

Видається з 1996 року
Засновник і видавець
Сумський національний
аграрний університет
Реєстраційне свідоцтво
КВ № 8217 від 16.12.2003 р.

Редакційна рада

Ладика В.І., доктор
сільськогосподарських наук,
професор, академік НААНУ,
головний редактор;

Маслак О.М., кандидат економічних
наук, доцент,
заступник головного редактора;

Данько Ю.І., кандидат економічних
наук, доцент,
відповідальний редактор;

Фотіна Т.І., доктор
ветеринарних наук, професор,

Подгасцький А. А., доктор
сільськогосподарських наук,
професор;

Соколов М.О., доктор економічних
наук., професор;

Тарельник В.Б., доктор технічних
наук, професор.

Редакційна колегія серії

Тарельник В.Б., доктор технічних
наук, професор, редактор (СНАУ);

Шелудченко В.В., кандидат
технічних наук, доцент, заступник
редактора (СНАУ).

Антошевський Б., доктор
технічних наук, професор,
Келецький технічний університет
(Польща);

Кундера Ч., доктор технічних наук,
професор, Келецький технічний
університет (Польща);

Саарела Йоко, доктор технічних
наук, професор, Гельсінський
університет навколишнього
середовища (Фінляндія);

Гецович Є.М., доктор технічних
наук, професор (СНАУ);

Подригало М.А., доктор технічних
наук, професор (ХНАДУ);

Павлюченко А.М., доктор
технічних наук, професор (СНАУ);

Кузема О.С., доктор фіз.-мат. наук,
професор (СНАУ);

Ревенко І.І., доктор технічних наук,
професор (НУБІП України);

Топілін Г.Є., доктор технічних наук,
професор (Одеський ДАУ).

Міністерство освіти і науки України

ВІСНИК СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Виходить 12 разів на рік.

СЕРІЯ «Механізація та автоматизація виробничих процесів»
ВИПУСК 10/1 (29), 2016.

Адамчук В. В., Булгаков В. М., Войтюк Д. Г. Патріарх землеробської
механіки України.....3

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ

Чигарев Ю. В., Крук І. С., Снег М., Герук С. Н., Назаров Ф. І. Модели
сохранения биоценоза почв в решении проблемы её уплотнения
сельскохозяйственными движителями16

Мітков В. Б., Кувачов В. П., Ігнат'єв Є. І., Мітков В. О. Альтернативний
спосіб глибокого обробітку ґрунту в умовах півдня України20

Бондаренко А. І., Клец Д. М. Методологія визначення раціональної структури
та конструктивних параметрів гідрооб'ємно-механічних трансмісій для колісних
тракторів.....25

Крук І. С., Чигарев Ю. В., Назаров Ф. І., Герук С. Н. Обоснование
геометрических и технологических параметров кольчато-шпоровых рабочих
органов катковых приставок пахотных агрегатов.....30

Артьомов М. П. До методики розрахунку впливу колісного рушія на ґрунт34

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, РОБОЧІ ОРГАНИ ТА МАШИНИ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

Булгаков В. М., Адамчук В. В., Калетнік Г. М., Головач І. В., Горобей В. П.
Механіко-технологічне обґрунтування параметрів комбінованого сошника
селекційної сівалки.....38

Надикто В. Т., Кістечок О. Д. Теоретичне та експериментальне дослідження
показників роботи орного агрегату, працюючого за схемою «push-pull»43

Козаченко О. В., Каденко В. С., Шкрегаль О. М. Теоретичне обґрунтування
раціональної геометричної форми леза лапи культиватора48

Войтюк Д. Г., Волянський М. С. Агрегат для сівби та внесення мінеральних
добрив в умовах надмірної вологості ґрунту53

Ігнат'єв Є. І. Математична модель експлуатаційних параметрів агрегату з
фронтально навішеною гичкозбиральною машиною.....58

Алієв Е. Б., Лабатюк Ю. М., Пацула О. М. Математична модель
функціонування чизельного знаряддя з пошаровим обробітком ґрунту64

Котков В. І., Пустовіт С. В., Довбиш А. П. Обґрунтування параметрів
плющильної секції.....68

Засць М. Л. Оптимізація параметрів комбінованого розподільника насіння
сошника для підґрунтового-розкидної сівби зернових культур.....70

Шолудько П. В. Структурно-функціональна модель технологічного процесу
захисту рослин обприскуванням77

Теслюк В. В., Барановський В. М., Шведик М. С., Гунько Ю. Л.
Ефективність застосування комбінованого агрегату для висіву насіння
зернових культур80

Надточій О. В., Тітова Л. Л. Технічні фактори і їх вплив на значення втрат
зерна за молотаркою.....86

Фришев С. Г. Особливості застосування перевантажувальної технології для
збирання зернових культур.....91

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, РОБОЧІ ОРГАНИ ТА МАШИНИ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ

Голуб Г. А., Кухарець С. М. Формалізація кутів затискання та затягування при
механічному обробітку сільськогосподарських матеріалів.....96

Голуб Г. А., Павленко С. І. Визначення маси компосту на лопаті барабану під
час розпушування буртів.....99

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЧАТО-ШПОРОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КАТКОВЫХ ПРИСТАВОК ПАХОТНЫХ АГРЕГАТОВ

И. С. Крук¹, к.т.н., доцент;

Ю. В. Чигарев^{1,2}, д.ф.-м.н., профессор;

Ф. И. Назаров¹, аспирант;

С. Н. Герук^{3,4}, к.т.н., доцент

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск;

²Западнопоморский технологический университет, г. Щецин;

³Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

НААН Украины, п. Глеваха;

⁴Житомирский агротехнический колледж, г. Житомир

Приведены теоретические исследования взаимодействия элементов кольчато-шпоровых рабочих органов с почвой, на основе которых получены зависимости для определения их рациональных конструктивных и технологических параметров. Получено условие уплотнения почвы рабочими элементами кольчато-пруткового рабочего органа при выполнении технологического процесса.

Ключевые слова: обработка почвы, кольчато-шпоровых рабочих орган.

Постановка проблемы в общем виде.

На современном этапе развития земледелия в республике минимализация затрат на единицу произведенной продукции при наибольшем экономическом эффекте и сохранении плодородия почвы имеет важнейшее значение. Добиться этого можно в значительной мере за счет разумной системы основной обработки и применения комбинированных машин и орудий, способных совмещать две и более технологические операции.

Анализ последних исследований и публикаций

Для обеспечения требуемого качества основной обработки почвы для усадки и дополнительной обработки пласта в конструкциях плугов широко используются различные дополнительные приспособления – волокуши, боронки, приставки [1-5]. Наиболее универсальными в применении являются кольчато-шпоровые рабочие органы с различными формами уплотняющих элементов, которые качественно крошат, выравнивают и уплотняют поверхностный слой почвы [1-5]. На качество выполняемого технологического процесса оказывают конструкция рабочих органов и

состояние объекта обработки – почвы. Одним из видов кольчато-шпоровых рабочих органов является кольчато-прутковый, отличительная особенность которого состоит в том, что шпору круглого сечения (прутки) расположены по обе стороны кольца на равном удалении от его режущей кромки.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

Целью данной работы является изучение особенности взаимодействия данного типа рабочего органа с почвой.

Основная часть

При внедрении шпору круглого сечения (прутка) в почву (рисунок 1) под ним будет формироваться почвенный клин на дуге АВ, ограниченной центральным углом равным $2\varphi_2$ [6,7]. Его высоту можно определить по формуле

$$h_x = r \sin j_2 \operatorname{tg} j_1 = \frac{L}{2} \operatorname{tg} j_1, \quad (1)$$

где L – ширина прутка (определяется из прочностных и технологических условий). Из конструктивных соображений $L = 2r \sin j_2$.

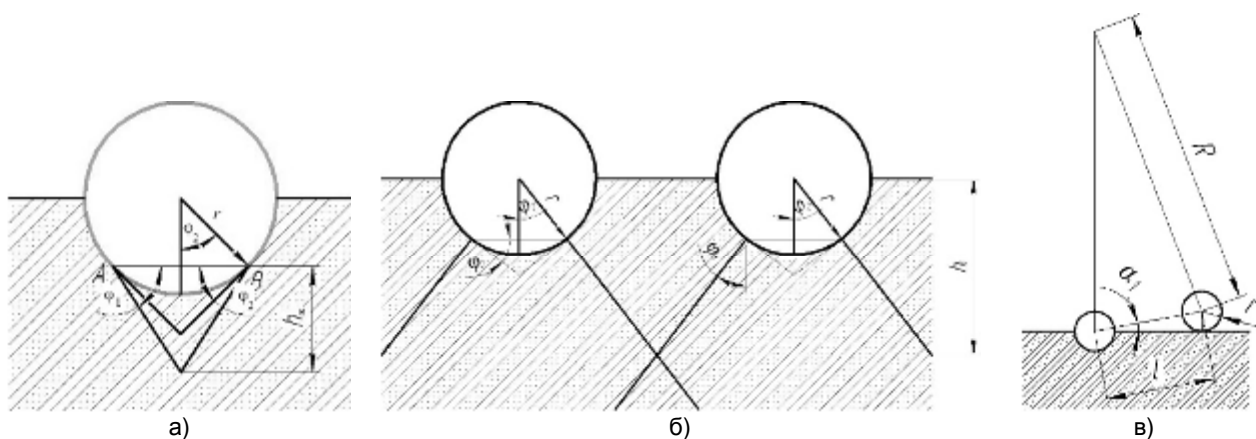


Рисунок 1 – Схема внедрения шпор круглого сечения в почву

Максимальная плотность почвы в зоне уплотнения прутка достигается при его заглиблении на глубину равную радиусу. Дальнейшее его заглибление ведет лишь к увеличению глубины распространения уплотнения.

$$h_1 = r \times \cos j_2 + \left(\frac{l}{2} - r \times \sin j_2\right) \times \operatorname{ctg} j_1,$$

или

$$l = \frac{2(h_1 - r \times \cos j_2 + r \times \sin j_2 \times \operatorname{ctg} j_1)}{\operatorname{ctg} j_1}. \quad (2)$$

Для определения расстояния R , на которое удалены центры прутков относительно центра диска (кольца) (радиуса окружности) рассмотрим случай, когда в почву внедряется только один пруток и глубина его погружения равна его радиусу. Из рисунка 2 определим расстояние между прутками

$$l^2 = 2R^2 - 2R^2 \cos 2\alpha_1. \quad (3)$$

Зная, что $\cos 2\alpha_1 = 1 - 2\sin^2 \alpha_1$, после несложных преобразований уравнения (3), получим [6]

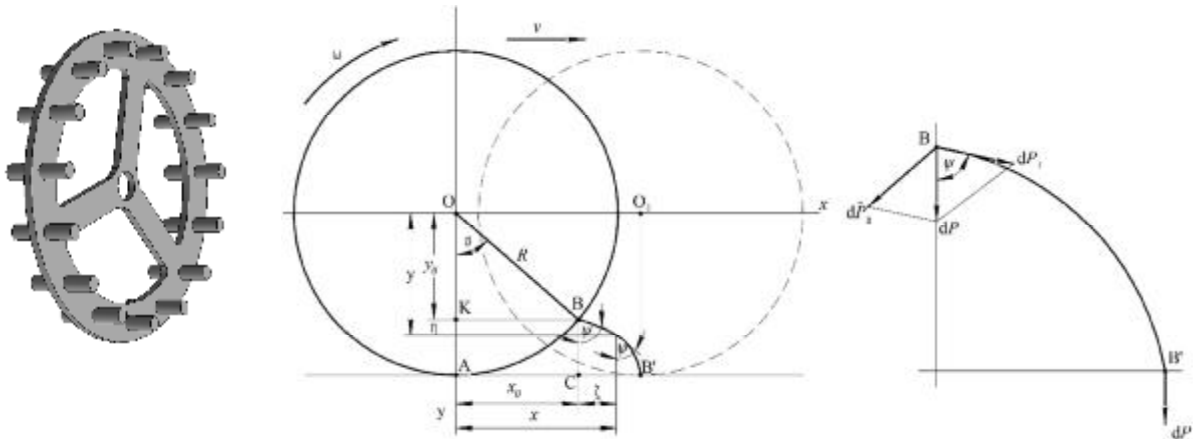


Рисунок 2. – Конструкция кольчато-пруткового почвообрабатывающего рабочего органа и схема к определению кинематических параметров его движения и закономерностей воздействия на почву

Исходя из рисунка 2, для точки B уравнения (7) можно записать в виде

$$z = Ra - R \sin a = R(a - \sin a); \quad (8)$$

$$h = R - R \cos a = R(1 - \cos a). \quad (9)$$

Траекторией движения прутка в почве в плоскости xOy согласно уравнениям (8) и (9) будет циклоида. Вектор скорости движения прутка вдоль траектории будет проходить по касательной к траектории циклоиды BB' . При этом угол φ между касательной и прямой BC будет меняться, т.е. он зависит от времени $\varphi = \varphi(t)$. Примем, что $\varphi = bt$ ($b = \frac{dj}{dt}$ – угловая частота движения точки B по циклоиде).

$$n = \sqrt{\frac{dz}{dt}^2 + \frac{dh}{dt}^2}, \quad (10)$$

где

$$\frac{dz}{dt} = bR \cos y;$$

$$\frac{dh}{dt} = bR \sin y = bR \sin y.$$

$$R = \frac{l^2}{2r}. \quad (4)$$

Для шпор уравнение примет вид

$$R = \frac{l^2}{L \times \operatorname{ctg} j_1}. \quad (5)$$

Примем, что все прутки равноудалены друг от друга и закреплены на диске на расстоянии R относительно его геометрического центра. Рассмотрим процесс вхождения прутка в почву в плоскости xOy . Обозначим через точку B в момент вхождения ее в почву. Уравнения движения точки B в почве будут (рисунок 2)

$$\begin{cases} x = x_0 + z; & (0 \leq z \leq CB \text{ и } x_0 = AC); \\ y = y_0 + h; & (0 \leq h \leq BC; \quad y_0 = OK), \end{cases} \quad (6)$$

или

$$\begin{cases} z = x - x_0 = x - R \sin a; & (AC \leq x \leq AB \text{ и } 0 \leq a \leq \pi/2); \\ h = y - y_0 = y - R \cos a; & (0 \leq y \leq OA), \end{cases} \quad (7)$$

где α – угол, который определяет положение прутка при вхождении в почву, $\alpha = \omega t$ (ω – угловая скорость диска; t – время).

При неравномерном движении диска ускорение прутка вдоль траектории будет

$$a = \sqrt{\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{d^2h}{dt^2}}, \quad (11)$$

где

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -b^2 R \cos y + b^2 R \sin y;$$

$$\frac{d^2h}{dt^2} = b^2 R \sin y + b^2 R \cos y.$$

В процессе работы диска может возникать процесс скольжения. В этом случае прутки будут иметь удлиненные или укороченные траектории уплотнения почвы

$$z = x - \lambda r \sin y, \quad (12)$$

$$h = y - \lambda r \cos y, \quad (13)$$

где λ – отношение радиусов воображаемого диска к реальному (при скольжении $\lambda > 1$).

Обозначим коэффициент скольжения через k ($k = \lambda - 1$), тогда

$$z = x - (1+k)R \sin a, \quad h = y - (1+k)R \cos a. \quad (14)$$

Обозначим результирующую силу, прихо-

двигаясь на один пруток при заглублении в почву, через $d\bar{F}$, которую разложим на две составляющие: $d\bar{F}_t$ и $d\bar{F}_n$. Примерно можно считать, что в точке B угол между $d\bar{F}$ и $d\bar{F}_t$ равен α ($\psi=\alpha$). Тогда

$$dF_t = dF \cos \alpha, \quad dF_n = dF \sin \alpha. \quad (15)$$

В процессе движения точки B по траектории углы α и ψ будут меняться, приближаясь к нулю в точке B_0 . Считаем, что уплотняющее воздействие на почву оказывает только нижняя часть прутка площадью S , тогда

$$dF = g_c S dh = g_c \frac{\rho L d}{2} dh, \quad (16)$$

где dh – элементарное значение заглубления прутка в почву;

g_c – коэффициент объемного смятия (удельное уплотнение), учитывающий свойства почвы (таблица 1).

Для касательной силы согласно (15) и (6) имеем

$$\int_0^R dF_t = \int_0^h g_c \frac{\rho L d}{2} \cos \alpha dh, \text{ или}$$

$$F_t = g_c \frac{\rho L d h}{2} \cos \alpha. \quad (17)$$

Таблица 1. – Значение g_c (Н/см³) в зависимости от состояния почвы [8]

Рыхлая почва	Уплотненная почва среднего механического состава	Уплотненная почва тяжелого механического состава	Уплотненная сухая почва тяжелого механического состава
0,5 – 1,5	3 – 8	6 – 10	12 – 20

Аналогично для нормальной силы будем иметь

$$F_n = g_c \frac{\rho L d h}{2} \sin \alpha, \quad (F = g_c \rho L d h). \quad (18)$$

В (17) и (18) левую и правую часть поделим на площадь контакта S , получим

$$s_t = h g_c \cos \alpha, \quad s_n = h g_c \sin \alpha. \quad (19)$$

Связь между σ_n и σ_t в зоне контакта прутка с почвой согласно закону Кулона-Мора будет

$$s_t = c + m s_n, \quad (20)$$

где c – удельное сцепление,

m – коэффициент внутреннего трения почвы.

Уравнение касательной к траектории движения прута в плоскости xOy запишем

$$x - x_0 = \frac{dy}{dx} (y - y_0), \text{ или}$$

$$z = \frac{d(y_0 + h)}{d(x_0 + z)} h = \frac{dh}{dz} h. \quad (21)$$

Так как

$$\frac{dh}{dz} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (22)$$

то

$$j = \arctg \frac{z}{h}. \quad (23)$$

Уравнение (20) с учетом (19) перепишем так

$$h g_c \cos \alpha = c + m h g_c \sin \alpha.$$

Откуда получим

$$h = \frac{c}{g_c (\cos \alpha - m \sin \alpha)}. \quad (24)$$

Формула (24) показывает, что чем больше коэффициент объемного смятия, тем меньше будет глубина заглубления прутка в почву.

Дадим оценку коэффициенту m .

Так как $h > 0$, то из (24) следует, что должно выполняться строгое неравенство

$$\cos \alpha - m \sin \alpha > 0, \text{ или } \cos \alpha > m \sin \alpha.$$

Следовательно

$$\operatorname{ctg} \alpha > m.$$

Взаимосвязь между m и углом внутреннего трения почвы ψ_1 определяется зависимостью

$$m = \operatorname{tg} \psi_1, \text{ то}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha > \frac{1}{\operatorname{ctg} \psi_1}, \text{ или } \frac{h}{z} > \operatorname{tg} \psi_1; \quad \frac{h}{z} > m.$$

с учетом (12) уплотнение почвы прутком возможно при выполнении соотношения

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} > m \text{ или}$$

$$\frac{y - (1+k)r \cos j}{x - (1+k)r \sin j} > m. \quad (25)$$

Заключение

В результате теоретических исследований закономерностей движения взаимодействия прутка рабочего органа с почвой получены зависимости для определения конструктивных и технологических параметров кольчато-пруткового рабочего органа. Получено уравнение, описывающее траекторию движения прутков при выполнении технологического процесса, и условие уплотнения ими почвы.

Список використаної літератури:

1. Назаров, Ф.И. Повышение эффективности использования катковых приставок в комбинированных пахотных агрегатах / Назаров Ф.И. // Молодежь в науке-2014: прил. К журн. «Венці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі»: в 5 ч. Ч. 5. – Минск : Беларуская навука, 2015. – с. 125 – 128.
2. Крук И.С., Назаров Ф.И. Обеспечение требуемого качества подготовки почвы под посев культур при использовании дополнительных почвообрабатывающих устройств в пахотных агрегатах / Материалы Международной научн.-практ. конф. «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» – Минск : БГАТУ, 2013. – с. 279 – 282.
3. Дополнительные орудия для повышения эффективности основной обработки почвы оборотными плугами / И.С. Крук [и др.] // Сборник научн. статей Международной научн.-практ. конф. «Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве» – Минск: БГАТУ, 2016. – с.122 – 128.
4. Назаров, Ф.И. Совмещение операций основной и поверхностной обработки почвы / Ф.И. Назаров, И.С. Крук, Ю.В. Чигарев // Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: збірник тезисів II Всеукраїнської научн.-практ. конф., Житомир, 7-8 апреля 2016 г. / Житомирський АТК. – Житомир, 2016. – С. 10–12.
5. Повышение эффективности использования дополнительных устройств для поверхностной обработки почвенного пласта в пахотных агрегатах / И.С. Крук [и др.] // The 8th International Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering: сборник статей, Poznan, Puszczkowo, Poland, June 25–28, 2013. – С. 13–17.
6. К обоснованию геометрических параметров кольчато-шпоровых катков И.С. Крук [и др.] // Сборник научн. статей Международной научн.-практ. конф. «Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве» – Минск : БГАТУ, 2016. – с.118 – 122.
7. Результаты экспериментальных исследований воздействия уплотняющих элементов почвообрабатывающего рабочего органа катковой приставки на почву / И.С. Крук [и др.] /Агропанорама. - № 4, 2015. – С. 2-5.
8. Чигарев Ю.В. Математические основы механики почв / Ю.В. Чигарев, П.Н. Синкевич. – Минск : Технопринт, 2004. – 163 с.

J.S. Crook, Y.V. Chigarev, F.I. Nazarov, C. N. Geruk Justification of the geometric and technological parameters of ring- shporovyh working parts of roller consoles arable units

Theoretical studies of the interaction of elements of ring- bar working bodies with the soil on which the dependences for determination of their rational design and process parameters. An compaction condition of the working elements of ring-bar stock working body in the performance of the process.

Keywords: tillage, ring-shporovyh working parts.

I.С. Крук, Ю.В. Чигарев, Ф.И. Назаров, С.Н. Герук Обґрунтування геометричних і технологічних параметрів кільчато-шпоровими робочих органів каткова приставок орного агрегату

Наведено теоретичні дослідження взаємодії елементів кільчато-шпоровими робочих органів з ґрунтом, на основі яких отримано залежності для визначення їх раціональних конструктивних і технологічних параметрів. Отримано умову ущільнення ґрунту робочими елементами кільчато-пруткового робочого органу при виконанні технологічного процесу.

Ключові слова: обробка ґрунту, кільчато-шпоровими робочий орган.

Стаття надійшла в редакцію: 02.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.

УДК 629.015

ДО МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ВПЛИВУ КОЛІСНОГО РУШІЯ НА ГРУНТ

М. П. Артьомов, д.т.н., професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім.П. Василенка.

В статті розглянуто проблеми взаємодії колісних рушіїв з ґрунтом в процесі виконання мобільними сільськогосподарськими агрегатами технологічних операцій. Постійна зміна навантажень на ведучі колісні рушії в тяговому режимі здійснює стохастичний коливальний тиск, це дає можливість стверджувати, що напруження і деформація ґрунту на початковому етапі їх дії будуть мати інший характер.

Ключові слова: ґрунт, колісний рушій, тиск.

Вступ. Сільське господарство України має величезний потенціал у сфері ресурсо-ефективності. Завдяки впровадженню ресурсозберігаючих технологій, агропідприємства Украї-