УДК 631.37

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

В.П. Кувачов, доц., к.т.н., e-mail: kuvachoff@mail.ru,
тел.: +38-067-375-19-64
Таврійський державний агротехнологічний університет

РЕЗЮМЕ

Проблема. Тенденції світового аграрного сектора направлені на ефективне використання ресурсів. Суттєвий ефект в цьому плані може бути досягнутий при використанні колійної системи землеробства. Досвід її застосування разом зі спеціалізованими ширококолійними енерготехнологічними агрозасобами підтверджує факт економії енергетичних витрат, посівного матеріалу і підвищення врожайності вирощуваних культур. Водночас головними аргументами консерваторів нових ідей є певний скептицизм в економічній доцільності її впровадження, з причин зменшення продуктивної площі поля під інженерну зону і, як наслідок, зменшення обсягів валової продукції рослинництва.

Мета. Обґрунтування економічної ефективності від впровадження колійної системи землеробства і використання спеціалізованих ширококолійних агрозасобів, шляхом вибору оптимальних параметрів землекористування.

Методи. В основу методів дослідження покладені основні закони економічної теорії з використанням ПК та пакету Mathcad.

Результати. 1. Встановлено, що економічний ефект від впровадження колійної системи землеробства і використання спеціалізованих ширококолійних агрозасобів визначений трьома складовими: підвищенням

врожайності вирощуваної культури, економією посівного матеріалу і зменшенням енергетичних витрат.

2. Доведено, що втрати площі поля під інженерну зону істотно зменшують економічний ефект від впровадження колійної системи землеробства. Наскільки ефективно буде облаштовано поле та організований рух спеціалізованих ширококолійних агрозасобів, настільки задовільними будуть і економічні показники колійної системи землеробства.

Висновки. 1. При аналізі економічної ефективності колійної системи землеробства необхідно розглядати, насамперед, питання планування поля і організації руху спеціалізованих ширококолійних агрозасобів, оскільки зменшення на 1% втрат площі поля під інженерну зону збільшує економічний ефект щонайменше на 265 грн. на кожному гектарі вирощування пшениці.

2. Економічний ефект від використання спеціалізованих агрозасобів з шириною колії 8-10 м і більше, за рахунок отримання втрат площі поля під інженерну зону меншою за 6%, буде складати мінімум 4000 грн. на кожному гектарі вирощування пшениці за колійною системою землеробства, що дозволяє окупати інвестиції нових перспективних технологій точного землеробства.

3. При використанні спеціалізованих агрозасобів з шириною колій меншою за 8 м, де втрати площі поля під інженерну зону можуть сягати 15%, економічний ефект буде очевидний на полях з високою техногенною деградацією ґрунтів. В цьому випадку результат збільшення врожайності вирощуваних культур при впровадженні колійної системи землеробства за рахунок природних процесів розущільнення ґрунту буде істотним.

Ключові слова: колійна система землеробства, мостовий трактор, ширококолійний агрозасіб, економічна ефективність

UDC 631.37

THE RESEARCH OF THE EFFECTIVENESS OF CONTROLLED TRAFFIC FARMING

V. P. Kuvachov, PhD., Assoc. Prof., e-mail: kuvachoff@mail.ru,
tel: +38-067-375-19-64;
Tavria State Agrotechnological University

SUMMARY

The problem. Trends in the global agricultural sector at efficient use of resources are aimed. A significant effect in this respect can be achieved when using controlled traffic farming. The experience of its use in conjunction with wide span tractor (vehicles) confirms that save energy costs, planting material and yield of crops. Simultaneously, the main arguments of the conservatives of new ideas is a certain skepticism of the economic feasibility of its implementation, for reasons of reducing the productive area of the field engineering area and, as a consequence, the decrease in the volume of gross production of crops.

The purpose. Substantiation of economic efficiency of introduction of controlled traffic farming and the use of wide span tractor (vehicles) by selecting the optimal parameters of land use.

Methods. The study is based on a methods of economic theory, programs of numerical calculations on a PC and Mathcad.

Results. 1. It is established that the economic effect from the introduction of controlled traffic farming and the use of wide span tractor (vehicles) are defined by three components: increasing the productivity of crops, saving seed and decrease energy costs.

2. It is proved that the loss of area under the field engineering area significantly reduces the economic effect from the introduction of controlled traffic farming. How effective is a field and the wide span tractor (vehicles), so will be satisfactory and the economic performance of controlled traffic farming.

Conclusions. 1. In the analysis of economic efficiency of controlled traffic farming should be seen, above all, the planning field and organization of movement

wide span tractor (vehicles), because a decrease of 1% loss of area of the field engineering area increases the economic effect of at least 265 UAH each hectare of wheat.

2. The economic effect from the use of a wide span tractor (vehicles) with a track width of 8-10 m or more, due to the loss of the field area under the engineering area of smaller 6%, will be at least 4000 UAH each hectare of wheat in controlled traffic farming, allowing you to recoup the investment new perspective of precision agriculture technologies.

3. When a wide span tractor (vehicles) with a track width less than 8 m, where the square of the field engineering area can reach 15%, the economic effect will be obvious in the fields with high anthropogenic soil degradation. In this case, the result of an increase in yields of crops when implementing controlled traffic farming at the expense of the natural processes of decompaction of the soil will be essential.

Key words: controlled traffic farming, wide span tractor (vehicles), economic efficiency.

УДК 631.37

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В.П. Кувачев, доц., к.т.н., e-mail: kuvachoff@mail.ru,
тел.: +38-067-375-19-64;
Таврический государственный агротехнологический университет

РЕЗЮМЕ

Проблема. Тенденции мирового аграрного сектора направлены на эффективное использование ресурсов. Существенный эффект в этом плане может быть достигнут при использовании колейной системы земледелия. Опыт

ее применения совместно со специализированными ширококолейными энерготехнологическими агросредствами подтверждает факт экономии энергетических затрат, посевного материала и повышения урожайности выращиваемых культур. Одновременно с этим главными аргументами консерваторов новых идей является определенный скептицизм в экономической целесообразности ее внедрения, по причинам уменьшения продуктивной площади поля под инженерную зону и, как следствие, уменьшение объема валовой продукции растениеводства.

Цель. Обоснование экономической эффективности внедрения колейной системы земледелия и использования специализированных ширококолейных агросредств, путем выбора оптимальных параметров землепользования.

Методы. В основу методов исследования положены основные законы экономической теории с использованием ПК и пакета Mathcad.

Результаты. 1. Установлено, что экономический эффект от внедрения колейной системы земледелия и использования специализированных ширококолейных агросредств определен тремя составляющими: повышением урожайности выращиваемой культуры, экономией посевного материала и уменьшением энергетических затрат.

2. Доказано, что потери площади поля под инженерную зону существенно уменьшают экономический эффект от внедрения колейной системы земледелия. Насколько эффективно будет обустроено поле и организовано движение специализированных ширококолейных агросредств, настолько удовлетворительными будут и экономические показатели колейной системы земледелия.

Выводы. 1. При анализе экономической эффективности колейной системы земледелия необходимо рассматривать, прежде всего, вопросы планирования поля и организации движения специализированных ширококолейных агросредств, поскольку уменьшение на 1% потерь площади поля под инженерную зону увеличивает экономический эффект минимум на 265 грн. на каждом гектаре выращивания пшеницы.

2. Экономический эффект от использования специализированных агросредств с шириной колеи 8-10 м и более, за счет потерь площади поля под инженерную зону меньших 6%, будет составлять минимум 4000 грн. на каждом гектаре выращивания пшеницы в колейной системе земледелия, что позволяет окупать инвестиции новых перспективных технологий точного земледелия.

3. При использовании специализированных агросредств с шириной колеи менее 8 м, где потери площади поля под инженерную зону могут достигать 15%, экономический эффект будет очевиден на полях с высокой техногенной деградацией почв. В этом случае результат увеличения урожайности выращиваемых культур при внедрении колейной системы земледелия за счет естественных процессов разуплотнения почвы будет существенным.

Ключевые слова: колейная система земледелия, мостовой трактор, ширококолейное агросредство, экономическая эффективность.

Постановка проблеми. У колійній системі землеробства частину загальної площі поля відводять під інженерну зону, що зменшує продуктивну частину поля – агротехнічну зону. Інженерна зона включає транспортно-технологічну систему для руху всіх засобів механізації. Відомо, що площа інженерної зони залежить в основному від параметрів транспортної системи, які, в свою чергу, визначаються параметрами технологічних і транспортних машин [1].

В світі широко застосовують колійну систему землеробства, а вчені Європи і Австралії відшукують нові рішення в розвитку цієї технології [1]. Розглядаючи всі аспекти переходу до колійної системи землеробства важко не погодиться з висновками про перспективність її застосування. З технічної точки зору рух машин по слідах постійної технологічної колії дозволяє мати високі тягово-зчіпні властивості, оскільки рушії останнього повинні контактувати з сухим і ущільненим ґрунтом. Це відображається як у зниженні енергетичних витрат на технологічні процеси, так і збільшенні продуктивності роботи. З технологічної точки зору особливо актуальним застосування колійної системи

землеробства набуває при переході на ґрунтозахисну систему обробки полів, де ущільнення ґрунту стає одним з основних перешкод отримання високих врожаїв. В цьому плані перехід на колійну систему землеробства з використанням спеціалізованих ширококолійних агрозасобів забезпечує збереження природної родючості ґрунтів у продуктивній зоні поля і гарантує підвищення врожайності, зокрема для зернових культур на 10...15%, технічних культур - 15...20%, овочів - 20...35% [1].

Водночас головними аргументами консерваторів нових ідей є певний скептицизм в економічній доцільності її впровадження, з причин зменшення продуктивної площі поля під інженерну зону і, як наслідок, зменшення обсягів валової продукції рослинництва.

В силу зазначених обставин виникає питання, на скільки відчутним може бути отриманий економічний ефект при використанні колійної системи землеробства? І які оптимальні значення показників землекористування визначають величину максимальної економічної ефективності при цьому?

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вченими різних країн світу багато уваги приділяється ефективності використання колійної системи землеробства. Наприклад, проведені дослідження у Західній Австралії [2] показали підвищення врожайності зернових до 10% і зниження витрат палива енергетичними засобами, внаслідок зменшення коефіцієнта опору кочення і буксування при русі по твердому фону слідів постійної технологічної колії та покращення плавності ходу. За даними [3-9] зниження витрат палива тракторів при використанні колійної системи землеробства становить 25-50%.

У роботі [10] відзначається, що впровадження колійної системи землеробства підвищує ефективність вирощування сільськогосподарських культур за рахунок скорочення витрати насіння, добрив, гербіцидів. Наявність постійної технологічної колії покращує і траєкторні показники руху тракторів [11].

Велика увага в наукових публікаціях приділяється ґрунтовим процесам, які відбуваються внаслідок використання колійної системи землеробства. Дослідження [12, 13] показують, що її використанням разом з no-till сприяє

збільшенню на 40-160% корисних мікроорганізмів і макрофауни (черв'яки, мурашки і терміти) в ґрунті.

Про зменшення сукупних витрат при використанні колійної системи землеробства досить докладно розглянуто в роботі [14]. Автори вказаної роботи пояснюють це тим, що за рахунок покращення тягово-зчіпних властивостей тракторів при їх русі по слідах постійної технологічної колії витрачаються і менші енергетичні витрати. При цьому наголошується про можливість використання тракторів невеликої потужності з меншою їх вартістю, що зменшує суму амортизаційних відрахувань і дозволяє збільшувати їх річний наробіток.

Незважаючи на достатню вивченість проблематики даного питання розглянуті публікації не дозволяють оцінити величину економічного ефекту за рахунок економії енергетичних витрат, посівного матеріалу і підвищення врожайності вирощуваної культури, який може бути отриманий при впровадженні колійної системи землеробства. Водночас, функціональна залежність економічного ефекту при її впровадженні від показників землекористування вивчена недостатньо.

Мета досліджень. Обґрунтування економічної ефективності від впровадження колійної системи землеробства і використання спеціалізованих ширококолійних агрозасобів, шляхом вибору оптимальних параметрів землекористування.

Методи досліджень. В основу методів дослідження покладені основні закони економічної теорії з використанням ПК та пакету Mathcad.

Результати досліджень. З метою практичної реалізації колійної системи землеробства нами створений дослідний зразок спеціалізованого ширококолійного агрозасобу, використання якого дозволить зменшити потребу в енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів у сільськогосподарському виробництві. Конструкція ширококолійного агрозасобу містить, насамперед, силові агрегати для приводу самохідного шасі, гідравлічний навісний механізм

для агрегатування сільськогосподарських знарядь, прилади керування рухом машини за курсом та інше (рис. 1).

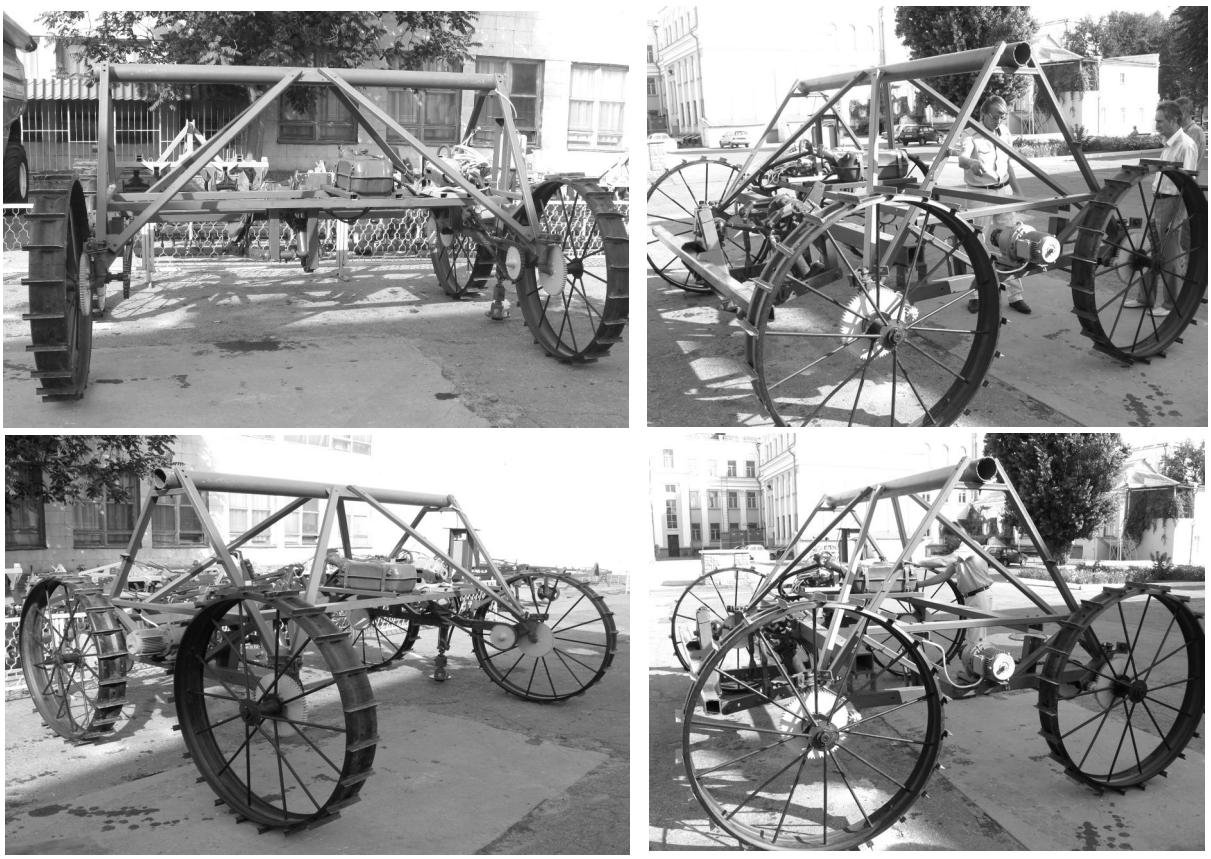
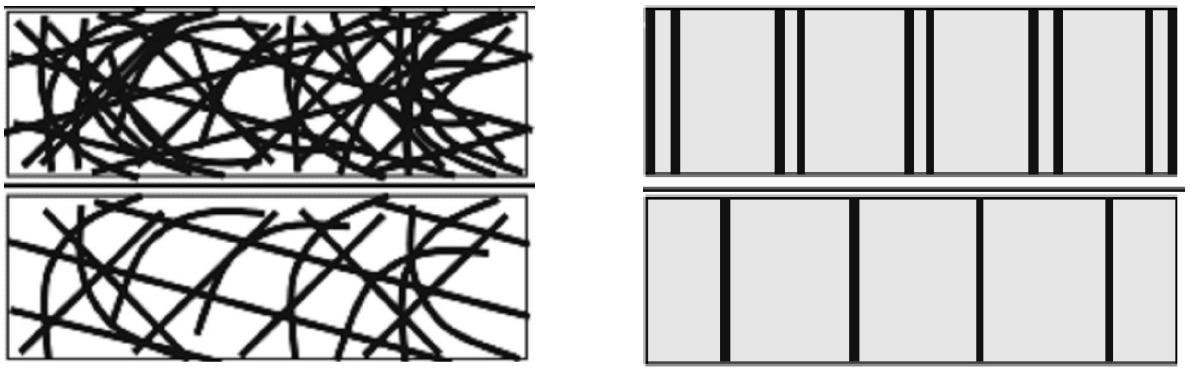


Рис. 1. Дослідний зразок спеціалізованого ширококолійного агрозасобу ТДАТУ

Fig. 1. The prototype wide span tractor (vehicles) TSAU

Економічну ефективність від впровадження колійної системи землеробства оцінимо порівнянням двох варіантів технологій вирощування сільськогосподарської культури на полях однакової геометричної форми і площі. Згідно з першою – використовуються традиційні тракторно-комбайнові агрегати. Сумарна площа слідів рушіїв останніх, як правило, перевищує площу поля в 1,1-2,0 рази. Зокрема, 10-15% площі поля зазнає впливу від 6 до 20 разів, 65-80% – 1-6 разів і тільки на 10-18% площі поля вплив рушіїв на ґрунт відсутній (рис. 2а) [15]. Положимо, що в силу зазначених обставин щільність ґрунту при традиційній системі землеробства збільшена, щодо оптимальної, як в орному, так і підорному шарі і становить відповідно ρ_{p1} і ρ_{pp1} (г/см^3), що, як правило, є однією з причин недобору врожаю U_{f1} (т/га).

Згідно другої технології використовується колійна система землеробства. Тут в якості єдиного енергетичного модуля для виконання всього комплексу робіт виступають спеціалізовані ширококолійні агрозасоби, які рухаються по слідах постійної технологічної колії (рис. 2б). Внаслідок відсутності ущільнюючої дії їх ходових систем на грунт в плодоносній зоні поля відбувається його розущільнення за рахунок природних ґрунтових процесів. В силу чого щільність ґрунту агротехнічної зони поля, як в орному шарі ρ_{p2}, так і підорному шарі ρ_{pp2} (г/см^3), прагне до свого рівноважного стану, і може бути наближена до оптимальної, що забезпечує отримання максимальної врожайності U_{f2} (т/га) вирощуваних культур.



а) б)

Рис. 2. Характер слідів на полі від рушіїв машин: а - невпорядковані (традиційні технології); б - впорядковані (колійні та мостові системи)

Fig. 2. The nature trails on the field from propulsion of machines and disordered (traditional technology); b - ordered (travel and bridge systems)

Економічний ефект E від впровадження колійної системи землеробства визначений, насамперед, трьома складовими:

$$E = \Delta e_h + \Delta e_s + \Delta e_e, \quad (1)$$

де Δe_h – економічний ефект від підвищення врожайності вирощуваної культури, грн./га; Δe_s – економічний ефект від економії посівного матеріалу, грн./га; Δe_e – економічний ефект від економії енергетичних витрат, грн./га.

Економічний ефект Δe_h від підвищення врожайності вирощуваної культури можна представити як різницю вартості валової продукції, отриманої у двох розглянутих варіантів технологій землеробства:

$$\Delta e_h = e_{h2} - e_{h1}, \quad (2)$$

де e_{h2} – вартість валової продукції, отриманої за технологією колійного землеробства, грн./га:

$$e_{h2} = (1 - w_i) U_{f2} V_{h2}, \quad (3)$$

e_{h1} – вартість валової продукції, отриманої за традиційною технологією землеробства, грн./га:

$$e_{h1} = U_{f1} V_{h1}, \quad (4)$$

V_{h1}, V_{h2} – вартість 1т валової продукції, отриманої у розглянутих варіантів технологій землеробства, грн./т; U_{f1}, U_{f2} – фактичний врожай сільськогосподарської продукції у двох розглянутих варіантів технологій землеробства, т/га; w_i – втрати площі поля під інженерну зону.

Методологічний апарат урахування ущільнюючого впливу сільськогосподарського агрегату на грунт при економічній оцінці перспективної технології в рослинництві достатньо вивчений. Згідно з дослідженнями В.А. Русанова [16] прогнозована зміна врожайності вирощуваної культури визначена щільністю ґрунту, як в орному, так і підорному шарі:

$$U_f = U_{max}\left(1 - \left(\left(C_p \left|\rho_p - \rho_0\right| K_p\right)^n + \left(C_{pp} \left|\rho_{pp} - \rho_0\right| K_{pp}\right)^n\right)\right), \quad (5)$$

де U_f – фактичний врожай оброблюваної сільськогосподарської культури, одержуваний при щільності ґрунту в орному ρ_p (0-20 см) і підорному ρ_{pp} (20-40 см) шарі, т/га; U_{max} – максимальний врожай сільськогосподарської продукції, отриманий при оптимальній щільності грунту ρ_0, т/га; C_p, C_{pp} – емпіричні коефіцієнти, $см^3/г$; n – показник ступеня; K_p, K_{pp} – коефіцієнти відновлення щільності ґрунту в орному та підорному шарі.

Для розглянутих варіантів технологій землеробства рівняння (5), відповідно, прийме вигляд:

$$U_{f1} = U_{max}\left(1 - \left(\left(C_{p1}\left|\rho_{p1} - \rho_0\right|K_{p1}\right)^n + \left(C_{pp1}\left|\rho_{pp1} - \rho_0\right|K_{pp1}\right)^n\right)\right),$$

$$U_{f2} = U_{max}\left(1 - \left(\left(C_{p2}\left|\rho_{p2} - \rho_0\right|K_{p2}\right)^n + \left(C_{pp2}\left|\rho_{pp2} - \rho_0\right|K_{pp2}\right)^n\right)\right). \quad (6)$$

З урахуванням (3-6) рівняння (2) прийме вигляд:

$$\Delta e_h = (1 - w_i)U_{max}\left(1 - \left(\left(C_{p2}\left|\rho_{p2} - \rho_0\right|K_{p2}\right)^n + \left(C_{pp2}\left|\rho_{pp2} - \rho_0\right|K_{pp2}\right)^n\right)\right)V_{h2} - $$
$$- U_{max}\left(1 - \left(\left(C_{p1}\left|\rho_{p1} - \rho_0\right|K_{p1}\right)^n + \left(C_{pp1}\left|\rho_{pp1} - \rho_0\right|K_{pp1}\right)^n\right)\right)V_{h1}. \quad (7)$$

Економічний ефект Δe_s можна представити як різницю витрат на посівний матеріал:

$$\Delta e_s = e_{s1} - e_{s2}, \quad (8)$$

де e_{s1} – вартість посівного матеріалу для традиційної технології землеробства, грн./га:

$$e_{s1} = u_s V_s, \quad (9)$$

e_{s2} – вартість посівного матеріалу для технології колійного землеробства, грн./га:

$$e_{s2} = u_s V_s (1 - w_i), \quad (10)$$

u_s – норма висіву насіння вирощуваної культури, т/га; V_s – ціна посівного матеріалу, грн./т.

З урахуванням (9) і (10) рівняння (8) прийме вигляд:

$$\Delta e_s = u_s V_s w_i. \quad (11)$$

Ефект Δe_e від економії енергетичних витрат при впровадженні колійної системи землеробства відбувається за рахунок двох складових: зменшення опору ґрунтообробних знарядь та зменшення витрат на кочення спеціалізованих ширококолійних агрозасобів, рушії якого взаємодіють з ущільненим ґрунтом слідів постійної технологічної колії. В результаті багатьох досліджень [3-9] встановлено, що питоме зменшення витрат паливних ресурсів може сягати 10% і більше.

Вищенаведена методика дозволяє оцінити величину Е від впровадження колійної системи землеробства з урахуванням рівня техногенного впливу рушіїв машин на ґрунт через узагальнений показник її щільності. Останній напряму визначає урожайність вирощуваної культури.

В якості аргументу досліджуваної функції (1) розглянемо показник w_i втрати площі поля (у відносних одиницях) під інженерну зону.

Величина щільності ґрунту в розглянутих варіантах технологій вирощування культури, як було сказано раніше, буде визначати рівень її урожайності, а значить і вартість валової продукції. Тому дослідимо характер зміни шуканої функції Е від абсолютної різниці щільності ґрунту в результаті її розущільнення за рахунок природних ґрунтових процесів при переході на колійну систему землеробства. При цьому припустимо, що в орному, так і підорному шарі зазначена різниця щільності ґрунту буде однакова $\Delta\rho = \rho_{р1} - \rho_{р2} = \rho_{рр1} - \rho_{рр2}$.

Результати оцінки ефективності колійної системи землеробства від економії енергетичних витрат, посівного матеріалу та підвищення врожайності вирощування пшениці по (1) представлено на рис. 3.

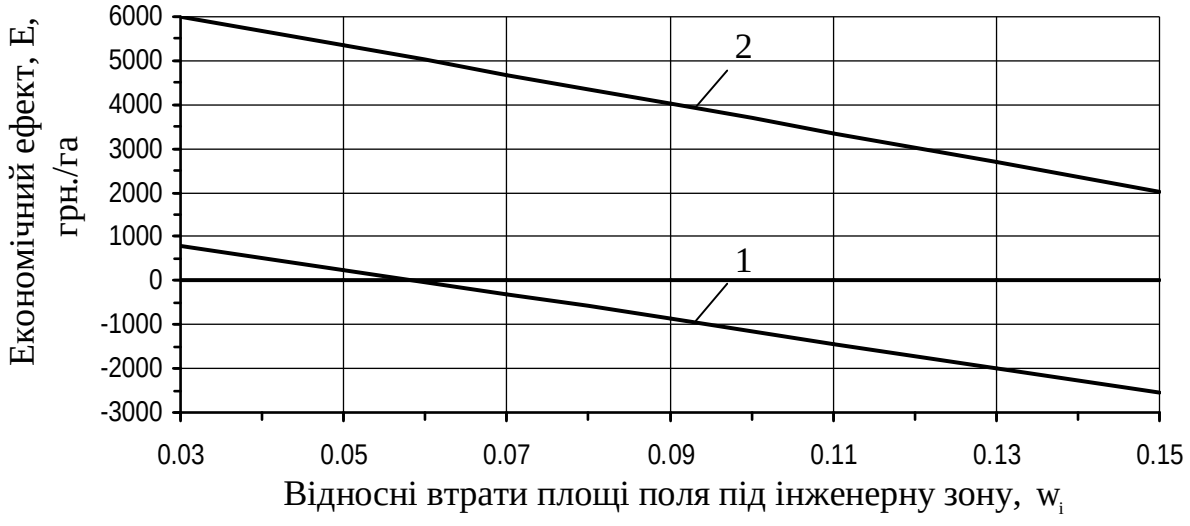


Рис. 3. Результат оцінки ефективності колійної системи землеробства при різному ефекті розущільнення ґрунту $\Delta\rho$: 1 - $\Delta\rho = 0{,}1$ г/см^3; 2 - $\Delta\rho = 0{,}2$ г/см^3

Fig. 3. The result of the evaluation of the effectiveness of controlled traffic farming at different effect of decompaction of the soil $\Delta\rho$: 1 - $\Delta\rho = 0{,}1$ g/sm^3; 2 - $\Delta\rho = 0{,}2$ g/sm^3

З аналізу рис. 3 випливає, що економічний ефект, який можна отримати при впровадженні колійної системи землеробства, безпосередньо визначений втратами площі поля під інженерну зону w_i, призначену для руху спеціалізованих ширококолійних засобів механізації. Наскільки ефективно буде облаштовано поле та організований рух останніх, настільки задовільними будуть і економічні показники колійної системи землеробства. Якщо втрати площі поля під інженерну зону становитимуть більше за 6%, а абсолютна величина природного розущільнення ґрунту - $\Delta\rho = 0{,}1$ г/см^3, то тільки за рахунок прибавки врожаю неможливо буде отримати позитивний економічний ефект (крива 1, рис. 3). За нашою оцінкою мати величину втрат площі поля під інженерну зону меншою за 6% цілком можливо, якщо використовувати спеціалізовані агрозасоби з шириною їх колії не менше 8-10 м. Такі характеристики сьогодні має відомий мостовий трактор ASA-Lift WS9600WS з шириною колії 9,6 м [17]. За нашою оцінкою економічний ефект при його використання, за рахунок економії енергетичних витрат, посівного матеріалу та підвищенні врожайності пшениці, буде складати мінімум 4000 грн на кожному гектарі її вирощування.

При використанні спеціалізованих ширококолійних агрозасобів з відносно меншою шириною колій, яким є дослідний зразок на рис. 1, економічний ефект буде очевидний на полях з високою техногенної деградацією ґрунтів, де результат збільшення врожайності вирощуваних культур за рахунок природних процесів розущільнення ґрунту буде істотним. Наприклад, якщо буде досягнута величина природного розущільнення ґрунту на рівні $\Delta\rho = 0{,}2$ г/см^3, то за рахунок суттєвої прибавки врожаю економічний ефект буде очевидний навіть на рівні 15% втрат площі поля під інженерну зону (крива 2, рис. 3). Сама ж величина економічного ефекту буде тим більшою, чим менше площі поля буде відводитися під інженерну зону. За рис. 3 із зменшенням на 1% втрат площі поля під інженерну зону економічний ефект збільшується щонайменше на 265 грн на кожному гектарі вирощування пшениці.

ВИСНОВКИ

1. При аналізі економічної ефективності колійної системи землеробства необхідно розглядати, насамперед, питання планування поля і організації руху спеціалізованих ширококолійних агрозасобів, оскільки зменшення на 1% втрат площі поля під інженерну зону збільшує економічний ефект щонайменше на 265 грн. на кожному гектарі вирощування пшениці.

2. Економічний ефект від використання спеціалізованих агрозасобів з шириною колії 8-10 м і більше, за рахунок отримання втрат площі поля під інженерну зону меншою за 6%, буде складати мінімум 4000 грн на кожному гектарі вирощування пшениці за колійною системою землеробства, що дозволяє окупати інвестиції нових перспективних технологій точного землеробства.

3. При використанні спеціалізованих агрозасобів з шириною колій меншою за 8 м, де втрати площі поля під інженерну зону можуть сягати 15%, економічний ефект буде очевидний на полях з високою техногенною деградацією ґрунтів. В цьому випадку результат збільшення врожайності вирощуваних культур при впровадженні колійної системи землеробства за рахунок природних процесів розущільнення ґрунту буде істотним.

Бібліографія

1. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства. Монографія / В.Т. Надикто, В.О. Улексін. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 270 с.

2. Tullberg J.N. Controlled traffic farming -from research to adoption in Australia / J.N. Tullberg, D.F. Yule, D. McGarry // Soil and Tillage Research. – 2007. – Vol. 97. – P. 272–281.

3. Compaction of heavy soils by cropping traffic and estimated benefits of tramline farming / P. Blackwell, D. McKenzie, B. Webb [et. al.] // Agribusiness Crop Updates. – 2004. - № 2004a. – P. 73–82.

4. Tramlines for less fuel use, pollution and greener farming / P. Blackwell, B. Webb, G. Fretwell [et. al.] //Agribusiness Crop Updates. – 2004. – № 2004b. – P. 64–76.

5. Implications of Controlled Traffic Farming in WA / P. Blackwell, J. Hagan, S. Davies [et. al.] // Crop Updates, Grain Industry Association of Western Australia. – 2013. – P. 58–66.

6. Tullberg J.N. Traffic Effects on Tillage Energy / J.N. Tullberg // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2000. – Vol. 75. – №4. – P. 375–382.

7. Tullberg J.N. CTF impacts: Environment = Economic / J.N. Tullberg ISTRO Controlled Traffic Conference in Toowoomba. – 2013. – P. 48–61.

8. Tullberg J.N. Tillage and traffic effects on runoff / J.N. Tullberg, P.J. Ziebarth, Li. Yuxia // Australian Journal of Soil Research. – 2001. – Vol. 39. – P. 249-257.

9. Controlled Traffic/permanent bed farming reduces GHG emissions / J.N. Tullberg, A. McHugh, B. Ghareel Khabbaz [et. al.] // Proceedings of 5th World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3rd Farming Systems Design Conference, Brisbane. – 2011. – P. 62-77.

10. Tramline farming systems: technical manual / [Webb B., Blackwell P., Riethmuller G. Lemon J.]. – Western Australia: Published by Department of Agriculture, Bulletin 4607, 2004. – 48 pp.

11. Tramline establishment in controlled traffic farming based on operational machinery cost / D.D. Bochtis, C.G. Sørensen, P. Busatob [et. al.] // Biosystems Engineering. – 2010. – Vol. 107. – P. 221–231.

12. Ants and termites increase crop yield in a dry climate / T.A. Evans, T.Z. Dawes, P.R. Ward [et. al.] // Nature Communications. – 2011. – 2:262 doi: 10.1038/ncomms1257. – P. 91–101.

13. Evans F. Risk of glysophate resistance in wide-row lupin cropping systems / F. Evans, A. Hashim, A. Diggle // Agribusiness Crop Updates. – 2009. – P. 72–81.

14. This Controlled Traffic Farming Technical Manual. It updates the Tramline Farming Systems: Technical Manual / [Isbister Bindi, Blackwell Paul, Riethmuller

Glen, Davies Stephen, et. al.]. – Western Australia: Published by the Department of Agriculture and food, Bulletin 4607, 2013. – 78 pp.

15. Скуратович А. Развитие способов снижения давления на почву [Електронний ресурс] / А. Скуратович // Докучаевские чтения ТРИЗ-профи. – Режим доступу: http://www.trizminsk.org.

16. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. – Москва: ВИМ, 1998. – 368 с.

17. User requirements for a Wide Span Tractor for Controlled Traffic Farming / H.H. Pedersen, C.G. Sørensen, F.W. Oudshoorn [et. al.] // International Commission of Agricultural and Biological Engineers, Section V. CIOSTA XXXV Conference “From Effective to Intelligent Agriculture and Forestry”, Billund, Denmark, 3-5 July 2013. – P. 42-61.

References

1. Nadikto V.T. Kolijna ta mostova sistemi zemlerobstva. Monografiya / V.T. Nadikto, V.O. Uleksin. – Melitopol: TOV «Vidavnichij budinok MMD», 2008.– 270s.

2. Tullberg J.N. Controlled traffic farming -from research to adoption in Australia / J.N. Tullberg, D.F. Yule, D. McGarry // Soil and Tillage Research. – 2007. – Vol. 97. – P. 272–281.

3. Compaction of heavy soils by cropping traffic and estimated benefits of tramline farming / P. Blackwell, D. McKenzie, B. Webb [et. al.] // Agribusiness Crop Updates. – 2004. - № 2004a. – P. 73–82.

4. Tramlines for less fuel use, pollution and greener farming / P. Blackwell, B. Webb, G. Fretwell [et. al.] //Agribusiness Crop Updates. – 2004. – № 2004b. – P. 64–76.

5. Implications of Controlled Traffic Farming in WA / P. Blackwell, J. Hagan, S. Davies [et. al.] // Crop Updates, Grain Industry Association of Western Australia. – 2013. – P. 58–66.

6. Tullberg J.N. Traffic Effects on Tillage Energy / J.N. Tullberg // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2000. – Vol. 75. – №4. – P. 375–382.

7. Tullberg J.N. CTF impacts: Environment = Economic / J.N. Tullberg ISTRO Controlled Traffic Conference in Toowoomba. – 2013. – P. 48–61.

8. Tullberg J.N. Tillage and traffic effects on runoff / J.N. Tullberg, P.J. Ziebarth, Li. Yuxia // Australian Journal of Soil Research. – 2001. – Vol. 39. – P. 249-257.

9. Controlled Traffic/permanent bed farming reduces GHG emissions / J.N. Tullberg, A. McHugh, B. Ghareel Khabbaz [et. al.] // Proceedings of 5th World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3rd Farming Systems Design Conference, Brisbane. – 2011. – P. 62-77.

10. Tramline farming systems: technical manual / [Webb B., Blackwell P., Riethmuller G. Lemon J.]. – Western Australia: Published by Department of Agriculture, Bulletin 4607, 2004. – 48 pp.

11. Tramline establishment in controlled traffic farming based on operational machinery cost / D.D. Bochtis, C.G. Sørensen, P. Busatob [et. al.] // Biosystems Engineering. – 2010. – Vol. 107. – P. 221–231.

12. Ants and termites increase crop yield in a dry climate / T.A. Evans, T.Z. Dawes, P.R. Ward [et. al.] // Nature Communications. – 2011. – 2:262 doi: 10.1038/ncomms1257. – P. 91–101.

13. Evans F. Risk of glysophate resistance in wide-row lupin cropping systems / F. Evans, A. Hashim, A. Diggle // Agribusiness Crop Updates. – 2009. – P. 72–81.

14. This Controlled Traffic Farming Technical Manual. It updates the Tramline Farming Systems: Technical Manual / [Isbister Bindi, Blackwell Paul, Riethmuller Glen, Davies Stephen, et. al.]. – Western Australia: Published by the Department of Agriculture and food, Bulletin 4607, 2013. – 78 pp.

15. Skuratovich A. Razvitie sposobov snizheniya davleniya na pochvu [Elektronnij resurs] / A. Skuratovich // Dokuchaevskie chteniya TRIZ-profi. – Rezhim dostupu: http://www.trizminsk.org.

16. Rusanov V.A. Problema pereuplotneniya pochv dvizhitelyami i ehffektivnye puti ee resheniya / V.A. Rusanov. – Moskva: VIM, 1998. – 368 s.

17. User requirements for a Wide Span Tractor for Controlled Traffic Farming / H.H. Pedersen, C.G. Sørensen, F.W. Oudshoorn [et. al.] // International Commission of Agricultural and Biological Engineers, Section V. CIOSTA XXXV Conference “From Effective to Intelligent Agriculture and Forestry”, Billund, Denmark, 3-5 July 2013. – P. 42-61.

References

1. Nadykto V.T. Track and bridge system of agriculture. Monograph (In Ukrainian language) / V.T. Nadykto, V.O. Ulexin. – Melitopol: LLC «Publishing house MMD», 2008. – 270 p.

2. Tullberg J.N. Controlled traffic farming -from research to adoption in Australia / J.N. Tullberg, D.F. Yule, D. McGarry // Soil and Tillage Research. – 2007. – Vol. 97. – P. 272–281.

3. Compaction of heavy soils by cropping traffic and estimated benefits of tramline farming / P. Blackwell, D. McKenzie, B. Webb [et. al.] // Agribusiness Crop Updates. – 2004. - № 2004a. – P. 73–82.

4. Tramlines for less fuel use, pollution and greener farming / P. Blackwell, B. Webb, G. Fretwell [et. al.] //Agribusiness Crop Updates. – 2004. – № 2004b. – P. 64–76.

5. Implications of Controlled Traffic Farming in WA / P. Blackwell, J. Hagan, S. Davies [et. al.] // Crop Updates, Grain Industry Association of Western Australia. – 2013. – P. 58–66.

6. Tullberg J.N. Traffic Effects on Tillage Energy / J.N. Tullberg // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2000. – Vol. 75. – №4. – P. 375–382.

7. Tullberg J.N. CTF impacts: Environment = Economic / J.N. Tullberg ISTRO Controlled Traffic Conference in Toowoomba. – 2013. – P. 48–61.

8. Tullberg J.N. Tillage and traffic effects on runoff / J.N. Tullberg, P.J. Ziebarth, Li. Yuxia // Australian Journal of Soil Research. – 2001. – Vol. 39. – P. 249-257.

9. Controlled Traffic/permanent bed farming reduces GHG emissions / J.N. Tullberg, A. McHugh, B. Ghareel Khabbaz [et. al.] // Proceedings of 5th World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3rd Farming Systems Design Conference, Brisbane. – 2011. – P. 62-77.

10. Tramline farming systems: technical manual / [Webb B., Blackwell P., Riethmuller G. Lemon J.]. – Western Australia: Published by Department of Agriculture, Bulletin 4607, 2004. – 48 pp.

11. Tramline establishment in controlled traffic farming based on operational machinery cost / D.D. Bochtis, C.G. Sørensen, P. Busatob [et. al.] // Biosystems Engineering. – 2010. – Vol. 107. – P. 221–231.

12. Ants and termites increase crop yield in a dry climate / T.A. Evans, T.Z. Dawes, P.R. Ward [et. al.] // Nature Communications. – 2011. – 2:262 doi: 10.1038/ncomms1257. – P. 91–101.

13. Evans F. Risk of glysophate resistance in wide-row lupin cropping systems / F. Evans, A. Hashim, A. Diggle // Agribusiness Crop Updates. – 2009. – P. 72–81.

14. This Controlled Traffic Farming Technical Manual. It updates the Tramline Farming Systems: Technical Manual / [Isbister Bindi, Blackwell Paul, Riethmuller Glen, Davies Stephen, et. al.]. – Western Australia: Published by the Department of Agriculture and food, Bulletin 4607, 2013. – 78 pp.

15. Skuratowicz A. The development of ways to reduce pressure on the soil (In Russian language) [Electronic resource] / A. Skuratowicz // «Dokuchaev's readings» TRIZ-Profi. – Access regime to magazine: http://www.trizminsk.org.

16. Rusanov V. A. the Problem of soil compaction propulsion and effective solutions (In Russian language) / V. A. Rusanov. – Moscow: VIM, 1998. – 368 p.

17. User requirements for a Wide Span Tractor for Controlled Traffic Farming / H.H. Pedersen, C.G. Sørensen, F.W. Oudshoorn [et. al.] // International Commission of Agricultural and Biological Engineers, Section V. CIOSTA XXXV

Conference “From Effective to Intelligent Agriculture and Forestry”, Billund, Denmark, 3-5 July 2013. – P. 42-61.