установці //Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск 31. – Кіровоград: КДТУ, 2001. – С. 100-104.
2. Петренко М.М., Кириченко А.М., Онопа В.А. Теоретичне дослідження руху шкідників у повітряному потоці пневматичної насадки пневмодезинсектора // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск 33. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – С. 249-254.
3. Идельчик И.Е. Аэродинамика технологических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983. – с. 278-281.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и её инженерное приложение. – М.: Высшая школа, 2000. – 383 с.
5. Турбин Б.Г. Вентиляторы сельхозмашин. Теория и технологический расчёт. – Л.: Машиностроение, 1968. – 150 с.

В статье зложено методику расчёта параметров пневматической насадки пневмодезинсектора. Приведены исследования, которые позволяют теоретически определить конструктивные параметры щелей пневматических насадок с учетом особенностей движения вредителя.

In the article the method for determine of parametres air of pneumatic attachment of pneumatic disinfecter. Researches which allow in a theory to define the structural parameters of cracks of pneumatic attachments taking into account the features of motion of wrecker are resulted.