

5. *Деревець І.С.* Організаційно-економічне удосконалення ресурсозабезпечення АПК України: Рекомендації. — Глеваха, 2008. — С. 87–93.
- 

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
БАЗЫ И ИНВЕСТИЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ АПК УКРАИНЫ НА СРОК ДО 2015 ГОДА**

*Изложены результаты исследований относительно формирования материально-технической базы и инвестиционно-инновационного развития системы материально-технического обеспечения агропромышленного комплекса Украины на перспективу.*

**OFFERS CONCERNING MATERIAL BASE AND INVESTMENT  
DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX  
OF UKRAINE FOR THE TERM OF TILL 2015**

*Results of researches concerning formation of material base and investment-innovative development of system of material support of agriculture of Ukraine on prospect are stated.*

УДК 631.512

**ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ  
З УРАХУВАННЯМ ЯКОСТІ ЙОГО РОЗПУШЕННЯ**

**М.П. Білоткач**, канд. техн. наук,  
**М.П. Романенко**, канд. техн. наук

*ННЦ "ІМЕСГ"*

---

*Викладено методикку і наведено розроблений показник для порівняльної оцінки енергозатрат при обробітці ґрунту різними агрегатами з урахуванням якості його розпушення.*

---

**Проблема.** Підвищенню ефективності використання енергоресурсів у виробничих процесах людство завжди приділяло першорядне значення, а в останній час в розпал дії економічної кризи це стало одним із головних завдань суспільства.

В сільськогосподарському виробництві одним із найбільш енергозатратних заходів в комплексі технологічних операцій вирощування сільськогосподарських культур є підготовка ґрунту під сівбу насіння,

якісні показники якої передбачають створення сприятливих умов для пророщування висіяного насіння і подальшого росту та розвитку рослин. Однак відомі методи енергетичної оцінки ґрунтообробних агрегатів базуються на замірах витрат енергії в кВт·год/га або пального в кг/га, тобто витрати енергії визначаються в розрахунку на одиницю площі поверхні поля, незалежно від якості розпушення ґрунту. Фракційно-структурний склад розпушеного ґрунту визначається окремо і однозначно визначитися, який з ґрунтообробних агрегатів економічно більш вигідний з врахуванням якості розпушення ґрунту, практично неможливо [1].

**Мета дослідження** полягає в обґрунтуванні удосконаленої методики і розробленого показника для порівняльної оцінки енергозатрат при обробі ґрунту з урахуванням якості його розпушення.

**Результати досліджень.** Розрізнені показники питомих енергозатрат, якості обробі ґрунту [1] не дають можливості з'ясувати, який з використовуваних ґрунтообробних агрегатів більш ефективний, тобто який з них менше витрачає енергії в залежності від ступеня розпушення ґрунту в поєднанні з продуктивністю його роботи, котрий з них доцільніше використовувати.

З історії процесу розвитку теорії визначення величини енергозатрат на подрібнення різних технологічних матеріалів відомо, що в позаминому столітті були запропоновані дві енергетичні теорії: поверхнева і об'ємна [2].

Поверхнева теорія сформульована німецьким ученим П. Риттингером в 1867 році. Вона полягає в тому, що робота, яка потрібна для подрібнення суцільного тіла прямо пропорційна величині заново створеної в результаті подрібнення поверхні, тобто додаткової сумарної площі поверхні подрібнених часток.

Об'ємна теорія розроблена в 1874 році російським ученим В.Л. Кирпичовим і в 1885 році німецьким професором Ф. Киком. Вони виявили пряму пропорційність залежності між величиною роботи, що витрачається на подрібнення суцільного тіла і об'ємом [2].

Прихильники однієї і другої теорій дискутували понад 50 років з приводу переваг та недоліків цих теорій, поки радянський учений П.А. Ребіндер в 1928 році не запропонував здійснювати оцінку величини затраченої енергії на подрібнення матеріалів, що враховує положення поверхневої та об'ємної теорій [2] з включенням коефіцієнтів пропорційності. Однак у зв'язку з труднощами роздільного визначення коефіцієнтів, які враховують з одного боку витрати енергії на зміну



об'єму за рахунок деформації матеріалу, а з іншого — за рахунок збільшення сумарної площі поверхні подрібнених часток запропонована математична модель майже не використовується.

Теорія подрібнення суцільних тіл або недостатньо подрібнених матеріалів вивчає два блоки основних питань:

- по-перше — функціональної залежності між затратами енергії або механічної роботи на виконання процесу руйнування матеріалу, а також досягнення потрібного ступеня подрібнення цього матеріалу, що дає можливість виявити ефективність різних способів подрібнення в залежності від використання різноманітних типів робочих органів та машин і вибраних режимів їх роботи;
- по-друге — вивчення, узагальнення та обґрунтування закономірностей розподілу одержаних після подрібнення часток за їх розмірами з метою виявлення найбільш простих і достатньо надійних методів визначення середніх розмірів подрібнених часток і величини їх питомої площі поверхні.

Якщо напрямок вирішення першого блока питань, в основному, зрозумілий і полягає в замірах затраченої енергії (роботи) або пального, що припадає на одиницю площі поверхні подрібнених часток, то вирішення другого блока питань складніше.

При подрібненні зерна в кормовиробничих процесах механізації галузі тваринництва [2] пропонується визначати площу поверхні після подрібнення зерна через еквівалентний діаметр зерна обрахуванням середньозважуваних розмірів, одержаних подрібнених часток та пропорційного збільшення сумарної площі поверхні, що дорівнює відношенню еквівалентного розміру зерна до середньозважуваного діаметра подрібнених часток.

Цей метод визначення площі подрібнених часток зерна є найбільш придатним у кормовиробництві тому, що зернове середовище окремих культур майже однорідне, чого не можна сказати про обробіток ґрунту. Тому при вивченні цього питання в УНДІМЕСГ [3] наприкінці сімдесятих років минулого сторіччя була зроблена спроба здійснювати визначення середнього розміру часток подрібненого ґрунту методом імовірного статистичного обчислення з визначеними припущеннями про те, що розподіл подрібнених грудок ґрунту здійснюється за нормальним законом їх розподілу та між площею поверхні грудок, утворених при подрібненні  $1 \text{ м}^3$  ґрунту і розмірами цих грудок існує зворотньо пропорційна (гіперболічна) залежність. При цьому за приведеним графіком визначається площа, що міститься між крайніми



ординатами, відрізками абсцис і гіперболою, одержаних при замірах для кожної фракції грудок. Одержані площі помножуються на імовірність виникнення кожного діапазону розмірів подрібнених грудок. Однак цей метод виявився занадто складним і недостатньо придатним для практичного використання при порівняльних випробуваннях ґрунтообробної техніки.

В подальшому ці теоретичні розробки удосконалювалися в плані пошуків більш простої методики визначення сумарної площі поверхні подрібнених часток, які надруковані в ряді літературних джерел [2–5].

Результати розробки, виконаної в ННЦ “ІМЕСГ”, включені в стандарт України “СОУ-74.3-37.155-2004. “Випробування сільськогосподарської техніки. Методи випробувань. Машина і знаряддя для обробітку ґрунту” [1].

В основному ці розробки базуються на припущенні, що за основу приймається тіло у вигляді умовного куба ґрунту об’ємом  $1 \text{ м}^3$  з довжиною ребра  $1 \text{ м}$ , який подрібнюється на пропорційні частки.

Аналізуючи викладені в літературних джерелах відомі теоретичні засади [2–5], які стосуються визначення питомих енергозатрат при подрібненні суцільних тіл, можна прийти до висновку, що ці математичні моделі припустимо використовувати при подрібненні насипних матеріалів, таких, які використовуються в кормовиробництві, борошномельних процесах, а також подрібнених суцільних монолітних матеріалів відносно великих розмірів, наприклад, у вуглевидобуванні та ін.

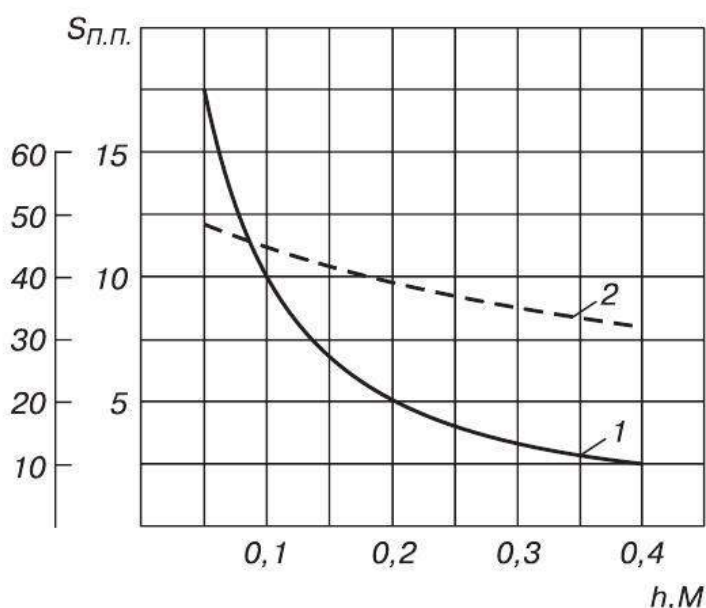
Порівнюючи процеси розпушення ґрунту різними робочими органами при його обробітку, виявляється основна відмінність, яка полягає в тому, що під час обробітку ґрунту початковий об’єм  $1 \text{ м}^3$  ґрунту завжди має форму прямокутного паралелепіпеда, а не куба. Його неприпустимо уявити у вигляді куба ґрунту об’ємом  $1 \text{ м}^3$  з розмірами ребра  $1 \text{ м}$  по наступній причині. На рис. 1 наведено залежність наявної площі поверхні поля —  $S_{\text{п.п.}}$  шару ґрунту від глибини його обробітку —  $h$ . З даних графіка видно, що площа поверхні поля з шаром ґрунту об’ємом  $1 \text{ м}^3$  при глибині обробітку  $5, 20, 50$  і  $100 \text{ см}$  змінюється і відповідно складає  $20, 5, 2$  і  $1 \text{ м}^2$ . При цьому загальна площа граней указаного обробленого об’єму ґрунту відповідно дорівнює  $42,1; 12,4; 7,0$  і  $6,0 \text{ м}^2$ . Відношення поверхні поля до загальної площі граней обробленого об’єму при різних глибинах обробітку також різне і відповідно складає  $48, 40, 29$  і  $17\%$ .

Сумнівним є і те, що, приймаючи за умову об’єм  $1 \text{ м}^3$  у вигляді куба і враховуючи пропорційність подрібнення його на частки, подальше визначення площі поверхні подрібнених часток приймається в розра-

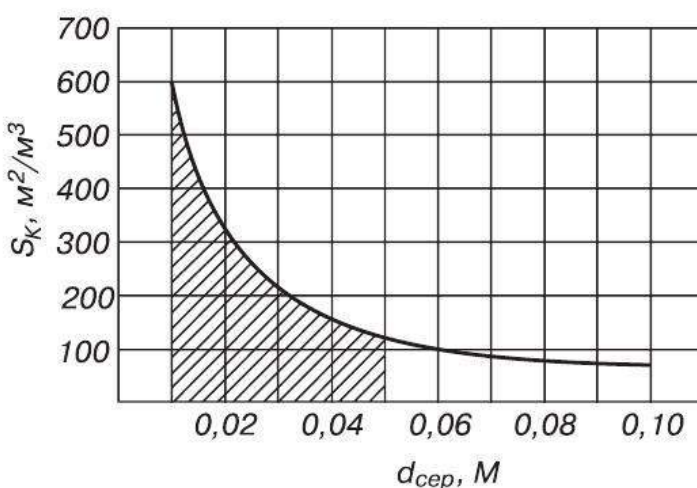
хунках, як поверхня кубиків, хоч форма цих часток більш наближена до кульок, тим більше, що за попередньою домовленістю поперечний розмір цих часток прийнято називати діаметром. Площа поверхні однієї грудки у вигляді кубика дорівнює  $6a^2$ , а у кульки з поперечним розміром  $a$ , ця поверхня дорівнює  $\pi a^2$  і на перший погляд складається враження про те, що таке припущення приймати немає рації.

Крім того наявна площа поверхні поля шару ґрунту (рис. 1), де здійснюється обробіток, не повинна урахувуватись при визначенні сумарної площі поверхні подрібнених грудок.

За даними графіка видно, що при обробітку ґрунту на глибину 5–10 см (0,05–0,10 м), на яку, звичайно, здійснюється передпосівна підготовка ґрунту під сівбу з урахуванням створення потрібної структури фракційного складу ґрунту в посівному шарі, площа поверхні поля дорівнює 10–20 м<sup>2</sup> і складає до 5–7% усієї поверхні, що вираховується, як сумарна площа поверхні подрібнених грудок (рис. 2). Це свідчить про те, що для одержання об'єктивного результату при визначенні питомих енергозатрат величину цієї площі потрібно також урахувувати, точніше відрахувувати. Особливо це необхідно проводити при



**Рис. 1.** Залежність верхньої наявної поверхні поля шару ґрунту об'ємом 1 м<sup>3</sup> від глибини обробітку ґрунту: — — — — — наявна початкова поверхня поля шару ґрунту об'ємом 1 м<sup>3</sup>; - - - - - відсоткове відношення наявної поверхні до загальної поверхні шару ґрунту об'ємом 1 м<sup>3</sup>



**Рис. 2.** Залежність сумарної площі поверхні грудочок подрібненого ґрунту об'ємом 1 м<sup>3</sup> від середньозважуваного розміру цих грудочок



порівнянні розпушення ґрунту на різну глибину, якщо виконується перший (основний) обробіток ґрунту, наприклад, оранка, обробіток ґрунту плоскорізами або комбінованими агрегатами без попередньої оранки або глибокого розпушення.

Беручи до уваги, що форма подрібнених грудок ґрунту більш наближена до кулі, визначення площі  $S_k$  поверхні подрібнених грудок при розпушенні шару ґрунту об'ємом  $1 \text{ м}^3$  ( $V$ ) можна здійснити за математичним виразом.

$$S_k = \frac{V}{\frac{\pi d_{\text{сер}}^3}{6}} \cdot \pi d_{\text{сер}}^2 = \frac{6V}{d_{\text{сер}}} \text{ (м}^2/\text{м}^3\text{)}, \quad (1)$$

де  $\pi d_{\text{сер}}^3/6$  — об'єм кулі (грудочки),  $\text{м}^3$ ;  $\pi d_{\text{сер}}^2$  — площа поверхні кулі (грудочки),  $\text{м}^2$ ;  $d_{\text{сер}}$  — середньозважуваний розмір грудок,  $\text{м}$ .

Середньозважуваний розмір грудочок —  $d_{\text{сер}}$  визначається за одержаними даними замірів фракційного складу ґрунту, що створюється в процесі обробітку ґрунту:

$$d_{\text{сер}} = \frac{\frac{0_0 + d_1}{2} p_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} p_2 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} p_{n-1} + \frac{4}{3} d_n p_n}{100}, \quad (2)$$

де  $d_1, d_2, \dots, d_n$  — розміри фракційного складу подрібнених грудок, які відповідають діаметрам отворів сит,  $\text{м}$ ;  $p_1, p_2, \dots, p_n$  — відсотковий вміст маси окремих фракцій грудок.

На рис. 2 наведено залежність сумарної площі поверхні грудок подрібненого ґрунту від середнього їх розміру. З графіка видно, що для розмірів грудок в межах від 0,01 до 0,05  $\text{м}$ , які відповідають агро-вимогам, сумарна площа поверхні цих грудок знаходиться в межах від  $125 \text{ м}^2$  до  $600 \text{ м}^2$ .

Перед виконанням чергової операції обробітку ґрунту спочатку визначається площа (початкова) поверхні наявних грудочок —  $S_{\text{Г.п.}}$ , а потім після виконання операції визначається сумарна площа (кінцева) поверхні створених грудочок —  $S_{\text{Г.к.}}$ . Створена при виконанні указаної операції обробітку ґрунту площа грудочок (нова) —  $S_{\text{Г.н.}}$  вираховується із виразу:

$$S_{\text{Г.н.}} = S_{\text{Г.к.}} - S_{\text{Г.п.}} \quad (3)$$

Після визначення додаткової площі поверхні утворених  $Q$  при подрібненні ґрунту грудочок питомі енергозатрати визначаються за формулою:

$$q = \frac{Q}{10W \cdot h \cdot S_{Г.Н.}} \quad (\text{г/м}^2), \quad (4)$$

або

$$q = \frac{E}{10W \cdot h \cdot S_{Г.Н.}} \quad (\text{кДж/год}),$$

де  $Q, E$  — витрати палива (енергії), кг/год (кДж/год);  $W$  — продуктивність агрегату, га/год;  $h$  — глибина обробітку ґрунту, м.

На рис. 3 наведено номограму для визначення питомих енергозатрат при обробітку ґрунту ґрунтообробними агрегатами з урахуванням якості розпушення ґрунту. На номограмі стрічками показано приклад послідовності визначення питомих енергозатрат за даними, наведеними в таблиці.

В таблиці наведено приклад з реальними вихідними і порівняльними даними роботи ґрунтообробних агрегатів для поверхневого обробітку ґрунту.

Аналіз показників таблиці свідчить про те, що за питомими енергопоказниками без врахування якості розпушення ґрунту агрегат Т-150К+КПЕ-3,8 витрачає на обробіток 1 га площі поля на 12,5% більше пального, ніж Т-150К+КПШ-5. Теж саме отримуємо у перерахунку в г/м<sup>3</sup>. В дійсності ж агрегат Т-150К+КПЕ-3,8, який по продуктивності уступає агрегату Т-150К+КПШ-5 на 12,5%, по об'єктивній оцінці, тобто за питомими енергозатратами на одиницю виконаного об'єму робіт з урахуванням якості розпушення ґрунту, витрачає пального менше на 5–6%.

Як свідчать результати розрахунку для агрегату Т-150К+КПЕ-3,8 з урахуванням наявної поверхні поля показник питомих енергозатрат збільшується на 4,7%, а для агрегату Т-150К+КПШ-5 цей показник стає більшим на 5,7%. Тому для визначення абсолютної величини питомих енергозатрат, особливо при першому (основному) обробітку

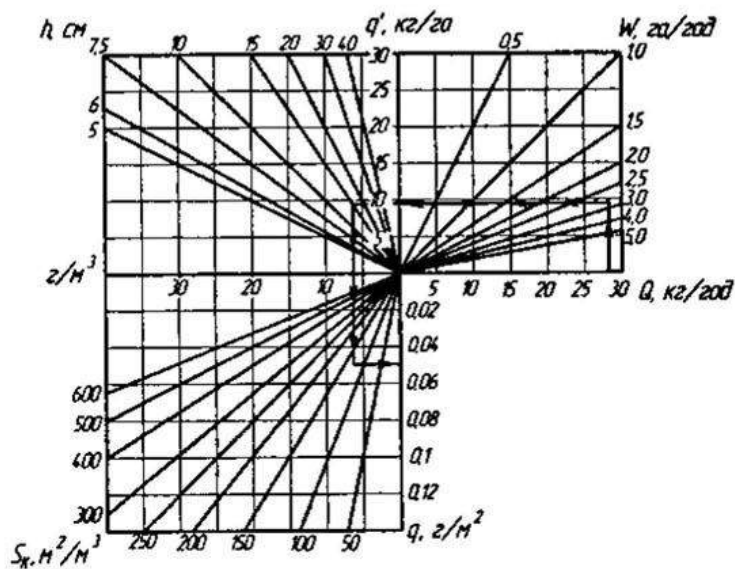


Рис. 3. Номограма визначення питомих енергозатрат при обробітку ґрунту



Таблиця. Порівняльні дані роботи двох ґрунтообробних агрегатів Т-150К + КПЕ-3,8 та Т-150К + КПШ-5

Показники та одиниці виміру	Величина показників	
	Т-150К + КПЕ-3,8	Т-150К + КПШ-5
Продуктивність, га/год	2,8	3,2
Витрати пального, кг/год	28	28
Глибина обробітку, см	16	16
Фракційний склад ґрунту, відсоток:		
• <math> <0,025 (d_1)</math>	45	30
• <math> 0,025-0,050 (d_2)</math>	35	30
• <math> 0,050-0,10 (d_3)</math>	15	25
• <math> >0,10 (d_4)</math>	5	16
Питомі енергозатрати без урахування якості розпушення ґрунту:		
• кг/га	10	8,75
• г/м <sup>3</sup>	6,25	5,47
Питомі енергозатрати з урахуванням якості розпушення ґрунту, г/м <sup>2</sup> :		
• без відрахування наявної поверхні поля;	0,038	0,040
• з відрахуванням наявної поверхні поля	0,049	0,052

ґрунту, потрібно проводити розрахунок з відрахуванням наявної до початку обробітку ґрунту площі поверхні поля.

Таким чином, з точки зору витрат енергії з урахуванням якості обробітку ґрунту при порівнянні двох або більшої кількості ґрунтообробних агрегатів можна визначитися, котрий з них ефективніший за питомими витратами енергії на одиницю площі поверхні подрібнених часток, тобто котрий з них витрачає менше енергії на одиницю виконаного об'єму робіт з урахуванням якості розпушення ґрунту.

**Висновки.** Узагальнюючи викладений матеріал щодо запропонованого показника питомих енергозатрат при обробітку ґрунту, доведено, що він найбільш об'єктивно оцінює витрати енергії з урахуванням якості обробітку ґрунту. Викладена удосконалена методика визначення питомих енергозатрат при обробітку ґрунту з урахуванням якості його розпушення, яка включає особливості оцінки обробітку ґрунту в порівнянні з раніше відомими методиками.



Щодо пропозицій подальших досліджень з цієї проблеми, то для визначення суттєвих переваг при випробуванні нових ґрунтообробних робочих органів з метою подальшого їх застосування, на основі аналізу і узагальнення відомих даних випробувань ґрунтообробних знарядь в різних ґрунтово-кліматичних умовах в залежності від фізико-механічних властивостей і стану зволоження різних типів ґрунтів доцільно обґрунтувати величину, або раціональні межі розробленого комплексного показника питомих енергозатрат, як критерія енергетичної оцінки процесу обробітку ґрунту в залежності від продуктивності ґрунтообробних агрегатів в поєднанні з врахуванням якості розпушення ґрунту.

---

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. СОУ 74.3-37-155.2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Методи випробувань. Машина і знаряддя для обробітку ґрунту.
  2. Мельников С.В. и др. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. — М.: Колос, 1969. — 438 с.
  3. Нагорный Н.Н., Билоткач М.П. Энергетическая оценка почвообрабатывающих орудий // Тракторы и сельхозмашины. — 1980. — № 7. — С. 12–13.
  4. Долин А.Д., Павлов П.В. Ротационные почвообрабатывающие и землеройные машины. — М.: Машгиз, 1950. — С. 150–156.
  5. Яцук Э.П. и др. Ротационные почвообрабатывающие машины. — М.: Машиностроение, 1971. — 156 с.
  6. Патент України 42770 Спосіб визначення питомих енергозатрат при обробітку ґрунту з врахуванням якості його розпушення. ННЦ “ІМЕСГ” (Україна), Білоткач М.П., Гуков Я.С., Романенко М.П., (Україна) “Промислова власність”, К., 27.07.2009, бюл. № 14.
- 

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАЧЕСТВА ЕЕ КРОШЕНИЯ

*Изложена методика и предложен показатель сравнительной оценки энергозатрат при обработке почвы разными агрегатами с учетом качества ее крошения.*

### ENERGY ESTIMATION OF TILLING SUBJECT TO QUALITY OF SOIL LOOSENING

*A procedure is given and an index of comparative of power inputs offered when tilling with various implements taking into account the quality of soil loosening.*