

Шанорев Валерій Павлович – доктор технічних наук, Національний технічний університет «ХПІ», професор кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія»; вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002; e-mail: himeco@kpi.kharkov.ua.

Shaporev Valery – octor of Technical Sciences, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Professor Department of chemical engineering and industrial environment; Frunze 21, Kharkov, 61002;

Питак Олег Ярославович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «ХПІ», доцент кафедри «Охорона труда и окружающей среды»; ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002; e-mail: ipitak@rambler.ru.

Пітак Олег Ярославович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «ХПІ», доцент кафедри «Охорони праці та навколишнього середовища»; вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002;

Pitak Oleh – candidate of Technical Sciences, National Technical University «Kh.P.I.», associate Professor Department of Occupational Safety and environment; Frunze 21, Kharkiv, 61002; e-mail: ipitak@rambler.ru.

УДК 631.331:633.63

Є. Я. ПРАСОЛОВ, Г. О. ЛАПЕНКО, Т. Г. ЛАПЕНКО, С. А. БЕЛОВОЛ, В. К. ШМИГОЛЬ, Б. М. ШКРЯБУН

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОКРАЩЕННЯ АГРЕГАТИВ ПО ВИСАДЦІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ЕЛІТНЕ НАСІННЯ

У статті висвітлені аналіз літературних джерел і патентної інформації й виробничого досвіду та шляхи вдосконалення конструкції та обґрунтування режимів роботи запропонованого висадкосаджального агрегату з контролем та реєстрацією параметрів для визначення кроку висадки маточників цукрового буряка, регульованим внесенням добрив і гранул збереження води. За результатами досліджень обґрунтовано вдосконалення конструкції висадкосаджальної установки, з урахуванням біологічних особливостей розвитку рослин та забезпеченням вищою енергоощадності та економічної доцільності впровадження у виробництво.

Ключові слова: висадкосаджальний агрегат, стимулятори росту, акумульована енергосміність виробництва, циклічно-послідовні виміри параметрів.

Вступ. Питання виробництва високоякісної, екологічно безпечної продукції за енергоощадними технологіями є стратегічним для економіки провідних країн Світу, в тому числі, і України. Нині буряківництво та виробництво цукру знаходиться в занепаді. Для подолання такої тенденції слід забезпечити виробника якісним посівним матеріалом та високопродуктивними технічними засобами. Сьогодні в Україну імпортується значна частина посівного матеріалу цукрового буряка [1].

Очевидно, що вітчизняний виробник повністю залежить від імпортного насіння, на яке витрачаються значні кошти. Але, іноземні сорти не адаптовані до природно-кліматичних умов вирощування в Україні, про що свідчить масове ураження коренеплодів некрозом судинної системи, хвостовою гниллю фузаріозного та бактеріального характеру та нематодом. Крім того, вони мають нижчу продуктивність, ніж вітчизняні сорти та гібриди і не придатні до тривалого кагатного зберігання [2 – 5]. Треба враховувати, що збиральні комплекси коренеплодів закордонного і вітчизняного виробництва не адаптовані до очищення листостеблової маси із збереженням зародкових вічок. Це робить неможливим викопування маточних коренеплодів і подальше використання їх у насінництві [4 – 7].

Висадкосаджальні агрегати, що використовуються в господарствах не забезпечують необхідних показників якості, а їх утримання є економічно недоцільним через короткий період експлуатації, високу трудомісткість і низьку продуктивність [2]. Ринкові умови призведуть до експорту готового продукту – цукру та до збільшення обсягів вирощування елітного насіння цукрового буряку.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Для забезпечення потреб вітчизняного буряківництва слід застосовувати інтенсивні технології виробництва насіння. При цьому, трудомісткою і відповідальною операцією є висаджування маточників цукрового буряка, яка раніше виконувалась вручну із затратами праці.

За результатами патентних досліджень за ДСТУ 3575-97 визначені аналоги. Установка для посадки коренеплодів, який містить раму з розміщеним на ній роторним висадковим апаратом, бункер-накопичувач для посадкового матеріалу [3].

Установка транспортування маточного буряка до висадкового апарата, який складається із лоткового та коміркового транспортерів з виштовхувачем коренеплодів із комірок, але відсутня автоматична подача коренеплодів в роторний посадковий апарат.

Установка для посадки коренеплодів, яка має копіювальні колеса і два консольно встановлених на рамі, ротаційно-висадкових механізми, що спираються на копіювальні колеса і мають зміщення одного відносно іншого в горизонтальній площині, з'єднаних між собою поводками; несучі садильні конуси, виготовлені з двох підпружинених створок, оснащених механізмом приводу.

Виконано аналіз виробничого досвіду використання висадкосаджальних агрегатів, результати якого приведені в табл. 1.

© Є. Я. Прасолов, Г. О. Лапенко, Т. Г. Лапенко,

С. А. Беловол, В. К. Шмиголь, Б. М. Шкрябун. 2015

Таблиця 1 – Технічна характеристика серійних висадкосаджальних агрегатів

Назва показника	Значення показників для серійних агрегатів				
	ВПГ-4	ВПУ-4	ВПС-2,8	ВС-2	ВС-4
Марка агрегату	ВПГ-4	ВПУ-4	ВПС-2,8	ВС-2	ВС-4
Рік випуску	1957 – 1967	1973 – 1978	1979 – 1985	з 1986	з 1996
Тип	причіпна	причіпна	причіпна	навісна	напівпричіпна
Привід садильних апаратів	від ВВП	від самозачеплення	від ВВП	від самозачеплення	від самозачеплення
Габарити, мм:					
довжина	5400	5100	6100	2660	3700
ширина	3600	3290	3500	2500	3040
висота	2030	2000	2800	1880	2300
Маса, кг	3050	2842	4020	1020	2800
Крок садіння, см	70	35; 70	70	35; 70	35; 55; 70
Робоча швидкість, м/с:					
крок 35 см;	0,5	0,3	0,3	-	-
крок 55 см;	-	-	-	-	0,45
Крок 70 см;	0,85	0,85	0,8	0,6	0,6
Ширина поворотної зони, м	25	25	22	9	10
Об'єм бункера, м ³	3,5	3,6	3,6	0,1	7,0
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	10	10	5	3	5

Однією із перспективних є розроблена науковцями ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого машина для висадки коренеплодів, яка включає бункер, раму, колеса і пристрій для поштучного подавання коренеплодів. Маточники завантажуються у внутрішню порожнину пристрою і за рахунок переміщення на нижніх крайніх зірочках тягових елементів, рухомі рамки вкладаються на пруткове полотно конвеєра, утворюючи з нерухомими двогранний кут, вершина якого направлена у сторону протилежну напрямку руху. Коренеплоди захоплюються, притискуються до нерухомих рамок і подаються вгору [4, 6].

При збільшенні кута нахилу тягових елементів відносно вертикалі не притиснуті коренеплоди падають до бункера. Під час повороту на верхніх напрямних зірочках рухомі рамки, обертаючись на осях, вкладаються на пруткове полотно конвеєра, при цьому притиснуті коренеплоди звільняються і розрідженим потоком подаються в орієнтувальний пристрій. Далі цикл повторюється.

Аналіз науково-технічної та патентної інформації та виробничого досвіду по конструкціям висадкосаджальних агрегатів виявив недоліки: недостатня якість та продуктивність висаджування; неможливість виконувати посадку за різними схемами; не забезпечення стабільності кроку висадки коренеплодів; відсутність контролю та реєстрації параметрів для визначення кроку висадки коренеплодів; не забезпечується економічна подача і внесення поживних речовин, стимулятора росту і гранул зберігання води безпосередньо до коренеплодів.

Для забезпечення отримання елітного насіння цукрового буряка слід врахувати біологічні особливості розвитку кореневої системи коренеплоду.

По даним Г. І. Сокольського буряк першого року потребує: фосфору 7,26 мг, азоту – 22,5 мг, калію – 31,8 мг, а коренеплід цукрового буряка – відповідно 26,8 мг; 138, 3 мг; 145,5 мг. Велику кількість азоту та калію коренеплід потребує в період вегетації. Високі вимоги ставляться до забезпечення коренеплодів вологою. Так, з площі засадженої маточниками цукро-

вих буряків за вегетаційний період витрачається – 17...24 м/га за добу, а з площі зайнятої цукровими буряками першого року – 16...20 м/га. Встановлено, що один коренеплід потребує до 2 дм³ води за добу. Основна частина (до 72 %) кореневої системи розташована на глибині 50 см, з якої рослина отримує понад 90% вологи. Крім того, насінники цукрових буряків характеризуються коротким вегетаційним періодом (90...110 діб) не можуть використовувати вологу від опадів, який припадає на кінець періоду активних температур. Як свідчать дослідження дефіцит вологи в початковий період розвитку насінника є небажаним, оскільки приводить до значного зниження врожайності та посівних якостей насіння [6, 7].

Внесення добрив при висаджуванні коренеплодів сприяє забезпеченню рослин поживними речовинами і керувати процесами їх розвитку для отримання максимальної врожайності і оптимальних показників якості насіння. Внесення добрив безпосередньо в борозну під час висаджування коренеплоду забезпечує мінімальну їх витрату та ефективне живлення рослин. При плануванні норми внесення добрив використовують зональні диференційовані за типами ґрунтів нормативи, які забезпечують потреби рослин у поживних речовинах, збереження родючості ґрунту, економічну доцільність.

Маточники цукрового буряка потребують велику кількість вологи та поживних речовин, тому доцільним є його зрошення безпосередньо перед висаджуванням. При використанні цинку і бору під час зрошення підвищує схожість, якість насіння, цукристість та урожайність буряка. Доза розчину 100...200 л/га. Встановлено, що при одночасному висаджуванні і внесенні рідких добрив оптимальна доза речовини становить 50 л/га, що в три рази від зрошення після посадки [6, 7].

В дослідженнях використовувалась розробка фірми «Махі Марін», офіційний генеральний представник та імпортер в Україні «ПП Теравет-Україна», м. Кіровоград. Гранули збереження води здатні поглинати і утримувати 90% вологи від свого об'єму і мають термін використання в ґрунті до 10 років. При цьому,

вода не змінює властивостей і 95 % накопиченої вологи доступна рослинам. Гранули білого кольору розміром до 200 мк, щільністю $0,5...0,6 \text{ г/см}^3$, $pH - 6...7$ і утримують талу та дощову вологу і раціонально віддають її в період вегетації рослинам. Їх вносять в ґрунт у зону розвитку кореневої системи рослини. Крім того, гранули утримують поживні речовини, що дозволяє раціонально використовувати добрива, а це знижує собівартість виробництва, покращується аерація і дренаж ґрунту через постійне розбухання і стиснення гранул. Після розпаду гранули розкладаються на азотні сполуки – двоокис вуглецю і воду, що збагачує ґрунт на поживні речовини [6, 7].

Ціль та задачі дослідження. Мета статті – дослідження та обґрунтування технологічних аспектів підвищення ефективності виробництва елітного насіння цукрового буряку

Завдання досліджень: вдосконалення конструкції; обґрунтування оптимальних параметрів і режимів роботи висадкосаджального агрегату; технологічне забезпечення контролю та реєстрації параметрів висаджування коренеплодів-маточників з визначеним кроком; обґрунтування технологічних параметрів регульованого внесення поживних речовин та гранул збереження води; визначення економічної ефективності використання акумульованої енергоємності виробництва.

Матеріали та методи дослідження впливу параметрів висадкосаджальної установки на якісні показники технологічного процесу. Для усунення наведених недоліків та дослідження впливу параметрів на якісні показники технологічного процесу висаджування цукрових буряків на елітне насіння розроблена конструкція установки (рис. 1).

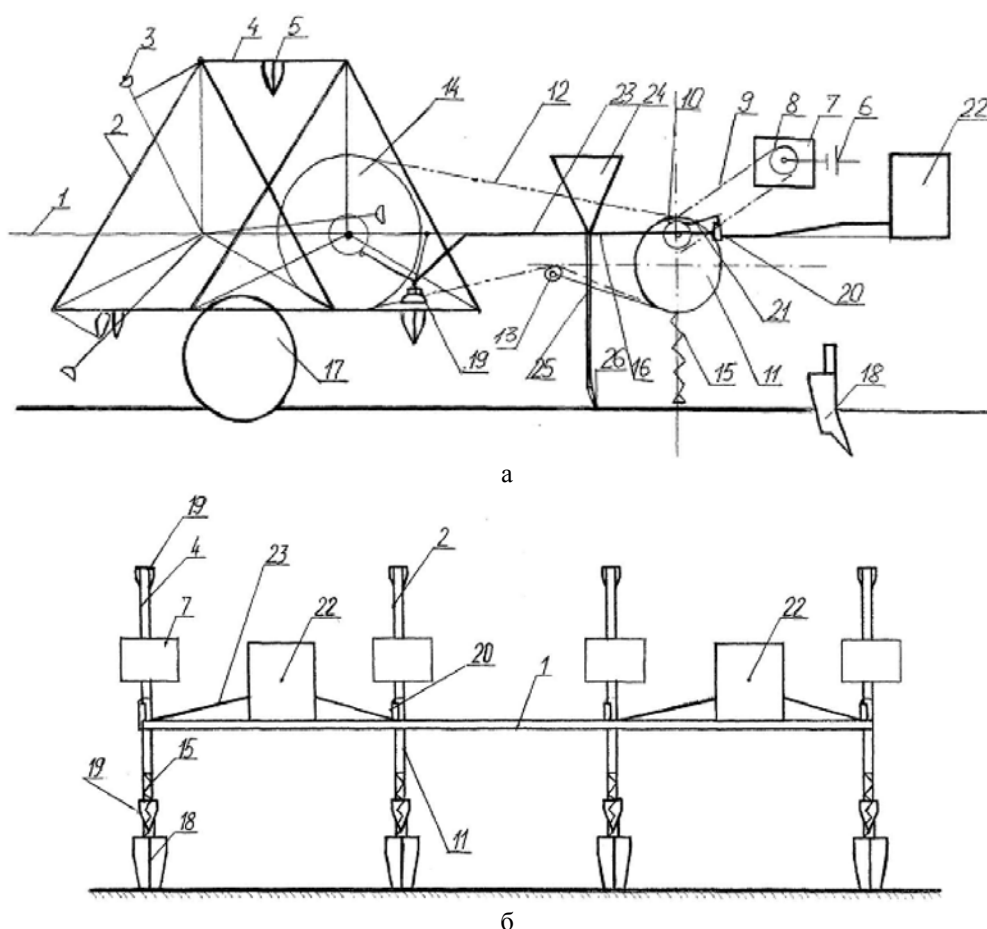


Рис. 1 – Вдосконалена конструкція висадкосаджального агрегату: а – загальний вигляд; б – вигляд збоку

Установка містить раму 1, де розміщено ротаційно-висадковий механізм в вигляді рівносторонніх трикутників 2, на останньому є розкривачі 3, зв'язок між трикутниками відбувається за допомогою повідків 4, які тримають садильні конуси 5. Перед трикутником висадкового механізму від вала відбору потужності 6 трактора вмикається редуктор 7 з наявністю ведучої зірочки 8 в коробці передач та ланцюга 9 першої ланцюгової передачі, веденої зірочки 10 та ексцентрикової зірочки 11 та 12 другої ланцюгової передачі, натяжного ролика 13, веденої зірочки 14 другої ланцюгової передачі. Для забезпечення постійного

натягу нижньої частини другої ланцюгової передачі слугує натяжний ролик 13 з пружиною 15 і важелем 16. Зв'язок висаджального механізму з ґрунтом твердістю $0,28 - 1,05 \text{ МПа}$ відбувається за допомогою копіювальних ущільнюючих коліс 17 та борознорозширювача 18 [3, 6].

Виконувався контроль та реєстрація параметрів висадки коренеплодів, який включає циклічно-послідовний вимір значень параметрів об'єкта та запам'ятовування і контролювання справності ланцюгів включення датчиків при визначенні виміру значень параметра, який характеризує стан вимірюваного па-

раметра об'єкта. Додатково включається контроль справності каналів опитування датчиків і контроль при вимірах значень параметра і формування по результатах контролю стану параметра, де відділяються розряди для кожного виду контролю та формування стану параметра [8].

Передбачена система подачі аерозолі із поживних речовин та стимуляторів росту через стакан безпосередньо до коренеплодів діаметром 50 – 120 мм, довжиною 150 – 250 мм, з середньою вагою 2,5 – 4,3 г. Рідина потрапляє до дозатора 20 за допомогою зміни руху зірочки, на якій передбачено виступ, який приводить в рух важіль 21 дозатора 20, що надає можливість дозувати рідину в залежності від швидкості руху механізму і подавати із резервуара 22 по гумовому трубопроводу 23. Мінеральні добрива та гранули зберігання води поступають із висівного апарата, який має двохсекційний бункер 24 з дозувальним механізмом трубопроводу, направляючий наконечник 26 і подається в борозну з глибиною розпушеного ґрунту 300 мм, вологістю 25...40 %, починаючи від верхніх шарів, з нахилом рельєфу поля не більше 10°. Одночасно поживні речовини та стимулятори росту поступають в стакан 27 з кришкою 28 і завдяки внутрішній спіралеподібній поверхні форсунки 29 сумішню речовин в вигляді аерозолі покривається коренеплід [9 – 11].

Технологічний процес здійснюється наступним чином. Борознорозширювачем 18 утворюється борозна, в яку вільно входять садильні конуси 5. При русі рівносторонніх трикутників 2 механізму садильних конусів, при взаємодії з розкривачем 3, висаджується коренеплід в землю, а копіювальне ущільнює колесо 17 фіксує коренеплід в вертикальному положенні, притиснувши його по всьому периметру. Швидкість руху трикутників 2 за один оберт, а також садильних конусів 5 в процесі висадки не постійна і може змінюватися в широкому діапазоні за допомогою ексцентрикової зірочки 11, котра встановлюється на валу з заданим ексцентриситетом при переміщенні її центра по відношенню до осі вала. Таким можна сповільнити рух, зменшити швидкість до повної зупинки садильного конуса 5 в момент заправки в нього коренеплоду, чим забезпечуються сприятливі умови для процесу заправки. Створення висадкового механізму у вигляді рівносторонніх трикутників 2 включає контакт конусів 5 з ґрунтом в момент їх заправки. На установці передбачена система подачі в вигляді аерозолі поживних речовин та стимуляторів росту безпосередньо до коренеплодів 3 [12]. З резервуара 22 рідина по гумовому трубопроводу 23 потрапляє до дозатора 20 за допомогою зірочки 10, де є виступ, завдяки якому приводиться в рух важіль дозатора 21, чим створюється можливість дозувати рідину в залежності від швидкості руху механізму. Доза рідини по трубопроводу направляється до стакана, що рухомо прикріплений до зірочки 1, яка дає змогу опускати стакану в момент подання конуса в потрібне положення, в залежності від руху механізму. Мінеральні добрива та гранули зберігання води за допомогою висівного апарата, який включає двохсекційний бункер 24 з дозувальним механізмом, трубопроводу 25 та направляючий наконечник 26, подаються в борозну. Одночасно поживні речовини та стимулятори росту в рідкому стані

проходять через форсунку 29 з внутрішньою спіралеподібною поверхнею, кришку 28 і входять в стакан 27 в вигляді аерозолі, покриваючи коренеплід.

Експериментальні дослідження виконувались на установці для висадки коренеплодів. Площа ділянки, на якій проводились випробування становила 5 га; тип ґрунту – чорнозем звичайний мало гумусний; глибина попереднього обробітку ґрунту – 300 мм. Глибину вологості ґрунту визначались згідно ГОСТ 20915. Нахил поверхні розпушеного шару визначали з а допомогою металічної лінійки в трьох точках, по діагоналі ділянки. Умови випробування – твердість ґрунту, відносна поля відносно горизонталі 3...5°. Показники висадочного матеріалу: довжину, діаметр, маса коренеплодів визначались із нормативною точністю і розбивались по класам, визначалось середнє значення і записувались в таблицю із достовірністю даних 95 %. Згідно агротехнічних вимог для висаджування використовувались коренеплоди діаметром 50... 120 мм і довжиною 150...250 мм. При дослідженні якості посадки (глибини та щільності) коренеплоди обирались діаметром: дрібні – 50...70 мм; середні – 71...100 мм; крупні – 101...120 мм; і довжиною, відповідно: 150...180 мм; 181...200 мм; 2,21...250 мм.

Результати дослідження впливу параметрів висадкосаджальної установки на якісні показники технологічного процесу. Для визначення впливу параметрів коренеплодів на сводоутворення в бункері встановлювався кут природного нахилу і коефіцієнт тертя ковзання коренеплодів. Коефіцієнт тертя коренеплоду визначали за методом академіка В. А. Желіговського. Коренеплоди укладали на площину і плавно змінювали кут нахилу з точністю до 1°, визначали при якому значенні коренеплоди почали ковзати.

Теоретичні дослідження показали, що крок висаджування коренеплодів задається шляхом вимірювання колової і поступальної швидкості апарату.

Конструкцією установки передбачено задавати крок: а) заміною зірочки з різною кількістю зубів на вихідному валу редуктора; б) зміною поступальної (робочої) швидкості трактора. Досліди проводились за стандартною методикою з використанням середнього розміру коренеплодів. Фактичну швидкість та кількість обертів висаджувального апарату експериментальної установки на кожній передачі визначали по секундоміру при проходженні визначеного шляху. За результатами досліджень будувались графіки (рис. 2), де показана залежність кроку висаджування від кількості обертів висаджувального апарату.

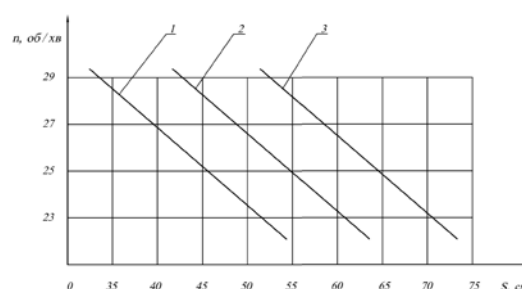


Рис. 2 – Залежність кроку висаджування від кількості обертів висаджувального апарату: 1 – при швидкості агрегату 2,5 км/год; 2 – при швидкості агрегату 3,0 км/год; 3 – при швидкості агрегату 3,6 км/год.

Із графіка видно, що вибраний набір зірочок забезпечує колову швидкість для посадки коренеплодів на крок від 35...70 см. Висаджування коренеплодів з кроком від 55 до 70 см забезпечується при швидкості трактора 3,6 км/год; з кроком 50...55 см – 3,0 км/год; з кроком 35...40 см при 2,5 км/год. Дослідження підтвердили теоретичні передбачення, а відхилення дійсного кроку висаджування від розрахункового пояснюються невідповідністю розрахункових і дійсних швидкостей трактора і обертів вала відбору потужності, що можна врахувати поправочним коефіцієнтом (1,03... 1,13).

Завданням дослідження було встановлення оптимальних розмірів утворюваної борозни і віддалі між ущільнюючими колесами для виконання висаджування із заданою щільністю, зниження навантаження на висадочний механізм, зменшення енергетичних затрат. Спочатку проводилось ущільнення і фіксація коренеплодів копіювальними колесами ($D=400$ мм, $B=10$ мм; $\beta = 15^\circ$) висадочного механізму. Наступний етап ущільнення ґрунту висаджених коренеплодів виконувалось задніми ущільнюючими колесами ($D=700$ мм, $B=150$ мм; $\beta=7^\circ$).

В дослідженнях вивчався вплив відстані між задніми ущільнюючими колесами та щільністю висаджування коренеплодів. Діапазон зміни – через 20 мм від 100 до 180 см створювався регулювальним г. Аналіз графіка (рис. 3) показав, що при утворенні борозни чернковим ножом щільність посадки збільшується і перевищує верхню межу агротехнічних вимог. Тому, був використаний вдосконалений борозноутворювач з отриманням борозни експлуатаційної ширини. Конструкція борозноутворювача містить чернковий ніж з рухомими і нерухомими створками і виключає перевантаження висаджувального апарату, яке виникає при невідповідності колової і поступальної швидкості. Використання вдосконаленої конструкції борозноутворювача забезпечило виконання агротехнічних вимог по щільності висаджування.

винтом ущільнюючих коліс. Результати досліджень представлені на рис. 3.

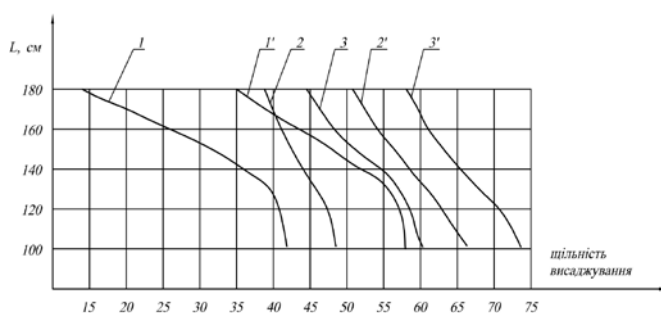


Рис. 3 – Залежність щільності висаджування від відстані між задніми ущільнюючими колесами: 1, 2, 3 – щільність висаджування при утворенні борозни борозноутворювачем для дрібної, середньої і крупної фракції коренеплодів; 1', 2', 3' – щільність висаджування при утворенні борозни чернковим ножом для дрібної, середньої і крупної фракції коренеплодів

При перезволоженні ґрунту якість висаджування погіршується через налипання між колесами, тому відстань між задніми ущільнюючими колесами яка складає 140 ± 5 мм, слід вважати оптимальною. Оцінка

якості ущільнення ґрунту визначалась навколо висадженого коренеплоду з встановленням зусилля пружинним динамометром. Проведені дослідження по визначенню впливу ширини борозни на ущільнення ґрунту навколо коренеплоду при визначеній відстані між ущільнюючими колесами, результати яких представлені графічними залежностями на рис. 4.

Встановлено, що необхідна щільність висаджування дрібних і середніх коренеплодів забезпечується при ширині борозни 110...140 мм тобто витримується вимога – ширина борозни не повинна бути меншою діаметра висаджувального конусу.

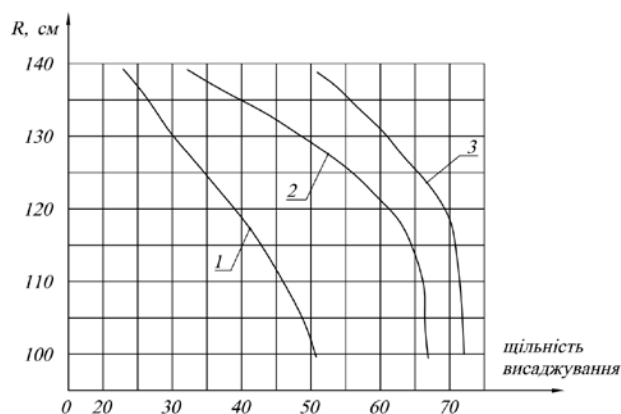


Рис. 4 – Залежність ущільнення ґрунту від ширини утворюваної борозни: 1 – щільність ґрунту навколо дрібних коренеплодів; 2 – щільність ґрунту навколо середніх коренеплодів; 3 – щільність ґрунту навколо крупних коренеплодів

Глибина посадки коренеплодів змінювалась за рахунок: зміни відстані між осями посадочних чотиригранників ущільнюючих коліс висаджувального апарату, що створювалось спеціальним регулювальним гвинтом коліс, в межах 380...460 мм. На рухомому і нерухомому кронштейнах ущільнюючого колеса створювалось градування. В досліді глибина ходу борозноутворювача була постійною (в межах 250 мм). Результати досліджень показані на графіку (рис. 5).

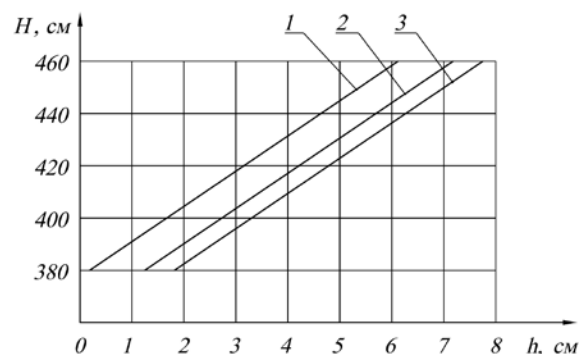


Рис. 5 – Залежність глибини висаджування від відстані між осями відсаджувальних 4-гранників і ущільнюючих коліс: 1 – глибина висаджування для дрібних коренеплодів; 2 – глибина висаджування для середніх коренеплодів; 3 – глибина висаджування для крупних коренеплодів

Аналізу графіку показав, що глибина посадки зростає пропорційно збільшенню віддалі між чотиригранниками. Згідно агротехнічних вимог отримана глибина забезпечується при визначених 405...440 мм.

Це встановлюється для конкретного випадку при пробному висаджуванні. Прослідковується збільшення глибини висаджування в залежності від глибини ходу борозноутворювача. На глибину висаджування коренеплодів впливає глибина борозни. Зміна глибини ходу досягається переустановкою борозноутворювача по вертикалі на кронштейнах кріплення. При постійній міжсосьовій відстані (420 мм) висаджувального апарату змінювався діапазон глибини з інтервалом 30 мм з 200 до 290 мм. Встановлено, що для дрібних коренеплодів збільшення глибини борозни істотно впливає на якість висаджування. При цьому, слід забезпечувати мінімальні енергозатрати при контакті коренеплоду з ґрунтом

В дослідженнях при невідповідності поступальної та колової швидкості висаджувального апарату регулювався кут нахилу гребінкою висаджувального конуса в межах 10...20° із інтервалом 2,5° за допомогою кутоміра. Інші параметри залишались оптимальними. Досліджувався крок висаджування для коренеплодів діаметром 70, 60, 50 і 40 мм.

Результатами досліджень встановлено, що розміри коренеплодів практично не впливають на вертикальність посадки. Оптимальні умови для кожного кроку висаджування вибирались із умови відповідності агротехнічним вимогам – не менше 90% коренеплодів з нахилом до 10°. На рис. 6. результати досліджень представлені кривими розподілу коренеплодів по вертикалі в залежності від кута нахилу висаджувального конуса для крупних коренеплодів із кроком 70 см Встановлено, що кут нахилу висаджувального конуса для встановленого кроку дорівнює – 2,5°.

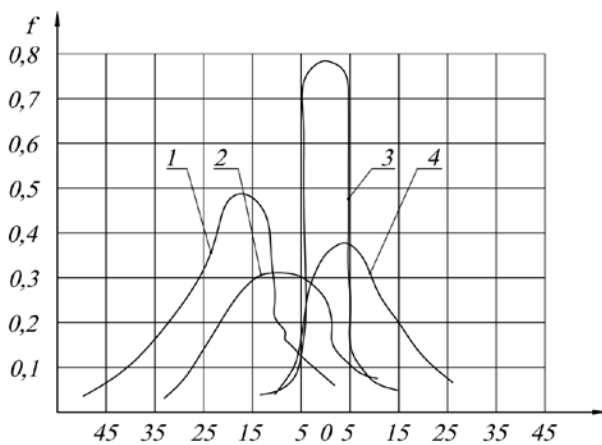


Рис. 6 – Залежність вертикальності висаджування від кута нахилу висаджувального конуса β : 1 – з кутом нахилу висаджувального конуса 2,5°; 2 – з кутом нахилу висаджувального конуса 0°; 3 – з кутом нахилу висаджувального конуса –2,5°; 4 – кутом з кутом нахилу висаджувального конуса 5°

В досліджах використовувались різні розкривачі: одні з гумовою вставкою, інші – з центральним отвором і збільшеним діаметром. В дослідженнях досягнуті оптимальні показники: головка і бокова поверхня коренеплоду можуть мати руйнування до 15 %, в розкривачах з гумовою вставкою. Під час енергетичних досліджень послідовно визначались: 1) тяговий опір:

а) переміщення досліджуваного зразка на холостому ходу; б) черенкових ножів і борозноутворювачів; 2) крутний момент на приводному валу; 3) дійсну швидкість досліджуваного зразка.

В дослідях тягового опору борозноутворювача визначалась залежність від глибини ходу і ширини створюваної борозни (рис. 7, 8).

Вплив ширини борозни на тяговий опір досліджувався при зміні її значення регульовальним гвинтом, з кроком 10 мм в межах 100...140 мм. Графічна залежність представлена на рис. 7. Параметри вибираються залежно від умов та розмірів коренеплодів. Із графіка 8 видно, що тяговий опір зростає зі збільшенням глибини ходу борозноутворювача. На це може впливати глибина передвисадочної культивування.

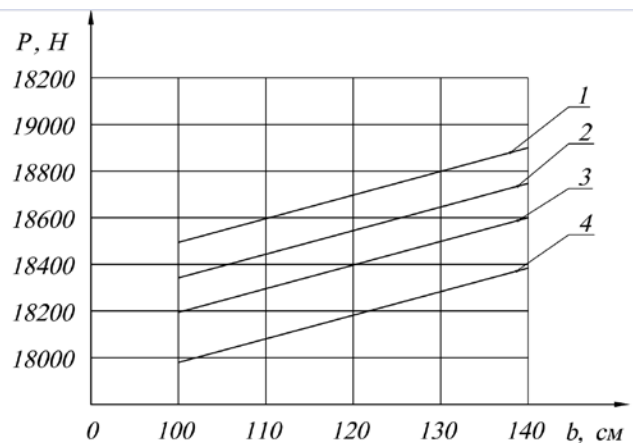


Рис. 7 – Залежність тягового опору борозноутворювачів від ширини борозни: 1 – тяговий опір при ширині борозни 140 мм; 2 – тяговий опір при ширині борозни 120 мм; 3 – тяговий опір при ширині борозни 110 мм; 4 – тяговий опір при ширині борозни 100 мм

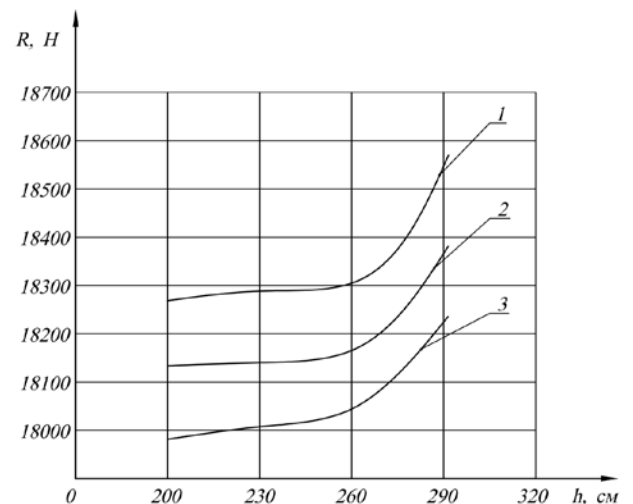


Рис. 8 – Залежність тягового опору борозноутворювачів від глибини борозни: 1 – тяговий опір при глибині борозни 200 мм; 2 – тяговий опір при глибині борозни 250 мм; 3 – тяговий опір при глибині борозни 290 мм

На рис. 9 представлені залежності тягового опору черенкового ножа і борозноутворювача. При роботі борозноутворювача тяговий опір ненабагато вищий, ніж з черенковим ножами, але якість висаджування вища.

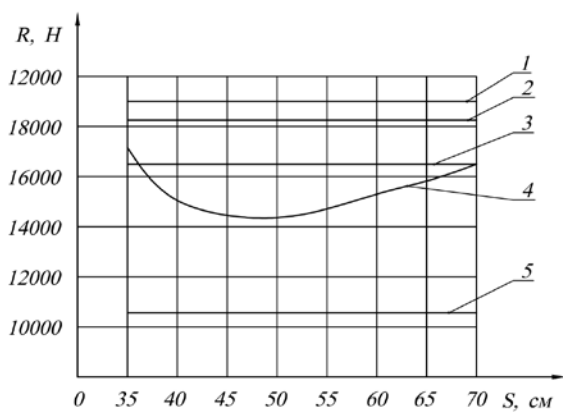


Рис. 9 – Залежність тягового опору від кроку висаджування: 1 – тяговий опір при роботі з борозноутворювачем; 2 – тяговий опір борозни утворювачів; 3 – тяговий опір черенкових ножів; 4 – тяговий опір при роботі з черенковими ножами; 5 – тяговий опір перекочуванню

Залежність крутного моменту на приводному валу машини від кроку висаджування і режиму роботи представлена на рис. 10.

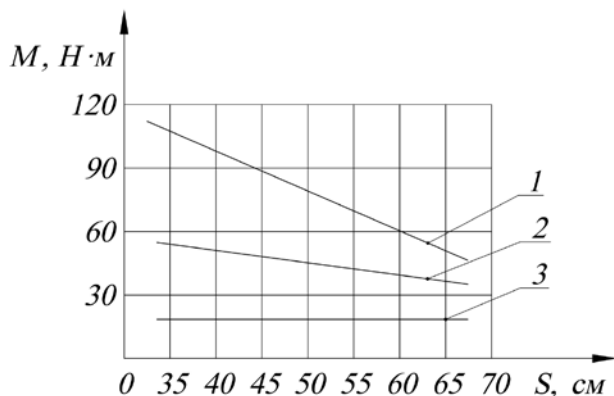


Рис. 10 – Залежність крутного моменту від кроку висаджування: 1 – крутний момент при роботі з черенковим ножом; 2 – крутний момент при роботі з борозноутворювачем; 3 – крутний момент на холостому ходу

При утворенні борозни черенковим ножом крутний момент на приводному валу експериментального зразка висадкосаджальної установки зростає від 40 до 120 $H \cdot m$ зі зменшенням кроку висаджування від 70...35 cm відповідно. При використанні борозноутворювача значно зменшився крутний момент (на 10...15 $H \cdot m$).

В результаті проведених досліджень встановлені оптимальні параметри і режими роботи висаджувального апарату і установки в цілому.

Показники якості висаджування визначались за стандартною методикою. Дослідний зразок установки має можливість змінювати крок висаджування із забезпеченням необхідної якості і дозволяє оптимально використовувати площу живлення залежно від розмірів коренеплодів і конкретних агротехнічних умов. Це дозволяє отримати підвищення урожайності насіння, що підтверджується дослідними даними занесеними в табл. 2.

Таблиця 2 – Урожайність насіння цукрового буряку

Рік досліджень	Висадкосаджальна установка			
	Схема висаджування			
	70×40	70×50	70×60	70×70
	Урожайність насіння цукрового буряку, ц/га			
2012	21,4	22,7	24,3	15,4
2013	34,5	36,3	33,5	31,7
2014	32,4	35,4	38,2	33,6

Виробничі випробування установки показали, що забезпечується: висаджування коренеплодів на крок від 40...70 cm , у відповідності з агротехнічними вимогами; рівномірність та динаміку сходів і розвитку сіменників, з одночасним їх досяганням; сприятливі умови для механізованого збору насіння. Використання гідророзпушувача з механізмом підйому бокових стінок виключило утворення зводів, знизило до мінімуму число пропусків при висаджуванні, скоротило кількість обслуговуючого персоналу. Встановлено оптимальну схему висаджування коренів для Полтавської області 70×50 cm , приріст врожаю при цьому становить 5,4 $ц/га$ в порівнянні з класичною схемою 70×70 cm . Показники якості висаджування визначались відповідно ДСТУ 6053:2008.

Дослідами встановлено, що під час внесення N_{10} , P_{20} , K_{10} безпосередньо в гніздо врожайність підвищилася на 5,7 $ц/га$, що замінило подвійну дозу добрив при культивуванні з одночасним внесенням та знизило відсоток пошкоджень на висадках при значній концентрації та нерівномірності внесення добрив.

Вологість ґрунту визначалася вологоміром на глибині 100 – 180 mm через 12, 20, 40 днів після висаджування, і становила: 81, 78, 72, 69 % відповідно, що є оптимальним для розвитку рослин.

Враховуючи результати досліджень розроблена енергозберігаюча технологія вирощування цукрового буряку на насіння, яка включає послідовність операцій підібраних таким чином, що витрати ресурсів (паливно-мастильних матеріалів, висадочного матеріалу, добрив, гербіцидів, ручної праці, інвестицій, тощо) були мінімально необхідними для забезпечення максимальної врожайності. Цільовою функцією енергозберігаючої технології є зменшення витрат енергоносіїв на питому площу із збільшенням урожайності: $E_c/Y \rightarrow \min$, де E_c ; – питомі витрати сукупних енергоносіїв, $MДж/га$; Y – урожайність насіння цукрових буряків, $ц/га$ [2, 13 – 15].

Енергоємність – відображає накопичення енергії в сільськогосподарській продукції в процесі її виробництва. Для її визначення використовується енергетичний еквівалент, що дорівнює сумі прямих і не прямих витрат енергії, віднесених до одиниці споживаних предметів і засобів праці. Цей показник дозволяє порівнювати ефективність застосування різних енергетичних ресурсів. Наприклад, що є доцільнішим: збільшення норм внесення добрив, або поєднання їх із застосуванням стимуляторів росту та гранул збереження води.

Показник акумульованої енергоємності виробництва цукрового буряку складається із таких енергоносіїв: ресурси, що перетворюються на теплову енергію під час виконання технологічного процесу;

сировина та матеріали; витрати праці; інвестиційні ресурси.

Визначимо витрати енергоносіїв та коефіцієнт енергетичної ефективності операції висаджування цукрових буряків на насіння із використанням дослідної установки. Визначення енергетичних показників установки проводилось згідно ГОСТ Р 52777-2007. Аналіз даних підтверджує, що коефіцієнт енергетичної ефективності – 4,327 спостерігається за урожайності 30 ц/га, енерговитрати на виробництво становлять 29552,8 МДж/га.

Виробничі випробування дослідної установки проходили із використанням способу визначення акумульованої енергоємності для оптимізації технологічного процесу. Для оцінки економічної ефективності впровадження запропонованого способу використовуємо метод економічного оцінювання техніки на етапі випробування приведенного в ДСТУ 4397:2005.

Висновки. Згідно поставленої мети та завдань статті:

- проведено аналіз сучасного стану і визначені проблеми вирощування буряка на насіння в Україні;
- виконано аналіз науково-технічної інформації по створенню та використанню висадкосаджальних машин з виявленням їх недоліків та переваг;
- обґрунтовані конструктивні і технологічні параметри установки для висадки коренеплодів цукрового буряку на насіння;
- встановлено, що раціональними робочими органами які забезпечують необхідну якість висаджування є: ротаційний висаджувальний апарат у вигляді рівносторонніх трикутників з висаджувальними конусами: борозноутворювач з регульованими створами; ущільнюючі колеса з металевими і пневматичними ободами; бункер для коренеплодів з пристосуванням для попереднього сводоутворення; привід для робочих органів здійснюється від валу відбору потужності;
- технічні рішення вдосконаленої установки та способу висадки коренеплодів цукрового буряка на насіння захищені патентами України;
- визначені оптимальні конструктивні параметри висаджувального апарату;
- економічна ефективність визначалась з урахуванням енергетичного еквіваленту, технічне рішення якого захищене патентом України;
- енергоефективна технологія вирощування цукрового буряку на насіння із використанням вдосконаленої конструкції установки для висадки коренеплодів випробувана та впроваджена.

Стаття включає комплексне обґрунтування вдосконалення конструкції висадкосаджальної установки для вирощування цукрового буряка на насіння, з урахування біологічних особливостей розвитку рослин та забезпеченням вимог енергоощадності та економічної доцільності впровадження у виробництво.

Список літератури: 1. Гізбулін, Н. Г. Усе починається з насіння [Текст] / Н. Г. Гізбулін // Цукрові буряки. – №2 (80) – 2011. – С. 16–21. 2. Пат. №60283 Україна МПК А01G7/00 Спосіб визначення акумульованої енергоємності виробництва насіння цукрових буряків [Текст] / Лапенко Г. О., Прасолов С. Я., Калініченко О. В., Макаренко П. М., Писаренко В. В., Сосновська О. О., Браженко С. А. –

№4 201015713 заявл. 27.12.2010, опубл. 10.06.2011 р., бюл. №11. 3. Пат. № 54488 Україна МПК А01С 11/009 А 01N 25/00, А01N 65/90 Установка для подготовки и высадки корнеплодов [Текст] / Лапенко Г. О., Прасолов С. Я., Беловол Ю. Ю., Писаренко П. В., Браженко С. А., Лапенко Т. Г., Лапенко В. Т. – №420106010: заявл. 18052010; опубл. 10.11.2010 р., бюл. №21. 4. Давидюк, В. Механізми відновлення насінництва цукрових коренеплодів в Україні і технічні рішення нової садильної машини [Текст] / В. Давидюк // Техніка і технології АПК. – 2011. – № (25). – С. 26–28. 5. ДСТУ 6053:2008. Буряки цукрові. Садіння коренеплодів маточних. Показники якості та методи їх визначення [Нормативний документ]. – К.: Держспоживстандарт України. – 2010 – 15 с. 6. Лапенко, Г. О. Удосконалення механізму висадки цукрових буряків [Текст] / Г. О. Лапенко, С. Я. Прасолов, Л. В. Знова, Ю. Ю. Беловол // Техніко – технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України; збірник наук. пр. ДНУ “Український наук. – досл. Інститут прогнозування та випробування техніки і технологій с.-г. виробництва ім. Леоніда Погорілого (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)”. – Дослідницьке, 2011. – Вип. 15(29). – С. 223–234. 7. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування [Нормативний документ]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 16 с. 8. А. с. №42626, СССР; А016904. Устройство для распознавания растений и неоднородностей на почве [Текст] / Н. Г. Сакало, Л. Г. Саало, А. С. Кашурко, В. Г. Кузьминов. – заявл. 189185530-15 від 23.02.73, бюл. № 21. 9. Самойлов, М. А. К обоснованию параметров рабочих органов высадкопосадочных машин [Текст] / М. А. Самойлов, В. М. Крыжко, Д. К. Мельник // Тракторы и сельхозмашины. – 1968. – №8. – С. 15–17. 10. Даньков, В. Я. Стійкість гібридів цукрових буряків різної селекції до хвороб цукрових буряків [Текст] / В. Я. Даньков, П. О. Мельник, М. П. Соломійчук // Цукрові буряки. – 2011. – №3 (81). – С. 20–21. 11. Естратов, А. И. Посадки маточных корнеплодов [Текст] / А. И. Евстратов, И. И. Бартснев, Н. М. Удовиченко // Сахарная свекла. – 2000. – №4 – С. 29–31. 12. Пат. №28356 Україна МПК А01С21/00 Спосіб підживлення цукрових буряків [Текст] / Кирило В. Л., Магуренко А. М., Ганженко О. М., Слободяник В. К., Осадчук В. Д., Кирило А. В. – №4 2007 07261; заявл. 27.06.2007; опубл. 10.12.2007 р., бюл. №20. 13. Доброворцева, А. В. Агротехника сахарной свеклы на семена [Текст] / А. В. Доброворцева. – М.: Агрономиздат, 1986. – 172 с. 14. Интенсивная технология производства высококачественных семян сахарной свеклы [Текст] / Н. Х. Гизбулин, Л. Л. Островский, А. А. Мусиенко, В. Н. Крыжко. – М.: Агропромиздат, 1989. – 192 с. 15. Медведовський, О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій у сільському виробництві [Текст] / О. К. Медведовський, П. З. Іванченко. – К.: Урожай, – 1988. – 208 с.

Bibliography (transliterated): 1. Hizbullin, N. (2011). It all starts with seeds. Tsukrovi Buriaki, 2 (80),16-21. 2. Lapenko, G., Prasolov, Ye., Kalinichenko, O., Makarenko, P., Pisarenko, V., Sosnovskaya, A., Brazhenko, S. (2010). Pat. Ukraine 60283, IPC A01G7 / 00 Method of determining accumulated energy intensity of production of sugar beet seed. Bull. 11. 3. Lapenko, G., Prasolov, Y., Byelovol, Yu, Pisarenko, V., Brazhenko, S., Lapenko, T., Lapenko, V. (2010). Pat. Ukraine 54488, IPC A01S 11/009, A 01N 25/00, A01N 65/90. Installation for preparation and landings Root. Bull. 21. 4. Davydyuk, V. (2011). Mechanisms recovery seed sugar beet and potatoes in Ukraine and new technical solutions setter. Engineering and Technology APC, 25, 26–28. 5. DCTU 6053: 2008. (2010). Sugar beets. Uterine planting root crops. Quality indicators and methods for their determination [Regulations]. Kyiv., Derzhspozhyvstandart Ukraine. 15. 6. Lapenko, G., Prasolov, Ye., Znova, L., Byelovol, Yu. (2011). The mechanism of the landing of sugar beet. Technical - technological aspects of the development and testing of new techniques and technologies for agriculture Ukraine; collection science. pr. DNU "Ukrainian science. – Lit. Institute of forecasting and test equipment and agricultural technologies manufacture them. Leonid Pogorelogo (UkrNDIPVT them. Pogorelogo L.)", 15 (29), 223–234. 7. DCTU 4397: 2005. (2005). Agricultural machinery. Methods of economic evaluation techniques for stage test [Regulations]. Kyiv., Derzhspozhyvstandart Ukraine, 16. 8. Sakalo, N., Sakalo L., Kashurko, A., Kuzminov, V. (1973). A. p. №42626, USSR; A016904. Arrangement for raspoznavaniya plants and inhomogeneities in the soil. Bul, 21. 9. Samoilov, M., Kryzhko, V, Miller, D. (1968). Parameters rationale workers bodies vysadkoposadочных machines. Traktory and selhoz mashyny, 8, 15–17. 10. Dankov, V., Miller, P., Solomiychuk, M. (2011). Stability of different hybrids of sugar beet breeding of sugar beet disease. Sugar beet, №3 (81), 20–21. 11. Estratov, A. Bartsnev, I., Udovychenko, N. (2000). Landing matочных koreneplo dov. Saharan beet, 4, 29–31. 12. Churylo, V., Magurenko, A., Hanzhenko, O.,

Slobodyanyk, V., Osadchuk, V., Churylo, A. (2007). Pat. Ukraine №28356, IPC A01C21 / 00. Method of feeding sugar beets, Bull, 20. **13**.
Dobrovortseva, A. (1986). Ahrotehnyka saharney beet seeds in. Moscow: Ahronomyzdat, 172. **14**.
Hyzbulyn, N., Ostrovskyy, L.,

Musyenko, A, Kryzhko V. (1989). Yntensyvnaia tehnology production high kachestvennyh semyan saharney beet. Moscow, 192. **15**.
Medvedovskaya, D. (1988). Power analysis technology intensive agricultural production. Kyiv, 208.

Надійшла (received) 06.11.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Прасолов Євген Якович – кандидат технічних наук, Полтавська державна аграрна академія, професор кафедри безпеки життєдіяльності; вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, тел.: 095-607-66-97; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru.

Прасолов Евгений Яковлевич – кандидат технических наук, Полтавская государственная аграрная академия, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности; ул. Сковороды, 1/3, м. Полтава, Украина, 36003, тел.: 095-607-66-97; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru.

Evgeni Prasolov – candidate of technical sciences, associate professor, Poltava State Agrarian Academy; Street. Skovorody, 1/3, m. Poltava, Ukraine, 36003 tel.: 095-607-66-97; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru

Лапенко Григорій Олександрович – кандидат технічних наук, Полтавська державна аграрна академія, професор кафедри ремонту машин і технології конструкційних матеріалів; вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, тел.: 066-773-73-84; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru.

Лапенко Григорий Александрович – кандидат технических наук, Полтавская государственная аграрная академия, профессор кафедры ремонта машин и технологии конструкционных материалов; ул. Сковороды, 1/3, м. Полтава, Украина, 36003, тел.: 066-773-73-84; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru.

Grigoriy Lapenko – candidate of technical sciences, associate professor, Poltava State Agrarian Academy; st. Skovorody, 1/3, m. Poltava, Ukraine, 36003 tel.: 066-773-73-84; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru.

Лапенко Тарас Григорович – кандидат технічних наук, Полтавська державна аграрна академія, доцент кафедри безпеки життєдіяльності; вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, тел.: 095-761-08-24; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru.

Лапенко Тарас Григорьевич – кандидат технических наук, Полтавская государственная аграрная академия, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности; ул. Сковороды, 1/3, м. Полтава, Украина, 36003, тел.: 095-761-08-24; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru.

Taras Lapenko – candidate of technical sciences, associate professor, Poltava State Agrarian Academy; st. Skovorody, 1/3, m. Poltava, Ukraine, 36003 tel.: 095-761-08-24; e-mail: brazhenko_sa@mail.ru.

Беловол Світлана Анатоліївна – кандидат технічних наук, Полтавська державна аграрна академія, старший викладач кафедри машин та обладнання агропромислового виробництва; вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, тел.: 095-24-26-918; e-mail: belovol_sa@mail.ru.

Беловол Светлана Анатольевна – кандидат технических наук, Полтавская государственная аграрная академия, старший преподаватель кафедры машин и оборудования агропромышленного производства; ул. Сковороды, 1/3, м. Полтава, Украина, 36003, тел.: 095-24-26-918; e-mail: belovol_sa@mail.ru.

Svetlana Belovol – candidate of technical sciences, Poltava State Agrarian Academy; st. Skovorody, 1/3, m. Poltava, Ukraine, 36003 tel.: 095-24-26-918; e-mail: belovol_sa@mail.ru.

Шмиголь Владислав Костянтинович – студент інженерно-технологічного факультету, Полтавська державна аграрна академія, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, тел.: 066-352-00-34; e-mail: belovol_sa@mail.ru.

Шмиголь Владислав Константинович – студент инженерно-технологического факультета, Полтавская государственная аграрная академия, ул. Сковороды, 1/3, м. Полтава, Украина, 36003, тел.: 066-352-00-34; e-mail: belovol_sa@mail.ru.

Vladislav Shmyhol – a student of engineering and technological faculty, Poltavskaya State-owned agrarnaya academy, st. Skovorody, 1/3, m. Poltava, Ukraine, 36003 tel.: 066-352-00-34; e-mail: belovol_sa@mail.ru.

Шкрябун Богдан Михайлович – магістрант інженерно-технологічного факультету, Полтавська державна аграрна академія, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна, 36003, тел.: 066-352-00-34; e-mail: belovol_sa@mail.ru.

Шкрябун Богдан Михайлович – магистрант инженерно-технологического факультета, Полтавская государственная аграрная академия, ул. Сковороды, 1/3, м. Полтава, Украина, 36003, тел.: 066-352-00-34; e-mail: belovol_sa@mail.ru.

Bogdan Shkryabun – mahystrant of engineering and technological faculty, Poltavskaya State-owned agrarnaya academy, st. Skovorody, 1/3, m. Poltava, Ukraine, 36003 tel.: 066-352-00-34; e-mail: belovol_sa@mail.ru.