

УДК 631.37

О.Ю. Ребров

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ УКРАЇНИ ЗА ПИТОМИМ ОПОРОМ ҐРУНТУ ПРИ ОРАНЦІ

В роботі проведений аналіз розподілу сільськогосподарських угідь України за питомим опором ґрунту при оранці. За даними щодо питомого опору ґрунтів різних типів і гранулометричного складу отримані вихідні дані для визначення розподілу ґрунтів за питомим опором в цілому по Україні. Встановлено, що розподіл ґрунтів за питомим опором при оранці не відповідає нормальному або багатомірному нормальному, а є лінійною комбінацією нормальних розподілів питомого опору за ґрунто-кліматичними зонами. Оцінка математичного сподівання питомого опору ґрунтів України при оранці може бути прийнятою рівною 57 кПа.

Ключові слова: питомий опір ґрунту при оранці, нормальний закон розподілу.

Вступ

Україна має найбільші і найцінніші запаси ґрунту, насамперед чорнозему, потужність і родючість якого найкраща в світі. Існують багато методів і концепцій розвитку сільськогосподарського виробництва, які базуються на новітніх технологіях обробки ґрунту, догляду за рослинами та ін.

Одним із самих енергозатратних в рослинництві є процес механічної обробки ґрунту, а саме полицева оранка.

Тому виникає зацікавленість щодо розподілу сільськогосподарських угідь України, а саме ріллі, за питомим опором при оранці. Питомий опір ґрунту при оранці плугами є еквівалентом витрат енергії на обробку ріллі, тому він може використовуватись в якості вихідних даних для аналізу і прогнозування потреб сільського господарства України в енергетичних засобах – тракторах. Відповідні значення питомого опору ґрунту є підставою для визначення найбільш доцільних з енергетичних позицій конструкцій тракторів, їх потужності, маси, параметрів ходових систем.

Питання розподілу сільськогосподарських угідь України за питомим опором при оранці є актуальним і важливим, оскільки воно пов'язане з різними сферами знань, спрямованих на підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Це ґрунтознавство, землеробство, машиновикористання і, насамперед, теорія трактора.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Ґрунтовий покрив України вельми різнобарвний. Номенклатура ґрунтів, прийнята при крупномасштабному ґрунтовому картуванні, що відбулося в 60-х роках ХХ сторіччя, налічує біля 650 видів [1]. Якщо взяти до уваги диференціацію за механічним складом, материнській породі, ступеню еродованості, засоленості та ін. (по яким не всі ґрунти розподілені), то кількість ґрунтових індивідів зросте до 2 тисяч.

Найбільший вплив на питомий опір ґрунту при оранці мають гранулометричний (механічний) склад ґрунту і його вологість. Номенклатура та поділ механічних елементів на гранулометричні фракції класифікується за Н. А. Качинським [2] (1965, табл. 1).

В основу класифікації ґрунтів за механічним складом покладено співвідношення фізичного піску (часточки розміром > 0,01 мм) та фізичної глини (часточки розміром < 0,01 мм). В Україні прийнята класифікація, розроблена М.М. Сибірцевим і удосконалена Н. А. Качинським [2] (табл. 2). Назва ґрунту за гранулометричним складом надається за вмістом фізичної глини в 1-му генетичному горизонті [3]. Зміна гранулометричного складу ґрунту, наприклад, найбільш поширеного на Україні чорнозему, під впливом процесу ґрунтоутворення і сільськогосподарської культури відбувається дуже повільно в сторону оглинювання [4].

Як відомо, польові культури, що вирощуються на Україні, згідно вимог до глибини оранки підрозділяються на дві великі групи [4]: перша – льон, ярові і озимі зернові та зернобобові, круп'яні та багаторічні трави (для них достатній основний обробіток на глибину 20-22 см), і друга – сахарний буряк, картопля, кукурудза та соняшник, що потребують більш глибокого основного обробітку – до 28-30 см, а іноді до 35 см. Сила тяги трактора, агрегатованого плугом, визначається згідно формули В.П. Гарячкина [5]:

$$P_{кр} = f_{пл} \cdot G_{пл} + k \cdot B \cdot h + B \cdot h \cdot \varepsilon \cdot V^2,$$

де $f_{пл}$, $G_{пл}$ – коефіцієнт опору самопересуванню плуга і вага плуга відповідно, кН; k – питомий опір ґрунту при оранці, кПа; B , h – ширина захвату плуга і глибина оранки відповідно, м; ε – коефіцієнт, що характеризує втрати з ростом швидкості оранки, пов'язаний з наданням ґрунту кінетичної енергії при його зрушенні корпусами плуга, кН·с²/м⁴; V – швидкість руху трактора при оранці, м/с.

Таблиця 1

Номенклатура та розподіл механічних елементів на гранулометричні фракції

| Фракції | Розмір, мм |
|------------------------|---------------|
| Камені | > 3 |
| Гравій | 3-1 |
| Пісок крупний | 1-0,5 |
| Пісок середній | 0,5-0,25 |
| Пісок дрібний | 0,25-0,05 |
| Пил крупний | 0,05-0,01 |
| Пил середній | 0,01-0,005 |
| Пил дрібний | 0,005-0,001 |
| Мул глинистий (грубий) | 0,001-0,0005 |
| Мул колоїдний (тонкий) | 0,0005-0,0001 |
| Колоїди | < 0,0001 |

Таблиця 2

Класифікація ґрунтів за механічним складом за Н. А. Качинським

| Вміст фізичної глини (часток < 0,01 мм), % | | | Коротка назва ґрунту за механічним складом |
|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Ґрунти підзолистого типу ґрунтоутворення | Ґрунти степового типу ґрунтоутворення | Солонці та сильно солонцюваті ґрунти | |
| 0-5 | 0-5 | 0-5 | Пісок пухкий |
| 5-10 | 5-10 | 5-10 | Пісок зв'язний |
| 10-20 | 10-20 | 10-15 | Супісок |
| 20-30 | 20-30 | 15-20 | Суглинок легкий |
| 30-40 | 30-45 | 20-30 | Суглинок середній |
| 40-50 | 45-60 | 30-40 | Суглинок важкий |
| 50-65 | 60-75 | 40-50 | Глина легка |
| 65-80 | 75-85 | 50-65 | Глина середня |
| >80 | >85 | >65 | Глина важка |

На основі великомасштабних досліджень Пронін А.Ф. [6] отримав співвідношення орних угідь колишнього СРСР з різним питомим опором при оранці. Однак, враховуючи велику різноманітність ґрунтів і дещо інший гранулометричний склад, скористатися даними роботи [6] відносно України не має можливості.

Слід зазначити, що на величину питомого опору значно впливає агрофон, тобто попередня рослинність на ґрунті та ступінь його ущільнення ходовими системами тракторів та інших сільськогосподарських машин. Діапазон зміни величини k може досягати більш ніж 2-3 рази [5]. Гранулометричний склад ґрунтів України міститься на карті 1977 року, яка створена за матеріалами дослідів Українського науково-дослідного інституту ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського (рис. 1).

Дослідники в галузі ґрунтознавства не одноразово посилаються на цю карту, де наведені основні типи ґрунтів України і їх гранулометричний склад. Важливість опрацювання подібної інформації і її великі обсяги сприяли створенню бази даних ґрунтів України [7]. За даними національної доповіді про стан родючості ґрунтів України [8] структура ґрунтового покриву наведена в табл. 3. Аналіз даних [8]

дозволяє отримати наступний орієнтовний розподіл ріллі України: чорноземи – 73,6%, каштанові – 4,2%, дерново-підзолисті – 9,3% і сірі лісові – 12,9%. Значення питомого опору плугів на ґрунтах різного механічного складу (за М.П. Крутіковим) наведені в роботі [9]. А орієнтовний розподіл сільськогосподарських угідь, а саме ріллі, за даними карти (рис. 1) можна вважати наступним: піщані і супіщані ґрунти – 12,9%, легкі та середні суглинки – 39,2%, важкі суглинки – 24,9%, глинисті – 23%.

Таким чином, існує достатня кількість даних щодо розподілу ґрунтів України за типом і гранулометричним складом, що дає відповідні передумови для визначення розподілу ґрунтів за питомим опором при оранці. Це дасть можливість вирішити низку задач теорії трактора, пов'язаних з визначенням раціональних конструктивних показників вітчизняних тракторів для сільськогосподарських потреб держави.

Мета та постановка задачі. Метою даної роботи є оцінка розподілу сільськогосподарських угідь України, а саме ріллі, за питомим опором при оранці для подальшого використання при обґрунтуванні конструктивних і техніко-економічних показників тракторів і машино-тракторних агрегатів.

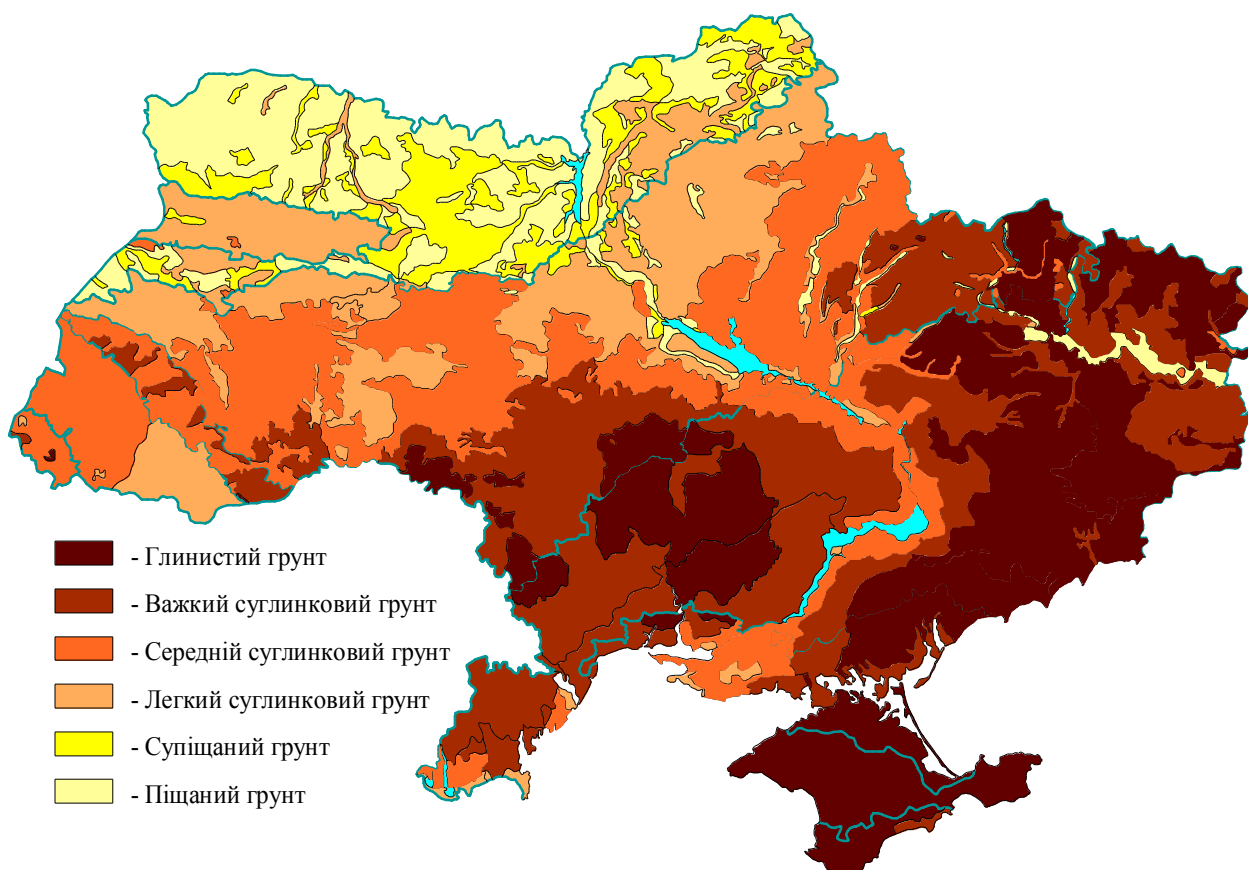


Рис. 1. Гранулометричний склад ґрунтів України

Таблиця 3

Структура ґрунтового покритву України

| Ґрунт | С.-г. угіддя, тис. га | С.-г. угіддя, % | Рілля, тис. га | Рілля, % |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|-------------|
| Дерново-підзолистий | 2511,2 | 6,03 | 2209,9 | 6,81 |
| Дерновий оглеєний | 1674,2 | 4,02 | 691 | 2,13 |
| Дерново-карбонатний | 146,9 | 0,35 | 137,8 | 0,42 |
| Сірий лісовий | 2620,5 | 6,30 | 1985,6 | 6,11 |
| Темно-сірий опідзолений | 1952 | 4,69 | 1867,7 | 5,75 |
| Чорнозем опідзолений | 2200,1 | 5,29 | 2048 | 6,31 |
| Чорнозем типовий | 7346,8 | 17,65 | 6997,8 | 21,55 |
| Чорнозем звичайний | 9250 | 22,22 | 7962,9 | 24,52 |
| Чорнозем південний | 3257,5 | 7,83 | 2993,8 | 9,22 |
| Чорнозем (інші) | 2844,2 | 6,83 | 1579,6 | 4,86 |
| Темно-каштановий солонцюватий | 1194,5 | 2,87 | 1090,3 | 3,36 |
| Каштановий солонцюватий | 100,9 | 0,24 | 79,8 | 0,25 |
| Бурозем кислий | 307,3 | 0,74 | 85 | 0,26 |
| Буроземно-підзолистий кислий | 105,8 | 0,25 | 44,8 | 0,14 |
| Лучно-буроземний кислий оглеєний | 104,4 | 0,25 | 39,3 | 0,12 |
| Коричневий | 29,1 | 0,07 | 7,6 | 0,02 |
| Лучно-чорноземний і лучний | 2996 | 7,20 | 935,7 | 2,88 |
| Лучно-каштановий солонцюватий | 94 | 0,23 | 112,7 | 0,35 |
| Лучно-болотний і болотний | 729,7 | 1,75 | 115,4 | 0,36 |
| Торфовища | 595,8 | 1,43 | 100,8 | 0,31 |
| Інші | 1564,9 | 3,76 | 1387,9 | 4,27 |
| Усього | 41625,8 | 100 | 32473,4 | 100 |

Основна частина

Прийняв гіпотезу щодо нормального закону розподілу питомого опору плугів на ґрунті відповідного типу і гранулометричного складу, отримуємо вихідні дані для аналізу з урахування частки ґрунту в загальному обсязі сільськогосподарських угідь (ріллі). Вихідні дані наведені в табл. 4. Для i -го ґрунту за типом і гранулометричним складом щільність імовірності при нормальному розподілі питомого опору визначається залежністю:

$$f_i(k) = \frac{1}{\sigma_i \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(M_i - k)^2}{2 \cdot \sigma_i^2}\right), \quad (1)$$

Функція розподілу ймовірностей питомого опору ґрунту:

$$F_i(k) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_i(k) dk = 1. \quad (2)$$

З урахуванням частки i -го ґрунту в загальному обсязі ріллі щільність ймовірності прийме вигляд:

$$f_i(k) = \frac{\tau_i}{\sigma_i \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(M_i - k)^2}{2 \cdot \sigma_i^2}\right). \quad (3)$$

Тоді функція розподілу ймовірностей:

$$F_i(k) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\tau_i}{\sigma_i \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(M_i - k)^2}{2 \cdot \sigma_i^2}\right) dk = \tau_i. \quad (4)$$

В табл. 4 наведені дані для 13 найбільш поширених на теренах України ґрунтів за типом і гранулометричним складом. Щільність ймовірності розподілу ґрунтів за питомим опором при оранці в цілому по Україні можна визначити, як лінійну комбінацію щільності ймовірності окремих ґрунтів:

$$f_{\Sigma}(k) = \sum_{i=1}^{13} f_i(k). \quad (5)$$

Тоді функція загального розподілу ймовірностей з урахуванням того, що $\Sigma \tau_i = 1$:

$$F_{\Sigma}(k) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_{\Sigma}(k) dk = 1. \quad (6)$$

Таблиця 4

Вихідні дані щодо розподілу ґрунтів України за питомим опором при оранці*

| Ґрунт | Гранулометричний склад ґрунту | | | |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| | Піщані та супіщані | Легкі та середні суглинки | Важкі суглинки | Глинисті |
| Чорноземи | 48/6/0,109 | 58,5/4/0,335 | 62/2,5/0,092 | 65/5,25/0,100 |
| Каштанові | 42/3/0,007 | 51,5/2,75/0,010 | 58/2,25/0,066 | 61/7,5/0,040 |
| Дерново-підзолисті | 40/2/0,009 | 50/3/0,028 | 57/1,75/0,075 | - |
| Сірі лісові | - | 49/2,5/0,020 | 55/2,5/0,109 | - |

* в табл. 4 наведені дані в форматі $M_i / \sigma_i / \tau_i$. (M_i - математичне сподівання питомого опору i -го ґрунту, кПа; σ_i - середньоквадратичне відхилення питомого опору i -го ґрунту, кПа; τ_i - частка i -го ґрунту в загальному обсязі ріллі).

Щільність ймовірності (5) і функція розподілу ймовірності (6) не відповідають нормальному закону розподілу, або багатомірному нормальному розподілу випадкових величин, а є лінійною комбінацією нормальних розподілів питомого опору окремих ґрунтів. Оцінка математичного сподівання такого розподілу:

$$M_{\Sigma 1} = \sum_{i=1}^{13} \tau_i \cdot M_i. \quad (7)$$

За даними табл. 4 оцінка математичного сподівання $M_{\Sigma 1} = 57,09$ кПа.

Аналіз результатів дослідження. Для перевірки отриманих залежностей можна скористатися даними роботи [7], де наведена карта питомого опору оброблюваного шару ґрунтів України при оранці, а також розподіл питомого опору за кліматичними зонами і класами. Слід зазначити, що карта питомого опору оброблюваного шару ґрунтів [7] якісно відповідає карті гранулометричного складу ґрунтів (рис. 1). Статистичні дані розподілу ґрунтів України

за питомим опором при оранці згідно роботи [7] наведені в табл. 5.

Прийняв гіпотезу щодо нормального розподілу питомого опору плугів за кліматичними зонами, можна отримати оцінки математичного сподівання:

$$M_z = \sum_{j=1}^{10} k_{cpj} \cdot \frac{S_{jz}}{S_z}, \quad (8)$$

де k_{cpj} - середній питомий опір в j -му інтервалі; S_{jz} - площа угідь з питомим опором в j -му інтервалі (класі) ґрунто-кліматичної зони z , тис. га; S_z - загальна площа ґрунто-кліматичної зони z , тис. га.

Оцінка середньоквадратичного відхилення питомого опору ґрунту при оранці в ґрунто-кліматичних зонах:

$$\sigma_z = \sqrt{\sum_{j=1}^{10} (M_z - k_{cpj})^2 \cdot \frac{S_{jz}}{S_z}}. \quad (9)$$

Результати розрахунків за формулами (8) - (9) наведені в табл. 6.

Таблиця 5

Розподіл ґрунтів України (ріллі) за питомим опором при оранці [7]

| Зона | Класи питомого опору, кПа; площа ріллі, тис. га | | | | | | | | | | Всього, тис. га |
|---------------|--|-------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|--------------------|
| | <35 | 36-40 | 41-45 | 46-50 | 51-55 | 56-60 | 61-65 | 66-70 | 71-75 | 76-80 | |
| Полісся | 4,7 | 357,5 | 1077,6 | 1622,8 | 488,6 | 167,7 | 23,9 | - | - | - | 3742,8 |
| Карпати | - | - | - | 16,0 | 39,4 | 47,0 | 429,4 | 69,3 | 7,0 | - | 608,1 |
| Лісостеп | - | 16,0 | 25,6 | 512,3 | 5018,3 | 5449,5 | 2174,3 | 408,3 | 48,1 | - | 13652,4 |
| Степ чорнозем | - | 19,1 | 66,7 | 86,1 | 1221,4 | 8162,6 | 4531,5 | 789,8 | - | - | 14877,2 |
| Степ сухий | - | 51,0 | 7,7 | 6,4 | 50,5 | 290,4 | 480,1 | 1031,5 | 84,0 | 20,2 | 2021,8 |
| Всього | 4,7 | 443,6 | 1177,6 | 2243,6 | 6818,2 | 14117,2 | 7639,2 | 2298,9 | 139,1 | 20,2 | 34902,3 |

Таблиця 6

Розрахункові дані розподілу питомого опору за ґрунто-кліматичними зонами

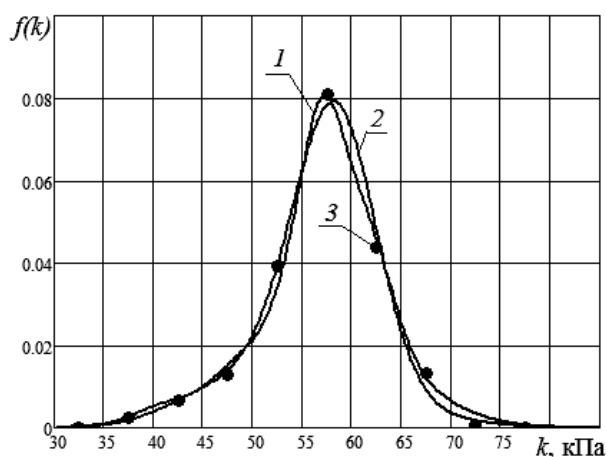
| Зона | Математичне сподівання M_z , кПа | Середньоквадратичне відхилення σ_z , кПа | Частка ґрунтів зони в загальному обсязі ріллі τ_z |
|---------------|---------------------------------------|--|--|
| Полісся | 46,28 | 4,97 | 0,107 |
| Карпати | 61,75 | 4,22 | 0,017 |
| Лісостеп | 56,38 | 4,51 | 0,391 |
| Степ чорнозем | 58,99 | 3,85 | 0,426 |
| Степ сухий | 63,89 | 6,43 | 0,058 |

Оцінка математичного сподівання питомого опору ґрунтів України з використанням даних табл. 6 і формули (7): $M_{\Sigma 2} = 56,94$ кПа, що співпадає з $M_{\Sigma 1}$.

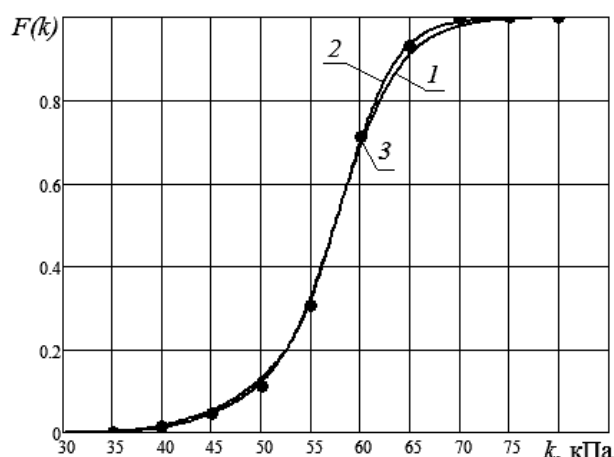
Скориставшись залежностями (3) - (6) можна отримати щільність ймовірності і функцію розподілу ґрунтів за питомим опором при оранці в цілому по Україні за даними табл. 5 - 6. Отриманий розподіл, як і при розрахунку за даними табл. 4, не відповідає нормальному, а є лінійною комбінацією нор-

мальних розподілів питомого опору за ґрунто-кліматичними зонами. Щільність ймовірності і функцію розподілу ґрунтів за питомим опором при оранці в цілому по Україні за даними табл. 4 і 6 наведені на рис. 2.

Таким чином, отримані з різних джерел дані щодо розподілу питомого опору ґрунтів України при оранці практично співпадають і характеризуються математичним сподіванням 56,94-57,09 кПа і розподілом, наведеним в табл. 7.



а



б

Рис. 2 – Розподіл ґрунтів України за питомим опором при оранці:

а – щільність ймовірності; б – функція розподілу ймовірностей;

1 – за даними табл. 4; 2 – за даними табл. 6;

3 – контрольні точки розподілу питомого опору з табл. 5

Розподіл ріллі за питомим опором при оранці

| Інтервал питомого опору, кПа | < 35 | 36-40 | 41-45 | 46-50 | 51-55 | 56-60 | 61-65 | 66-70 | 71-75 | 76-80 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Відсоток ріллі, % | 0,013 | 1,271 | 3,374 | 6,428 | 19,536 | 40,449 | 21,891 | 6,587 | 0,393 | 0,058 |

ВИСНОВКИ

Розподіл ґрунтів України за питомим опором при оранці не відповідає нормальному, а є лінійною комбінацією нормальних розподілів питомого опору за ґрунто-кліматичними зонами. Оцінка математичного сподівання питомого опору ґрунтів України при оранці знаходиться в межах 56,94-57,09 кПа, що на 14% більше, ніж в умовному еталонному гектарі ріллі, де середній питомий опір складає 50 кПа. На Україні тільки 12% ґрунтів мають питомий опір менше 50 кПа, а 75% ґрунтів – питомий опір в межах 50-63 кПа.

Зважаючи на більш важкі за гранулометричним складом і питомим опором ґрунти сільськогосподарських угідь України, є підстави для перегляду характеристик умовного еталонного гектару оранки, і, саме головне, отримані дані є вихідними для визначення основних параметрів тракторів, які будуть найбільш адаптовані для ґрунто-кліматичних умов України.

Список літератури

1. Атлас почв Украинской ССР / Под. ред. Н.К. Крупского, Н.И. Полупана. – К., Урожай, 1979. – 160 с.
2. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості: Навчальний посібник / В.І. Купчик, В.В. Іваніна, Г.І. Нестеров та ін. За ред. В.І. Купчика. – К.: Кондор. 2010. – 414 с.

3. Медведев В.В. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты) / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. – Харьков: Апостроф, 2011. – 292 с.

4. Медведев В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана) / В.В. Медведев. – Харьков. Изд. "13 типография", 2008. – 406 с.

5. Панов И.М. Физические основы механики почв / И.М. Панов, В.И. Ветехин. – К.: Феникс, 2008. – 266 с.

6. Пронин А.Ф. Удельное сопротивление плугов и научные основы, определяющие структуру парка почвообрабатывающих машин: Автореферат дисс. докт. техн. наук. – М., 1983. – 36 с.

7. Медведев В.В. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. – Х.: Изд. "13 типография", 2007. – 395 с.

8. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України (Затверджено Міністерством аграрної політики України 25.08.2010 р.). – Київ. 2010. – 111 с.

9. Бакум М.В. Проектування сільськогосподарських машин. Част. 1. Плуги загального призначення / М.В. Бакум, С.П. Нікітін, А.В. Сергеева. За ред. М.В. Бакума. – Харків: 2003. – 336 с.

Надійшла до редколегії 31.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Т. Лебедев, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ УКРАИНЫ ПО УДЕЛЬНОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ГРУНТА ПРИ ВСПАШКЕ

А.Ю. Ребров

В работе проведен анализ распределения сельскохозяйственных угодий Украины по удельному сопротивлению почвы при вспашке. По данным удельного сопротивления грунтов различных типов и гранулометрического состава получены исходные данные для определения распределения почв по удельному сопротивлению в целом по Украине. Установлено, что распределение почв по удельному сопротивлению при вспашке не соответствует нормальному или многомерному нормальному, а является линейной комбинацией нормальных распределений удельного сопротивления по ґрунто-климатическим зонам. Оценка математического ожидания удельного сопротивления грунтов Украины при вспашке может быть принята равной 57 кПа.

Ключевые слова: удельное сопротивление почвы при вспашке, нормальный закон распределения.

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF AGRICULTURAL LAND IN UKRAINE BY RESISTIVITY OF THE SOIL DURING PLOWING

O.Yu. Rebrov

Analysis of the distribution of agricultural land in Ukraine resistivity soil during plowing is done. According to the data of different types and mechanical structure soils resistivity obtained baseline data for analysis of the distribution of soil resistivity in Ukraine as a whole. It was found that the distribution of soil resistivity when plowing does not correspond to the normal or multivariate normal, and is a linear combination of normal distributions of soil resistivity of climatic zones. Determined that the evaluation of the expectation of the soil resistivity of Ukraine during plowing can be taken equal to 57 kPa. The obtained data can be used for justification of agricultural tractors parameters such as engine power, nominal drawbar pull on the hook, the distribution for gear ratios in the transmission.

Keywords: the resistivity of the soil when plowing, normal distribution.