

entropy extremization principle by Professor V. A. Kasianov. Automatic Control and Information Sciences, 2 (1), 20–25.

6. Jaynes, E. T. (1957). Information theory and statistical mechanics. Physical review. – U.S.A., 106 (4), 620–630.

7. Jaynes, E. T. (1957). Information theory and statistical mechanics. II. Physical review. – U.S.A., 108 (2), 171–190.

8. Stratonovich, R. (1985). Non-linear non-equilibrium thermodynamics. Moscow, Russia: Nauka, 478.

9. Stratonovich, R. (1975). Information theory. Moscow, Russia: Sov. Radio, 424.

10. Kasianov, V., Goncharenko, A. (2014). Light and shadow economy proportions and entropy approach to principal laws of psychodynamics. Intellectual Systems for Decision Making and Problems of Computational Intelligence: International Conference. Kherson: KNTU, 9–11.

Дата надходження рукопису 25.08.2014

Касьянов Володимир Олександрович, доктор технічних наук, професор, кафедра механіки, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, г. Київ, 03680
E-mail: vakasyanov@mail.ru

Гончаренко Андрій Вікторович, кандидат технічних наук, кафедра механіки, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, г. Київ, 03680
E-mail: andygoncharenko@yahoo.com

УДК 361.31

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО ОРГАНУ НА ЯКІСТЬ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КАРТОПЛІ

© Є. Я. Прасолов, С. В. Лазоренко, О. Ю. Бондаренко

Вибрано оптимальний спосіб обробки ґрунту при вирощуванні картоплі. Розроблена конструкція ротаційного органу. Дослідження процесу його роботи свідчать про якісне рихлення ґрунту, підрізання бур'янів і винесення їх на поверхню поля. На основі результатів експериментальних досліджень виконано математичний аналіз даних, який дозволив оптимізувати конструктивно-технологічні параметри ротаційного органу для обробки ґрунту при вирощуванні картоплі.

Ключові слова: ротаційний орган, міжрядна обробка ґрунту, вичісування бур'янів, профіль оброблювальної поверхні.

The optimal method of tillage in the cultivation of potatoes has been selected. The results of research shows, that Qualitative hoeing soil, undercutting of the weeds and carryover its to the surface provides by the rotary working body. The parameters of the rotary working body has been optimized.

Keywords: rotary working body, inter-row tillage, ejection of weeds, profile of fields surface

1. Вступ

Формування високих врожаїв залежить від якості і своєчасного проведення операцій за доглядом рослин. Основною метою цих операцій є знищення бур'янів, як головного конкурента культурних рослин в боротьбі за фактори життя (воду, світло, поживні речовини).

На розвиток кореневої системи значно впливають властивості та механічний склад ґрунту, щільність, умови операції, вологість і забезпеченість поживними речовинами. Для забезпечення сприятливих умов розвитку кореневої системи картоплі потрібно створити гребні з дрібногрудкуватою структурою ґрунту вільною від бур'янів.

2. Постановка проблеми

Для створення нормальних умов розвитку рослин до робочих органів за доглядом за посівами пред'являються наступні агротехнічні вимоги:

– робочі органи агрегату не повинні захоплювати і витягувати клубні та руйнувати

прорість картоплі. Борони повинні рівномірно обробляти ґрунт на глибину 3...6 см, рихлити ґрунтову кірку і знищувати бур'яни. Величина грудок після проходу борони не повинна перевищувати 2...2,5 см при нормальній вологості ґрунту.

– робочі органи культиватора не повинні підрізати кореневу систему, висмикувати, засипати та руйнувати рослини. Підгортаючий корпус повинен насипати рихлий та рівний шар ґрунту товщиною 5...8 см на гребінь з привалюванням його до стебел картоплі та рихленням схилів гребня та дна борозни.

Використання механізованої обробки ґрунту в міжряддях картоплі виконує рихлення ґрунту та вирівнювання обробленої поверхні поля, що забезпечує оптимальні умови розвитку та формування високої врожайності картоплі.

3. Літературний огляд

Аналіз останніх закордонних та вітчизняних досліджень і публікацій свідчить про те, що при вирощуванні картоплі зменшують число механічних обробок і використовують гербіциди [1–5]. Це знижує

забур'яненість посівів та їх ураження хворобами, що підвищує врожайність картоплі. Але, для щорічного отримання високих врожаїв картоплі потрібно, щоб умови зовнішнього середовища відповідали біологічним вимогам. Таким чином, пошук прийомів і робочих органів, направлених на знищення бур'янів і створення гребнів з дрібногрудкуватою структурою ґрунту є актуальним завданням.

Значний розвиток засобів механізації догляду за картоплею прослідковується за кордоном. Так, в ФРН ряд фірм займається виготовленням робочих органів відвального типу на паралелограмній підвісі, з пружинною стійкою, дискового типу та спеціальний вичісувач рядків. В США Англії широко застосовуються в системі догляду за картоплею фрезерні пристосування. В Фінляндії використовуються дворядні культиватори-окучники, які мають ротаційні розпушники з приводом від карданного вала трактора та під пружинні на S-подібних стійках розпушуючі корпуси. Аналіз літератури не виявив істотних відмінностей в конструкціях робочих органів культиваторів для міжрядної обробки з використанням ротаційних органів. Оптимальні показники рихлення ґрунту досягаються з використанням ротаційних робочих органів, що підтверджується результатами досліджень багатьох вчених [6–11].

Параметри рихлення ґрунту обумовлюють якість знищення бур'янів, змішування шарів і вирівнювання поверхні поля.

Основне призначення механізми боротьби з бур'янами технічними засобами – це присипання бур'янів ґрунтом, їх підрізання та вичісування.

Присипання бур'янів ґрунтом в рядку сповільнює їх ріст і надає можливість культурним рослинам значно випередити їх у вегетативному розвитку.

Підрізання бур'янів виконується при значній ширині захисної зони, що знижує ефективність і вимагає використання ручної праці. Тоді, оптимальний спосіб механічного знищення бур'янів передбачає порушення зв'язків кореневої системи з шарами ґрунту та винесення їх на поверхню поля. Для вичісування бур'янів використовуються зубові робочі органи, в тому числі ротаційні [5–7].

Перемішування складових шарів ґрунту та вирівнювання поверхні досягається використанням ротаційних органів з вертикальною віссю обертання. Це забезпечує вичісування бур'янів без виносу нижніх шарів на поверхню ґрунту.

Аналіз переваг та недоліків відомих конструкцій робочих органів та вимог до якості обробки ґрунту при догляді за картоплею і проведений патентний пошук дозволив розробити технічне рішення ротаційного органу і спосіб його використання, що подане для отримання правової охорони [8, 9].

Метою статті є проведення дослідження процесу обробки ґрунту ротаційним органом

запропонованої конструкції і виявлення залежностей якості обробки ґрунту в міжряддях від параметрів робочого органу та оптимізація технологічного процесу.

4. Обґрунтування раціональних параметрів ротаційного органу

Аналіз літератури показав, що робочі органи для догляду за картоплею характеризуються великою кількістю конструкцій, які відрізняються за принципом дії та будовою. Для обґрунтування вдосконаленого робочого органу була проведена систематизація по основним критеріям виконання технологічного процесу та конструктивно-кінематичним особливостям. Встановлено, що перспективним напрямком розвитку є ротаційні робочі органи. Нині за доглядом за гребенями ґрунту при посадці картоплі широко використовуються ротаційні борони БРУ-0,7. Але, вони містять ряд недоліків: низький рівень знищення бур'янів (до 35%); недостатня надійність конструкції борінок (згинаються зуби, скручується стержнетримач, а крайні зуби ротора не приймають участь у роботі).

Академік В. П. Горячкін обґрунтував, що найбільш істотний вплив на характер робочого процесу при обробці ґрунту чинять форма та геометричні розміри робочого органу, кінематичні особливості дії його на ґрунт, форма та параметри рихлячих елементів. Створення ротаційного органу для догляду за рослинами картоплі ґрунтується на загальних вимогах до конструкцій, тобто він повинен копіювати профіль гребня, забезпечувати стійкий технологічний процес, мати просту та надійну конструкцію.

При взаємодії робочого елемента ротаційного органу з ґрунтом, його частинки мають визначену абсолютну швидкість, направлення вектора якого після сходження з органу в залежності від кінематичного режиму роботи має декілька варіантів. Найбільш перспективним буде, коли напрям вектора швидкості складає кут до горизонту від 0 до 90°. В вибраному випадку кореневі нитки бур'янів гублять зв'язок з ґрунтом і залишаються на поверхні ґрунту. Оптимальний кут направлення вектора швидкостей частинок складає 45°. При цьому дальність відкидання частинок на оброблену поверхню, а значить ефективність руйнування зв'язків бур'яну з ґрунтом і винесення їх на поверхню буде максимальною.

Були проведені теоретичні дослідження руху ґрунту вздовж робочого елемента органу, який рухається плоскопаралельно. Такий рух є складним, і визначається переносним, разом з робочим органом та відносним рухом. Була складена математична модель системи – «ґрунт – робочий елемент ротаційного органу», розв'язок якої дав можливість спроектувати конструкцію ротаційного органу та лабораторну установку.

Виходячи із теоретичних досліджень були визначені:

- рух ґрунту по робочому елементу та радіус і лінійна швидкість ротаційного органу;
- раціональні напрямки радіусу і швидкості руху органу в залежності від критерія ефективності;

– траєкторія руху і обґрунтування числа робочих елементів ротаційного органу;

– умови перекочування ротаційного органу без пробуксовування в площині ободу ґрунтозацепів.

Згідно методики визначення раціональних параметрів радіуса ротаційного органу та швидкості МТА в залежності від критерія ефективності був змодельований на комп'ютері процес взаємодії ротаційного робочого органу з ґрунтом та встановленні конструктивні параметри ротаційного органу: ширина 350...450 мм; ширина циліндричної частини 150 – 250 мм; ширина скребків – планок ґрунтозацепів 25 – 30 мм; внутрішній діаметр 350 – 450 мм; діаметр перекочування 500 – 600 мм; зовнішній діаметр 600 – 650 мм; число робочих елементів 12...16 шт.

Було виготовлено декілька ротаційних органів, які мають складну геометричну форму, що складається з двох зрізаних конусів та об'єднані основами за допомогою циліндра. Попередні дослідження виявили оптимальну конструкцію ротаційного органу з ґрунтозацепами.

Була виготовлена лабораторна установка конструктивна схема якої представлена на рис. 1., конструкція якої базується на [8, 9]

Вона складається з рами 2, ротаційного органу 1, опорних колес 3. До рами 2 через стійки 5 закріплена платформа 4. Для виміру показників до установки включені: кутмір 6, динамометр 7, механічна передача 9, редуктор 10, електропривід 11. До лабораторної установки передбачені: механізм виміру кута поворота; механізм вертикального навантаження; механізм регулювання лінійної швидкості органа, динамометр для енергетичної оцінки робочого органу.

Лабораторні дослідження проводились на ґрунтовому каналі, де попередньо штучно створювали гребінь із ґрунту середньосуглинного механічного складу.

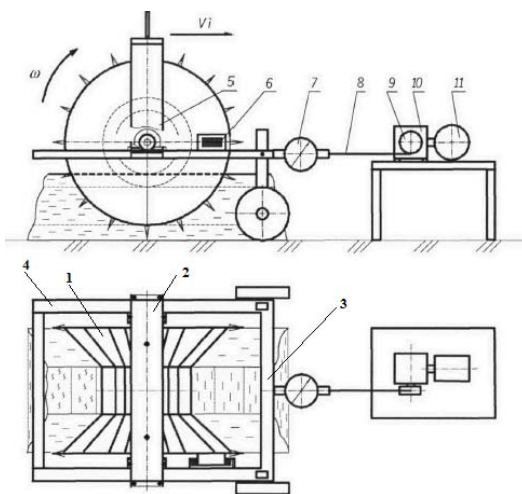


Рис. 1. Конструктивна схема лабораторної установки з ротаційним органом запропонованої конструкції

Оптимальний конструктивний варіант ротаційного органу визначається при моделюванні процесу вичісування бур'янів. Для цього на визначеній площі в шар ґрунту по периметру гребня на глибину 3 см вкладались відрізки шнура. Виконувався обрахунок числа відрізків шнура до і після обробки ротаційним органом. Якість вичісування визначалась з урахуванням загальної кількості відрізків, закладених в шар ґрунту. Результати теоретичних досліджень технологічного процесу вичісування бур'янів будуть позитивні при умові, що ротаційний орган в площині ґрунтозацепів буде перекочуватись без пробуксовки [8, 9].

5. Результати експериментальних досліджень

Комплексна перевірка якості роботи експериментального робочого органу проводились дослідженням його агротехнічних показників в порівнянні з серійними ротаційними органами БРУ – 0,7.

Встановлено, що зі збільшенням вертикального навантаження пробуксовування ротаційного органу зменшується, а зі збільшенням швидкості, навпаки – збільшується, що позначається на технологічному процесі оброблення ґрунту.

Якість ґрунту дослідної ділянки визначалась після обробки ротаційними органами та порівнювалась з якістю ґрунту, обробленого культиватором з борінкою і з наступним визначенням гранулометричного складу, вологості, щільності, твердості в гребні ґрунту.

Результати досліджень гранулометричного складу ґрунту показали, що після обробки дослідними робочими органами агротехнічний склад ґрунту в гребні більш рівномірний і складає 83,7 % від загальної маси частинок з розміром від 10 до 25 мм, а після обробки ґрунту борінками БРУ-0,7 доля частинок цієї фракції складає 67,5 %, а фракції з розмірами частинок від 25,1 мм до 50 мм збільшилась на 4,1 %.

Крім того вологість ґрунту на поверхні гребня обробленого борінками менше ніж 0,42 %, чим після обробки ґрунту борінками БРУ-0,7, але зі збільшенням глибини вона вирівнювалась. Це можна пояснити тим, що після обробки дослідними робочими органами гранулометричний склад ґрунту більш рівномірний і має оптимальний розмір частинок, що в свою чергу, сприяє кращому прогріванню верхнього шару ґрунту.

Аналіз результатів досліджень показав, що щільність та твердість ґрунту зі збільшенням глибини обробки зростає, причому після обробки бороною БРУ – 0,7 вище на 0,27...0,051 г/см³ та 0,042...0,052 МПа відповідно. Пояснення цьому полягає в тому, що на відміну від ґрунтозацепів БРУ-0,7, скребки-планки ротаційного органу обробляють ґрунт по периметру гребня без пропусків на глибину 5 см.

Таким чином, аналіз даних показав, що гранулометричний склад, вологість, щільність та твердість ґрунту знаходяться в залежності від параметрів використовуваного робочого органу. Підтверджено, що ротаційний скребково-пластинчастий орган має оптимальну конструкцію і відповідає агротехнічним вимогам.

Далі проводились заміри профілю гребня після обробітку картоплі утворених борінкою БРУ-0,7 та ґрунтообробним органом по закінченню виконання операції. Зрозуміло, що ротаційний орган формує гребінь з заокругленою вершиною, що гірше піддається ерозії і найбільш сприятливий для росту та збирання картоплі.

Серійні борони БРУ-0,7 руйнують верхній шар гребня ґрунту, розподіляючи його по сторонам. Тоді, утворюються гребні з верхньою та нижньою основою, що веде до руйнуванню гребенів та пошкодження клубнів.

Площа поперечного перерізу гребня, обробленого дослідним робочим органом знаходиться в межах отриманого значення навіть з урахуванням усадки ґрунту під час росту і розвитку картоплі, в той же час площа поперечного перерізу гребня, утвореного серійною бороною БРУ – 0,7 навіть без усадки не задовільняє поставленим вимогам.

Наступні дослідження були проведені з використанням дослідного культиватора з ротаційним ґрунтообробним органом. Досліди проводились згідно плану експерименту. За результатами досліджень побудовані математичні моделі – рівняння регресії процесу догляду за рослинами картоплі:

$$Y = 93,91 + 3,019X_1 - 1,144X_2 + 2,81X_3 - 3,43X_1^2 - 1,61X_2^2 - 2,97X_3^2 + 1,33X_1X_3$$

Були відсіяні не впливові коефіцієнти $X_1 \cdot X_2$ і $X_2 \cdot X_3$. Аналіз рівняння показав, що найбільший вплив в заданому інтервалі варіювання факторів на параметр оптимізації має швидкість руху машини і число скребок-планок ротаційного органу. Найменше впливає додаткове вертикальне навантаження на орган. Від'ємний знак перед коефіцієнтом вказує на зменшення параметру оптимізації при зростанні досліджуваного фактору, а додатний – на зростання. Адекватність результатів досліджень математичної моделі другого порядку перевірялась за допомогою критерія Фішера і встановлено, що рівняння з вірогідністю 95% відповідає адекватно реальному процесу. Однорідність дисперсії паралельних досліджень визначалась по критерію Кохрена. Табличне значення критерію Кохрена більше розрахункового, отже однорідність дисперсії паралельних досліджень підтверджується.

По аналітичним розрахункам встановлені натуральні фактори, які забезпечують найбільшу ефективність технологічного процесу догляду за рослинами картоплі.

Для повної агротехнічної оцінки технологічного процесу визначалась ступінь руйнування культурних рослин. Перед другою обробкою рослин при посадці до 10 см прослідковується виникнення розвиненої кореневої системи до 10 %. При цьому можливе ушкодження клубнів протягуванням їх скребками-планками на поверхню гребня. Результати досліджень знищення

бур'янів ротаційним органом в порівнянні з серійною борінкою БРУ-0,7 показали, що через чотири дні після першої обробки кількість знищених бур'янів скребково-пластинчастим органом вища 94,1 (165,3 шт.) у порівнянні із 83,1 (145) борінкою БРУ-0,7.

Контроль проведений через чотири дні після другої обробки підтвердив ефективність запропонованої розробки 73,4% (9 шт.) > 38,3% (12 шт.). Це пояснюється тим, що конструкція скребково-пластинчастого органу на відмінність від борінки БРУ-0,7 дозволяє більш повно вичісувати бур'яни, руйнуючи зв'язок корневих шийок з ґрунтом і залишати їх на поверхні. Була проведена оцінка урожаю картоплі отриманого при використанні серійних борін БРУ-0,7 в порівнянні з дослідним ротаційним органом шляхом збору картоплі із рядка з трьохкратною повторністю в різних місцях ділянки.

На контрольній ділянці отримано урожайність картоплі на 15,2 % менше, ніж на дослідному з крупною фракцією. Це свідчить про те, що експериментальним робочим органом, були створені більш сприятливі умови для формування клубнів (щільність, твердість, гранулометричний склад, чим в гребні, утворених БРУ-0,7).

Розміри гребня повинні бути такими, щоб клубневе гніздо вміщалося в ньому. Це можливо оцінити по кількості позеленілих клубнів, які не помістились в гребні і вийшли на поверхню своєю частиною при накопиченні врожаю. Із зібраних клубнів були вибрані такі, що мають площу позеленіння більше 1 см². Результати показують, що при обробітку ґрунтообробним органом кількість позеленілих клубнів складає в середньому 4,2% від загальної маси, а при обробці серійним культиватором КОН – 2,8 з застосуванням БРУ – 0,7 цей показник має величину 7,9 %. Отже, формування гребня проходить більш якісно ґрунтообробним органом.

Для повної характеристики ротаційного органу були проведені дослідження по виявленню енергетичних затрат на виконання технологічного процесу в польових умовах. Енергетична оцінка робочих органів проводилась на різних швидкостях руху агрегату. Витрати палива при виконанні міжрядної обробки культиватором КОН-2,8+БРУ-0,7 на глибу ну 5 см по дослідним даним склали 140...150 кг, що складає ,87...5,15 кг/га. Для дослідного культиватора цей показник складає 4,62...4,87 кг/га. Зменшення питомого тягового опору і витрат палива при використанні дослідного культиватора пояснюється тим, що у даному випадку витрачається менше енергії на подолання сил тертя по робочій поверхні.

6. Висновки

1. Встановлено, що підвищення якості технологічного процесу догляду за картоплею, зниження енергоємності досягається використанням робочих органів ротаційного типу.

2. Розроблено спосіб догляду за картоплею та ротаційний орган, які підвищують якість технологічного процесу знищення бур'янів шляхом їх протягування скребками-планками вздовж профілю гребня. Визначені теоретичним шляхом та

підтверджено експериментально геометричні параметри ротаційного органу.

3. Отримана математична модель технологічного процесу догляду за рослинами картоплі дослідним культиватором з використанням ротаційного органу по критерію оптимізації – повноті знищення бур'янів.

4. Визначені оптимальні значення швидкості поступального руху, вертикального навантаження та числа скребоків-планок.

5. Встановлено польовими дослідженнями культиватора з ротаційними органами в порівнянні з серійними робочими органами: ступінь рихлення ґрунту підвищується, повнота знищення бур'янів при однорядній та дворядній обробці збільшується, що сприяє збільшенню врожайності картоплі.

6. Паливно-енергетичні затрати дослідного культиватора менші від серійного.

Література

1. Зубець, М. В. Актуальні проблеми технічної політики в аграрному секторі України [Текст] / М. В. Зубець, Я. С. Гуков, М. І. Грицишин. – К. : ДІА, 2007. – 80 с.

2. Замойська, К. В. Обґрунтування параметрів ротаційного розпушувача ґрунту [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / К. В. Замойська. – Львів, 2008. – 21 с.

3. Пастухов, В. І. Ротаційні робочі органи для обробітки міжрядь просапних культур [Текст] / В. І. Пастухов, С. А. Браженко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. 2011. – Вип. 107, Т. 1. – С. 292–297.

4. Абдрахманов, Р. К. Разработка и обоснование параметров комбинированного рабочего органа пропашного культиватора [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р. К. Абдрахманов. – Челябинск, 1984. – 19 с.

5. Матяшин, Ю. И. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин [Текст] / Ю. И. Матяшин, И. М. Гринчук, Г. М. Егоров. – М. : «Агрпроимиздат», 1988. – 188 с.

6. Канарёв, Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия [Текст] / Ф. М. Канарёв. – М. : Машиностроение, 1983. – 142 с.

7. Панов, И. М. Теория, конструкция и расчет ротационных почвообрабатывающих машин [Текст] / И. М. Панов, Ж. Е. Токушев. – Кокшетау : Изд. Кокшетауского университета, 2005. – 313 с.

8. Касимов, Н. Г. Ротационный культиватор-

гребнеобразователь – основа внедрения энергосберегающей технологии возделывания картофеля [Текст] / Н. Г. Касимов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящ. 60-летию каф. растениеводства ИжГСХА Ижевск, 2003. – С. 162–164.

9. Касимов, Н. Г. Обоснование конструкции экспериментального культиватора [Текст] / Н. Г. Касимов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции Иж ГСХА: Ижевск, 2003. – С. 171–173.

10. Кушнарьов, А. С. Механико-технологические основы обработки почвы [Текст] / А. С. Кушнарьов, В. И. Кочев. – К. : Урожай, 1989. – 138 с.

11. Киселёв, С. Н. Ротационные машины в экологическом земледелии [Текст] / С. Н. Киселёв, Н. В. Перевозчикова // Вестник МГАУ. Серия: Техника и технологии агропромышленного комплекса. – 2008. – № 2. – С. 67–69.

References

1. Zubets, M. V., Gukov, Y. S., Hrytsyshyn, M. I. (2007). Actual problems of technical policy in the agrarian sector of Ukraine. Kyiv; DIA, 80.

2. Zamoyski, K. V. (2008). Justification parameters rotary ripper soil. Lviv, 21.

3. Pastukhov, V. I., Brazhenko, S.A. (2011). Rotary working bodies for inter-row cultivation of row crops. Kharkov: Herald KNTUA them. P. Vasilenko, 1 (107), 292–297.

4. Abdrahmanov, R. K. (1984). Development and substantiation of the parameters of the combined working body husbandry cultivator. Chelyabinsk, 19.

5. Matyashin, Y. I. (1988). Calculation and design of rotary tillers. Moskow, USSA.: "Agropromizdat", 188.

6. Kanarev, F. M. (1983). Rotary tillage machines and implements. Moskow, USSA: Mechanical Engineering, 142.

7. Panov, I. M., Tokushev, J. V. (2005). Theory, design and calculation of rotary tillers.. Kokshetau University, 313.

8. Kassimov, N. G. (2003). Grebneobrazovatel rotary cultivator – the basis of the introduction of energy-saving technology of potato cultivation. All-Russian scientific and practical conference dedicated. 60th anniversary of the Department. crop IzhGSKHA. Izhevsk, 162–164.

9. Kassimov, N. G. (2003). Justification experimental design cultivator. All-Russian scientific and practical conference Iz SAA. Izhevsk, 171–173.

10. Kushnariov, A. S., Kochev, V. I. (1989). Mechanics technological ones tillage. Kyiv: Vintage, 138.

11. Kiselev, S. N., Perevozchikova, N. V. (2008). Rotary machines in organic farming. Herald MSAU. Series: Technology agribusiness, 2, 67–69.

*Рекомендовано до публікації д-р. сіл.-господ. наук П. В. Писаренко
Дата надходження рукопису 28.08.2014.*

Прасолов Євген Якович, кандидат технічних наук, кафедра безпеки життєдіяльності, Полтавська державна аграрна академія, вул. Сковороди, 1, Полтава, 36003
E-mail: belovol_sa@mail.ru

Лазоренко Сергій Вікторович, магістрант, Полтавська державна аграрна академія, вул. Сковороди, 1, Полтава, 36003,
E-mail: belovol_sa@mail.ru

Бондаренко Олексій Юрійович, магістрант, Полтавська державна аграрна академія, вул. Сковороди, 1, Полтава, 36003
E-mail: belovol_sa@mail.ru