



УДК 631.31

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З ҐРУНТОМ

Лабатюк Ю.М., к.т.н.

Алієв Е.Б., к.т.н.

Інститут олійних культур НААН

Тел.: +380(61) 223-99-99, +380(61) 223-99-50

Анотація – одержана механіко-математична модель процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом. Визначені значення напружень опору і шляху зминання ґрунту для різних його шарів.

Ключові слова – ґрунт, глибокорозпушувач, механіко-математична модель, напружений стан, зминання.

Постановка проблеми. Механічна обробка ґрунту грає однаково важливу роль у формуванні врожаю на всіх ґрунтах при звичайних погодних умовах. Механічна обробка ґрунту – це процес взаємодії між робочими органами машин (знарядь) і ґрунтом. Механічна обробка ґрунту означає, що ґрунт деформується під дією сил, що виникають в процесі взаємодії робочих органів знаряддя з ґрунтом. При створенні знарядь можна змінювати величину і форму поверхні робочих органів, значить, і сили, що діють на ґрунт. Реакція ґрунту на прикладене зусилля є опором ґрунту обробці. Реакція робочого органу на дію ґрунту – це сили уздовж поверхні контакту робочого органу, які розповсюджуються від поверхні контакту вглиб, викликаючи спочатку ущільнення, а потім руйнування ґрунту в залежності від її вологості та механічного складу. Особливою задачею є створення математичної моделі процесу взаємодії робочих органів із ґрунтовым середовищем, яке виникло за рахунок довготривалого зрошення, що призвело до розподілу пошарової щільності ґрунтів та високої їхньої неоднорідності [1].

Аналіз останніх досліджень. Проведені дослідження [2] напруженого стану ґрунту під дією робочих органів не призвели до отримання практичних результатів. Численні спроби застосування методів досліджень [3] пружних матеріалів щодо аналізу напружень у ґрунті також не дали результатів, так як залежність між силою, що діє на ґрунт і деформацією ґрунту є функцією стану ґрунтового середовища. На жаль, у всьому світі мало приділяється уваги дослідженням зміни

властивостей ґрунту при механічній обробці. У дослідженнях взаємодії робочих органів з ґрунтом при механічній обробці прийнято фіксувати деякі фізико-механічні характеристики ґрунту, від яких залежать результативність і характер цієї взаємодії: вологість ґрунту; твердість і міцність ґрунту; тертя ґрунту об поверхню робочого органа при русі; трудність обробки ґрунту; абразивні властивості ґрунту. Практично всі властивості ґрунту, в тому числі і перераховані вище, залежать від вологості ґрунту.

Постановка завдання. Дослідити процес пошарової (I шар 0-15 см, II шар 15-0,25 см, III шар 25-40 см) деформації ґрунтового середовища робочими органами ярусного глибокорозпушувача.

Основна частина. Розглянемо процес взаємодії робочого органу глибокорозпушувача із шаром ґрунту. Робочий орган представляє собою двогранний клин. За даними [4] величина сили опору двогранного клину дорівнює:

$$F = \sum F_{\text{тер.}} + F_{\text{деф.}}, \quad (1)$$

де $\sum F_{\text{тер.}}$ – сумарна сила опору ґрунту від сил тертя, Н;

$F_{\text{деф.}}$ – сила опору деформації ґрунту, Н.

При роботі клина в однорідному за властивостями ґрунті складова $\sum F_{\text{тер.}}$ має постійне значення, а $\sum F_{\text{деф.}}$ періодично змінюється від нуля до деякого максимального значення, що обумовлено циклічним характером деформації ґрунту під дією клина. Характер зміни сили опору деформації ґрунту залежить від його фізико-механічних властивостей і вологості. За даними експериментальних досліджень [5, 6] приймаємо те, що динамічна сила опору деформації ґрунту змінюється за законом синуса (рис. 1)

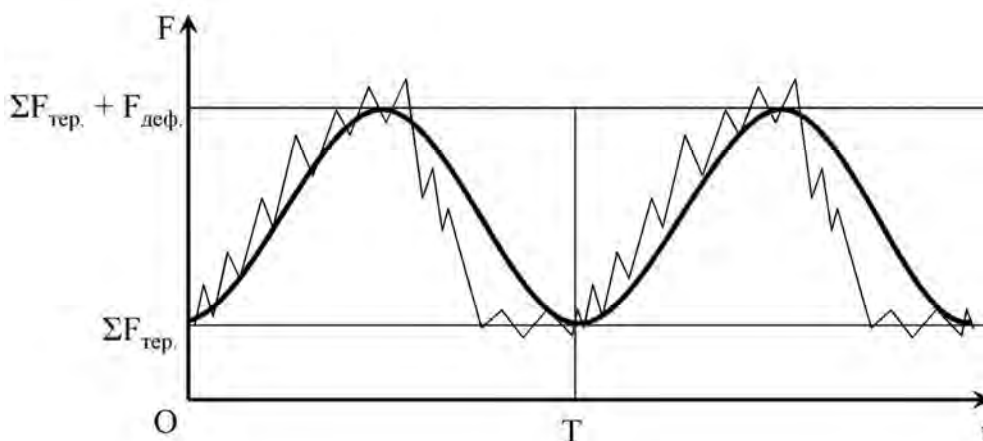


Рис. 1. Динамічна залежність сили опору деформації ґрунту: 1 – експериментальні данні досліджень [5], 2 – лінія апроксимації

При цьому процес «стиснення-руйнування» швидкоплинний і за певних умов клин може перейти в стан ударного навантаження. А.Н. Гудков, Г.А. Деграф, К.Г. Арутюнян, В.В. Кацигін, Ю.Ф. Новіков [6] і

ряд інших дослідників питання взаємодії робочих органів із ґрунтом розглядають з урахуванням швидкостей поширення напружень і деформацій у ґрунті.

У вузькому діапазоні варіювання швидкості залежність між напруженістю опору ґрунту і швидкістю деформації може бути описана лінійним рівнянням [7]

$$\sigma = \sigma_n (1 + K_p V), \quad (2)$$

де σ – напруженість опору ґрунту, Па;

K_p – коефіцієнт, що враховує релаксаційні властивості ґрунту,

$K_p = 0,25 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$;

V – швидкість деформації ґрунту (швидкість руху трактора), м/с;

σ_n – миттєве напруження опору ґрунту, Па.

Тому напружений стан у ґрунті залежить не тільки від величини деформації, але і від швидкості, з якою розвивається процес деформації. З цього можна зробити висновок, що ударне прикладення навантажень на ґрунт викликає більш високі напруження. При цьому межі його міцності при руйнування підвищуються.

Для визначення миттєвого напруження опору ґрунту розглянемо елементарну площадку на яку діють нормальні і дотичні напруження (рис 2).

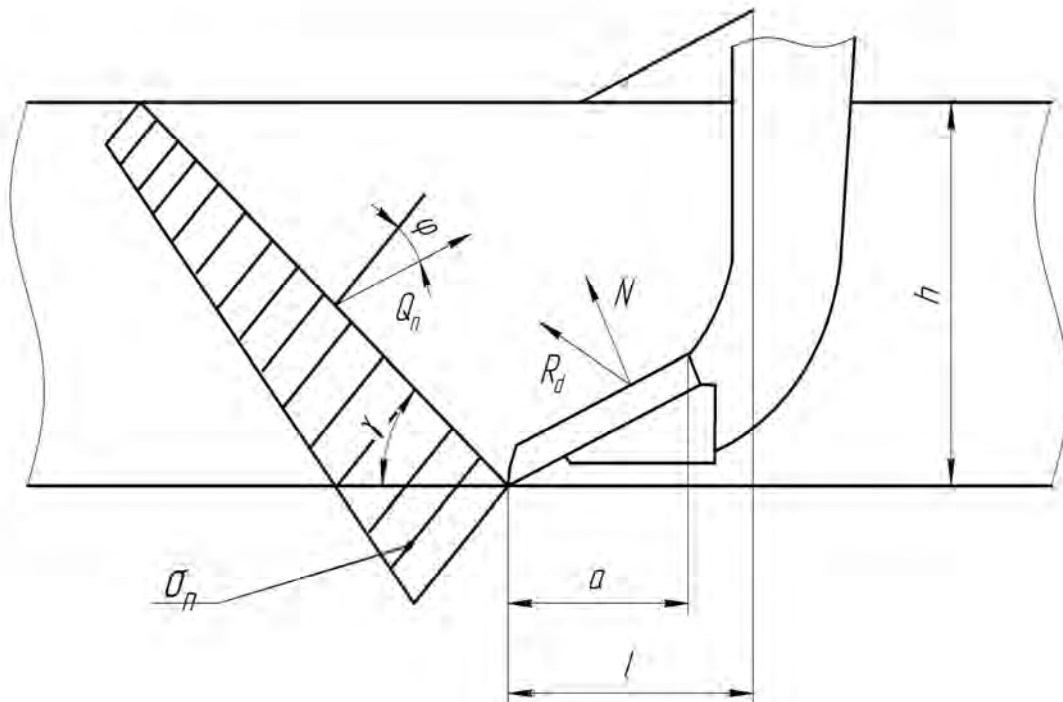


Рис. 2. Схема дії напружень на елементарну площадку ґрунту: γ – кут здвигу ґрунту у поперечному напрямі; σ_n – гранична рівновага; R_d – рівнодіюча сила; N_n – сила нормальної реакції

Напруження в точках області граничної рівноваги для елементарної площини ґрунту визначається системою п'яти рівнянь [9]:



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \gamma, \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} - \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = 0, \\ \frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}{(\sigma_x + \sigma_y + 2C_0 \operatorname{ctg} \varphi)^2} = \sin^2 \varphi, \\ \sigma_n = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) - \cos \varphi \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_x - \sigma_y)^2 + \tau_{xy}^2}, \\ \tau_n = \sin \varphi \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_x - \sigma_y)^2 + \tau_{xy}^2}, \end{array} \right. \quad (3)$$

де τ_{xy} – дотичне напруження, Па;
 σ_x, σ_y – нормальне напруження вздовж осей Ox і Oy відповідно, Па;
 τ_n – граничне дотичне напруження, Па;
 C_0 – зчеплення ґрунту, Па;
 φ – кут внутрішнього тертя ґрунту, рад;
 γ – об’ємна вага ґрунту, Н/м³;

$$\gamma = \rho \cdot g; \quad (4)$$

ρ – густина ґрунту, кг/м³;
 g – прискорення вільного падіння, м/с².

Згідно з експериментальними дослідженнями [8] зчеплення C_0 і кут внутрішнього тертя φ ґрунту залежать від його вологості W_0 (рис. 3, 4):

$$C_0 = -2,25 \cdot 10^{-4} W_0^3 + 1,37 \cdot 10^{-2} W_0^2 - 1,99 \cdot 10^{-2} W_0, \quad (5)$$

$$\varphi = -4,13 \cdot 10^{-4} W_0^2 + 1,66 \cdot 10^{-2} W_0 + 4,51 \cdot 10^{-1}, \quad (6)$$

де W_0 – вологість шару ґрунту, %.

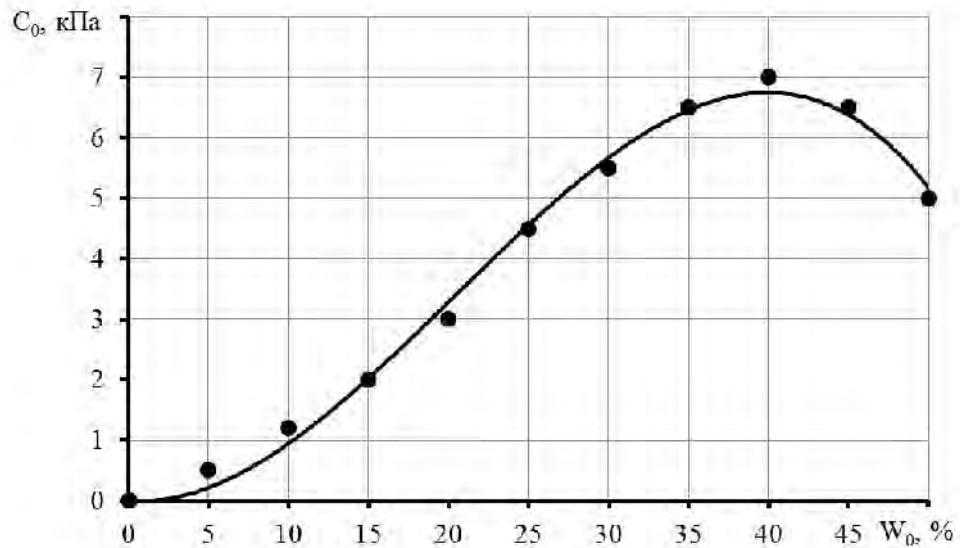
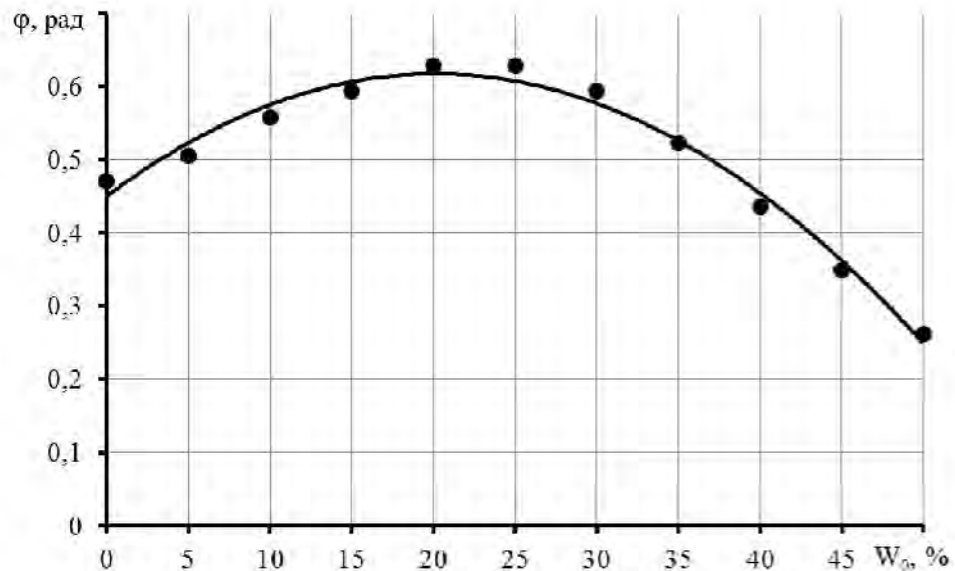
Відповідно до рівняння Кулона-Мора, опір зсуву по визначеній поверхні руйнування лінійно залежить від нормального напруження ґрунту:

$$|\tau_n| = C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi. \quad (7)$$

Однак використання методу Кулона для визначення граничної рівноваги дає великі похибки. Більш точні результати дозволяє одержати метод, розроблений В.В.Соколовським, що полягає в наступному [9]. Умову граничного опору, що передуює руйнуванню ґрунту, можна записати у наступному вигляді:

$$\max\{|\tau| - (C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi)\} = 0. \quad (8)$$

Система рівнянь (3) і (8) характеризує граничний стан і обрис лінії ковзання.

Рис. 3. Залежність зчеплення C_0 ґрунту від його вологості W_0 Рис. 4. Залежність кута внутрішнього тертя ϕ ґрунту від його вологості W_0

Однак, в явному вигляді ці рівняння дуже важко вирішити. Тому, скориставшись програмним пакетом Maple 16 з використанням методів чисельного обчислення систем диференціальних рівнянь у часткових похідних, були отримані значення миттєвих напружень опору ґрунту для кожного шару ґрунту:

- I шар ($\rho = 1430 \dots 1460 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 9 \dots 11 \%$) $\sigma_n = 30,8 \dots 50,9 \text{ кПа}$;
- II шар ($\rho = 1340 \dots 1560 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 24 \dots 26 \%$) $\sigma_n = 170,1 \dots 183,5 \text{ кПа}$;
- III шар ($\rho = 1280 \dots 1390 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 14 \dots 16 \%$) $\sigma_n = 105,1 \dots 129,3 \text{ кПа}$.

Провівши моделювання взаємодії робочого органу глибокорозпушувача із ґрунтом в програмних пакетах *SolidWorks 2013* і *PLAXIS* були отримані розподіл напруженості на робочий орган і шлях змінення ґрунту (рис. 5):

- I шар ($\rho = 1430 \dots 1460 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 9 \dots 11 \%$) $l = 1,01 \dots 1,23 \text{ м}$;
- II шар ($\rho = 1340 \dots 1560 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 24 \dots 26 \%$) $l = 0,83 \dots 0,96 \text{ м}$;
- III шар ($\rho = 1280 \dots 1390 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 14 \dots 16 \%$) $l = 0,44 \dots 0,56 \text{ м}$.

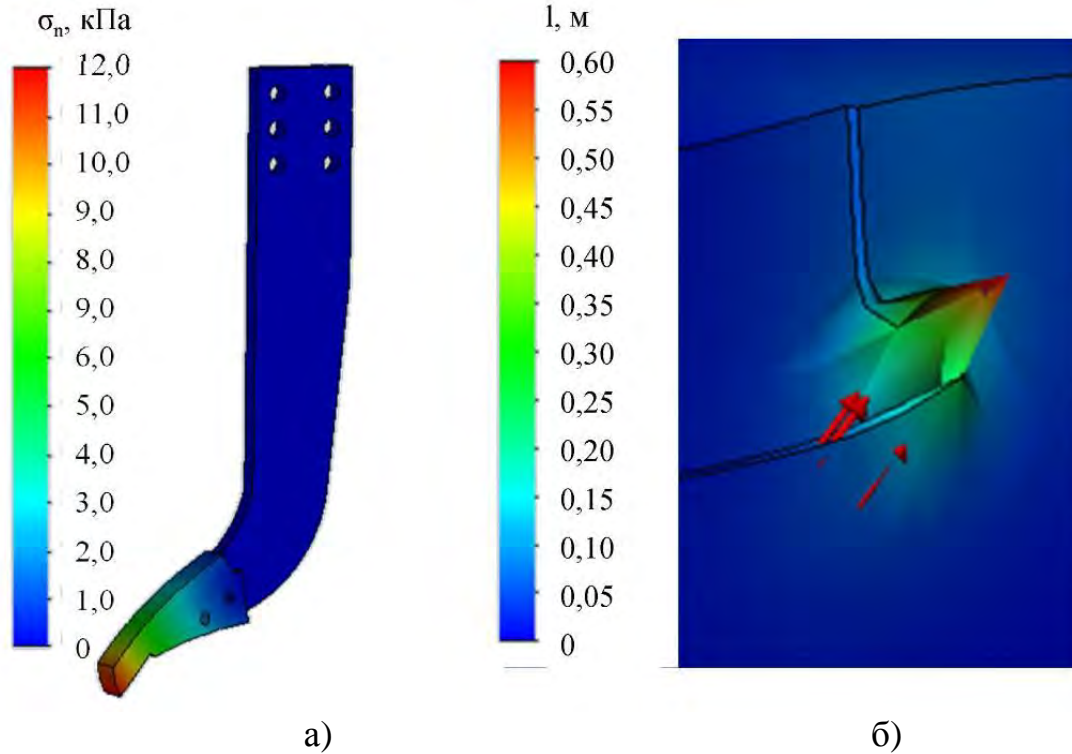


Рис. 5. Моделювання взаємодії робочого органу глибокорозпушувача із ґрунтом в програмних пакетах *SolidWorks 2013* (а) і *PLAXIS* (б)

Враховуючи рисунок 2 та рисунок 3, а також рівняння (1) і (2), остаточно маємо:

$$F = \sum F_{\text{тер.}} + F_{\text{деф.}}^{\max} \sin \omega t, \quad (9)$$

де $F_{\text{деф.}}^{\max}$ – максимальна сила опору деформації ґрунту, Н;

$$F_{\text{деф.}}^{\max} = \sigma \cdot l \cdot a \cdot \sin \alpha, \quad (10)$$

де l – шлях зминання ґрунту, м;

a – довжина робочої частини розпушуючої лапи робочого органу, м;

α – кут кришення лапи робочого органу, м;

ω – частота зміни сили опору деформації ґрунту, с^{-1} ;

$$\omega = \frac{V}{l}. \quad (11)$$



Висновки. 1. Одержана механіко-математична модель процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом пов'язала між собою напруження опору і шлях змінання ґрунту від його фізико-механічних властивостей (щільність та вологість).

2. За результатами розрахунку механіко-математичної моделі були отримані значення напружень опору σ_n і шляху змінання ґрунту l для кожного його шару:

– I шар ($\rho = 1430...1460 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 9...11 \%$) $\sigma_n = 30,8...50,9 \text{ кПа}$, $l = 1,01 ...1,23 \text{ м}$;

– II шар ($\rho = 1340...1560 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 24...26 \%$) $\sigma_n = 170,1...183,5 \text{ кПа}$, $l = 0,83...0,96 \text{ м}$;

– III шар ($\rho = 1280...1390 \text{ кг/м}^3$, $W_0 = 14...16 \%$) $\sigma_n = 105,1...129,3 \text{ кПа}$, $l = 0,44 ...0,56 \text{ м}$.

Література

1. Шевченко И.А. Обоснование геометрических параметров ступенчатых рабочих органов глубоких рыхлителей для почв юга Украины: дисс. канд. техн. наук : 05.20.01 / И.А.Шевченко. – Москва, 1987.
2. Горячкин В.П. Теория разрушения почв. Собр.соч. / В.П. Горячкин – М.: Колос, 1968. – Т2. С. 335-382.
3. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическим способом / А.Н. Зеленин – М.: Машиностроение, 1968. – 376 с.
4. Заславский М.Н. Почва и эрозия / М.Н. Заславский. – М. : Мысль, 1979. – 245 с.
5. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н.Синеоков, И.М.Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
6. Гудков А.Н. Теоретические положения к выбору новой системы машин для обработки почвы / А.Н. Гудков // Земледельческая механика. - М.: Машиностроение, 1969.-168 с.
7. Виноградов В. И. Сопротивление почвы смятию в зависимости от скорости деформации /Виноградов В.И.// Механизация сельскохозяйственного производства: Сб.науч.тр. ЧИМЭСХ.– Челябинск. – 1985.– Вып. 43.–4.2.– С. 11...17.
8. Евстифеев Д.В. Исследование параметров грунта при его прямом сдвиге / Д.В. Евстифеев, Г.П. Дроздовский, Н.Р. Шоль – Интернет-ресурс. – Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2005/mashin_2005/evstifeev_issled.htm.



9. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. – М. : Гостехиздат, 1954. – 243 с.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ГЛУБОКОРЫХЛИ-
ТЕЛЯ С ПОЧВОЙ**

Ю.М. Лабатюк, Э.Б. Алиев

Аннотация – получена механико-математическая модель процесса взаимодействия рабочего органа глубокорыхлителя с грунтом. Определены значения напряженности сопротивления и пути смятия почвы для разных ее слоев.

**MATHEMATICAL MODELING OF THE INTERACTION OF
WORKING WITH THE SOIL BODY CHISEL**

Y.Labatyuk, E.Aliev

Summary

Received mechanical-mathematical model of the interaction of the working body subsoilers with the ground. The values of the intensity and path collapsing soil for its various layers.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет



Науковий вісник

Таврійського державного агротехнологічного університету



Випуск 5 , Том 2

Електронне наукове фахове видання

Мелітополь – 2015 р.

УДК 631.3

ПЗ8

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип.5, Т.2. – Режим доступу:

<http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 8 від 28.04.2015 р.

Представлені результати досліджень вчених України в галузі механізації сільського господарства, енергетики і автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва та прикладної геометрії, інженерної графіки.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. - д.т.н., проф., ректор ТДАТУ (головний редактор);
Надикто В.Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (заступник головного редактора);
Діордієв В.Т. - д.т.н., проф. (відповідальний секретар);
Гнатушенко В.В. - д.т.н., проф.;
Дідур В.А. - д.т.н., проф.;
Єремєєв В.С. - д.т.н., проф.;
Кушнарьов А.С. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф.;
Куценко Ю.М. – д.т.н., доц.;
Леженкін О. М. - д.т.н. доц.;
Малкіна В.М. – д.т.н., проф.;
Овчаров В.В. - д.т.н., проф.;
Панченко А.І. - д.т.н., проф.;
Скляр О.Г. - к.т.н., доц.;
Тарасенко В.В. - д.т.н., проф.;
Шацький В.В. - д.т.н., с.н.с.;
Федюшко Ю.М. – д.т.н., проф.;
Фурман І.О.- д.т.н., проф.;
Ялпачик Ф.Ю. - к.т.н., проф.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Тарасенко В.В.

Адреса редакції: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.,
72312 Україна

ISSN 2220-8674

**© Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2015.**

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 5, Том 2.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Тарасенко В.В.

Комп'ютерна верстка – Чижиков І.О.

Підписано до друку 24.11.2015 р. друк. Rizo. Друкарня "Люкс".
15,3 умов. друк. арк.

73312 ПП Верескун.
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10
тел. (06192) 6-88-38



ЗМІСТ

**МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

До 100-річчя із дня народження П.П. Карпуши.	5
<i>КАРПУША П.П.</i> Етапи та напрями наукової діяльності . . .	6
1. <i>Білокопитов О.В., Саньков С.М, Рябцев Г.А.</i> З ненадрукованих досліджень д.т.н., професора П.П. Карпуши. Исследования работы игольчатых рабочих органов, установленных под острым углом атаки, для обработки пропашных культур	7
2. <i>Михайлов Е.В.</i> Теоретические основы моделирования и обеспечения эффективной работы технических средств послеуборочной обработки зерна.	30
3. <i>Михайлов Є.В., Задосна Н.О.</i> Шляхи інтенсифікації процесу попередньої очистки зерна та олійної сировини соняшнику.	41
4. <i>Караєв О. Г., Матковський О.І.</i> Дослідження переміщення ґрунту з саджанцями по робочому органу викопувального плуга	50
5. <i>Караєв О. Г., Сушко С.Л., Ковальчук Д.М.</i> Особливості проектування систем зрошення плодових культур	63
6. <i>Сушко С.Л.</i> Розробка автоматизованої системи управління зрошенням плодових культур.	72
7. <i>Білокопитов О.О., Задосна Н.О.</i> Методика визначення якісних показників роботи сепаруючої складової повітророзподільного пристрою машини попереднього очищення зерна.	78
8. <i>Тищенко С.С., Швайко В.М., Гурідова В.О.</i> Геометричне моделювання взаємодії поверхні ґрунтообробного робочого органу з ґрунтом.	91
9. <i>Морозов І.В., Морозов В.І., Ольховський Э.В., Синегуб В.В.</i> Повышение эффективности использования сеялок за счет усовершенствования технологического процесса высева семян.	97
10. <i>Ковбаса В. П., Гридякін В. О., Матюшенко Л. М.</i> Про згин жорстко заробленого прутка.	105
11. <i>Ковбаса В. П., Али Ахмед Кадем.</i> Построение и решение задачи взаимодействия деформируемого приводного колеса с деформируемой средой	115
12. <i>Падалка В.В.</i> Мінімальний обробіток ґрунту за «Шишацькими технологіями»	126
13. <i>Лабатюк Ю.М., Алієв Е.Б.</i> Математичне моделювання процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом .	133



14. *Бакум М.В., Ольшанський В.П., Крекот М.М., Винокуров М.О.* Дослідження параметрів руху часток в плоскому нахиленому каналі пневматичного сепаратора. 141
15. *Бакум М.В., Ящук Д.А.* Інтенсифікація вирощування овочів у відкритому ґрунті. 150
16. *Павленко С.І.* Ресурсозбереження в біоконверсії органічної сировини. 156
17. *Павленко С.І., Алієв Е.Б., Линник Ю.О.* Методика експериментальних досліджень процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті. 167
18. *Пацула А.Н.* Аналіз технічного забезпечення технологічного процесу створення кормових пелет з макух насіння олійних культур. 173
19. *Ляшенко С.В.* Удосконалення технологічних операцій підготовки до тривалого зберігання засобів малої механізації. . . 181
20. *Алієв Е. Б., Лиходід В. В., Івлєв В. В.* Чисельне моделювання процесу деформації шару грубої овечої вовни при ударно-механічному ущільненні. 188
21. *Изоитко В.М., Чеботарев В.П., Лукомский А.Е.* Поперечный прочес слоя льнотресты 195
22. *Дідур В.А., Караєв О.Г., Мінько С.А.* Визначення відносної швидкості руху ґрунту по робочому органу фрезерної машини. 201

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

23. *Котов Б.І., Калініченко Р.А., Романенко О.І.* Математичне моделювання динаміки нагрівання зернівки в змінному радіаційному потоці 210
24. *Назаренко І. П.* Дослідження параметричних коливань проводів систем електропостачання. 219
25. *Назаренко І. П.* Підвищення ефективності вітроенергетичної установки. 225
26. *Назаренко І. П., Коваль Д. М., Дубініна С. В.* Методи і технічні засоби очищення нафтопродуктів. 231
27. *Кашкар'ов А.О.* Автоматизація подачі живильного розчину у гідропонній теплиці. 235



ДО 100-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ КАРПУШИ ПАВЛА ПАВЛОВИЧА



06.11.1914 - 26.05.1987

Народився в сім'ї селянина. Після закінчення робфаку без відриву від виробництва у 1940 році з відзнакою закінчив Мелітопольський інститут інженерів-механіків сільського господарства ім.ОДПУ.

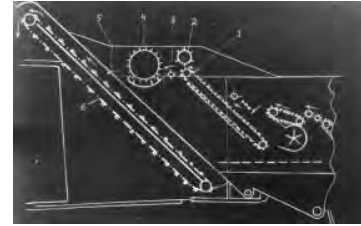
З 1930 по 1940 рік працював на підприємствах Мелітополя на різних посадах.

З 1940 по 1946 рік перебував у лавах Радянської Армії. Приймав безпосередню участь у боях із німецько-фашистськими загарбниками. Нагороджений бойовими орденами та медалями.

У 1946 році прийшов працювати до Мелітопольського інституту механізації сільського господарства на посаду асистента кафедри «Ремонт машин». За роки роботи в інституті пройшов трудовий шлях від асистента до професора, завідувача кафедри «Сільськогосподарських машин» та одержав наукову ступінь доктора технічних наук,. Під його керівництвом і безпосередній участі розроблено та впроваджено у виробництво нові робочі органи для ряду сільськогосподарських машин (сівалок, протиерозійних культиваторів, кукурудзозбиральних комбайнів та ін.)

Автор більш 100 наукових праць. Під його керівництвом захищено 20 кандидатських дисертацій. За сумлінну працю Карпушу П.П. було нагороджено 11 державними нагородами, серед яких три ордени «Знак пошани», почесною грамотою Президії Верховної Ради СРСР.

КАРПУША ПАВЛО ПАВЛОВИЧ ЕТАПИ ТА НАПРЯМИ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ



1956 рік – дослідження квадратно-гніздового висіву кукурудзи з використанням маркерних плям.

1956 рік – дослідження котушкових висівних апаратів висіву кукурудзи.

1958 рік – дослідження роботи кукурудзозбиральних комбайнів.

1959 рік – дослідження сошників просапних сівалок для внесення органо-мінеральних сумішей та гранул добрив.

1959 рік – обґрунтування переобладнання причіпних самохідних комбайнів.

1959 рік – дослідження робочих органів для міжрядного обробітку кукурудзи.

1959 рік – господарчі випробування самохідних шасі СШ-30, СШ-30А.

1961-1962 роки – розробка висококліренсного культиватора.

1962 рік – дослідження технологічної схеми кукурудзозбиральної машини.

1967 рік – дослідження пружних підвісок.

1969-1973 роки – підготовка та захист докторської дисертації на тему «Механіко-технологічні основи процесу роботи живильних апаратів кукурудзо-збиральних машин». Науковий керівник – академік Василенко П.М. За результатами дисертації опубліковано більш 30 наукових статей, підготовлено та захищено дві кандидатські дисертації, студентами захищено більш 30 дипломних проєктів. Результати дисертації використані Херсонським комбайновим заводом при розробці комбайнів нового покоління типу КСКУ-6.

1978 рік – дослідження процесу збирання селекційних та насінневих посівів методом очісу рослин на корені.

1980 рік – дослідження роботи відцентрових робочих органів для внесення мінеральних добрив.

1986 рік – дослідження голчастих робочих органів для суцільного обробітку ґрунту.

