

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТУ

Піскаръов О. М.

Харківський Національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Викладені особливості імітаційного моделювання технологічних процесів культивування ґрунту.

**Постановка проблеми.** У технологічному процесі обробки ґрунту однією з важливих технологічних операцій є культивування, яка передбачає застосування робочих органів для підрізання бур'янів та рихлення поверхневого шару ґрунту. При зміні фізико-механічних властивостей ґрунту та фізичного складу рослин необхідно враховувати конструктивні особливості робочих органів культиваторів та режими їх роботи. Для раціонального використання потужності двигуна трактора необхідно визначити оптимальні параметри, які забезпечують максимальну продуктивність агрегату при різних значеннях глибини обробки і питомого опору ґрунту, а також особливості конструкційних матеріалів та їх профілів для виготовлення робочих органів.

Одним з необхідних етапів створення нових робочих органів є імітаційне моделювання розроблених математичних моделей роботи систем обробки ґрунту з метою встановлення їх параметрів.

**Мета статті** – формулювання основних принципів та опис імітаційного моделювання технологічного процесу культивування ґрунту з застосування сучасного програмно-апаратного комплексу.

**Основні матеріали статті.** Система культивування ґрунту потребує дослідження робочих органів та впливу швидкості руху на якість функціонування з метою вдосконалення параметрів та зменшення енергетичних втрат. З цією метою обґрунтована й розроблена модель процесу обробки ґрунту, де структура ґрунту розглядається як суцільне середовище. Отримані закономірності, що характеризують тяговий опір робочого органу залежно від його конструктивно-геометричних параметрів, фізико-механічних властивостей ґрунту й технологічних параметрів роботи системи.

При розв'язанні завдань, пов'язаних з взаємодією робочих органів культиваторів з ґрунтом, ґрунт традиційно розглядається як тверде тіло, а також в останніх роботах багато дослідників розглядають ґрунт як суцільне середовище, що деформується. При цьому моделювання технологічного процесу обробки ґрунту здійснюють із використанням законів механіки суцільного середовища, що деформується, в основу якої закладена гіпотеза про суцільну модель структури ґрунтового середовища.

Коректна постановка завдань механіки суцільних середовищ полягає у формулюванні повної системи рівнянь для розглянутого середовища, а також зазначенні початкових і граничних умов.

Повна система рівнянь має вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{d\rho}{dt} + \operatorname{div}\rho V &= 0, \\ p \frac{dV}{dt} &= pf - \nabla p + \mu \Delta V + \left( \xi + \frac{\mu}{3} \right) \nabla \operatorname{div} V \\ p \frac{dE}{dt} - p \operatorname{div} V &+ \Phi + \operatorname{div}(\lambda \nabla T), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $V$  – швидкість середовища;  
 $\rho$  – щільність середовища;  
 $f$  – щільність масової сили, що діє на одну матеріальну крапку середовища;  
 $p$  – напруга в розглянутій крапці середовища;  
 $T$  – температура;  
 $E$  – внутрішня енергія суцільного середовища;  
 $\Phi$  – дисипативна функція.

$$\Phi = \xi (\operatorname{div} V)^2 + 2\mu V_{ik}^0 V_{ik}^0$$

де  $\mu$  – коефіцієнт першої в'язкості;  
 $\xi$  – коефіцієнт другої в'язкості.

Таким чином, маючи повну систему рівнянь механіки суцільних середовищ, можна одержати модель руху робочого органу культиватора в ґрунті.

Прийнявши умовно за основу, що робочий орган нерухомий, а переміщається ґрунт, структура якого розглядається як суцільне деформуємо середовище, рух робочого органу можна розглядати за допомогою програмного комплексу Solidworks Flow Simulation.

З метою конкретного вивчення роботи робочого органу культиватора в роботі використовувався програмний комплекс Solidworks Flow Simulation, за допомогою якого була розроблена модель процесу обробки ґрунту робочим органом.

За розрахункову область (рис. 1) був прийнятий прямокутний канал глибиною 30 см. За початкову умову прийнята швидкість потоку назустріч робочому органу  $V = 3,33$  м/с.

Аналіз результатів розрахунків показав, що тиск від лемешів передається нагору до шарів ґрунтових часток, розташованих на глибині 6...7 см у вертикальній площині, що перебуває в 10 см від площини симетрії робочого органу, а в площині, що перебуває в 55 см від площини симетрії – до шару на глибині 11...12 см, отже, у верхніх шарах ґрунту, розташованих ближче до країв культиваторної лапи, якість розпушування погіршується.

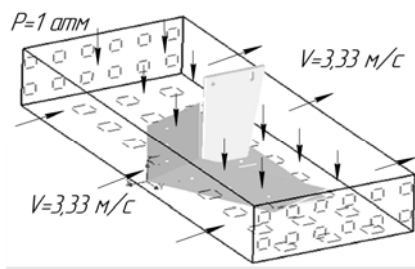


Рисунок 1 – Область розрахунків, граничні та початкові умови

З використанням викладеної раніше методики моделювання технологічного процесу обробки ґрунту був проведений аналіз імітаційний аналіз роботи культиваторної лапи за допомогою програмного комплексу Solidworks Flow Simulation. Була розроблена геометрична модель у системі автоматизованого проектування й імпортована у програму Solidworks. З діаграм розподілу тиску в горизонтальній площині (рис. 2) видно, що при роботі робочого органа культиватора на глибині 30 см напруга в ґрунтовому шарі, розташованому на глибині 8 см, виникає тільки в радіусі 6...7 см перед стійкою робочого органа й на 40 см вправо та уліво. При цьому ґрунт, розташований в 15 см від країв робочого органа, буде погано кришитися внаслідок того, що тиск до ґрунтових часток, розташованих у цьому шарі, передаватися не буде.

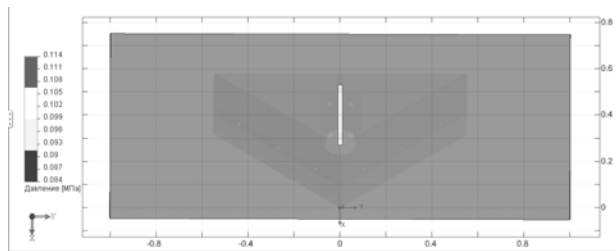


Рисунок 2 – Розподіл тиску в горизонтальній площині на глибині 8 см

Розподіл тиску в вертикальній площині (рис.3) показує, що при роботі робочого органа з додатковими пристосуваннями, що безпосередньо контактують із ґрунтом на глибині 5 см, вони додатково створюють напругу на 2 см нагору та униз, тим самим впливаючи на шар ґрунту по всій глибині обробки, що характеризує більш інтенсивне розпушування ґрунту.

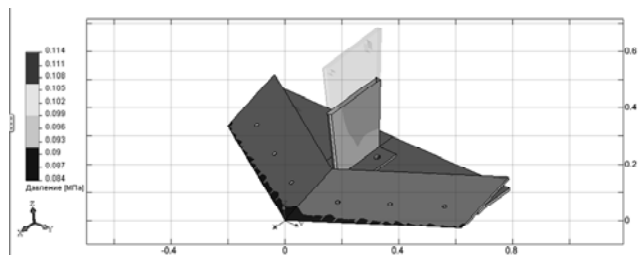


Рисунок 3 – Розподіл тиску по поверхні робочого органа культиватора

Аналіз розподілу тиску по поверхні робочого органа (рис. 2) дозволяє зробити висновок щодо характеру і значення виникаючого в процесі роботи тиску на поверхнях робочих органів.

Отже, необхідно мати у своєму розпорядженні уточнені формули для розрахунків тягового опору робочих органів культиватора, щоб на стадії проектування мати можливість оцінити залежність тягового опору від конструктивних параметрів робочого органа і якщо буде потреба скорегувати їх.

На підставі теоретичних розрахунків були побудовані графіки залежності тягового опору робочих органів від швидкості руху агрегату (рис. 4).

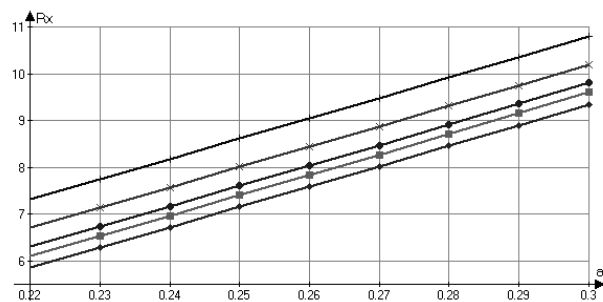


Рисунок 4 – Залежність тягового опору  $R_X$  (кН) від швидкості руху  $V$  (м/с)

**Висновок.** Розглянуто особливості імітаційного моделювання технологічних систем обробки ґрунту. Представлені результати можуть бути використані для визначення характеристик робочих органів.

#### Список використаних джерел

1 Сравнительный анализ рабочих органов плоскореза-глубокорыхлителя на основе компьютерного моделирования // А. Н. Хмура, М. М. Константинов, К. С. Потешкин, Б. Н. Нуралин - Вестник РАСХН. – 2012. – №1. – С. 39 – 41.

#### Аннотация

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КУЛЬТИВАЦИИ ГРУНТА

Пискарев А. Н.

*Представлены особенности имитационного моделирования технологических процессов культивации грунта.*

#### Abstract

### SIMULATION PROCESS SOIL CULTIVATION

A. Piskarev

*Presented features the simulation process of cultivation of the soil.*