

ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ДОРОБКИ ЦИБУЛІ ТА ЇЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Малярчук Володимир Миколайович

кандидат сільськогосподарських наук,
директор

Південно-Українська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування
та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва
імені Леоніда Погорілого, смт Дослідницьке, Київська область, Україна
ORCID: 0000-0003-1459-0956
zemlerob_mvnm@ukr.net

Мігальов Андрій Олександрович

заступник директора

Південно-Українська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування
та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва
імені Леоніда Погорілого, смт Дослідницьке, Київська область, Україна
ORCID: 0000-0002-9767-1737
aamigalev@gmail.com

Ревтьо Олеся Ярославівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0002-7990-3135
revto_o@ksaeu.kherson.ua

Іванів Микола Олександрович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0002-4793-6194
ivaniv.nikoly@gmail.com

У статті представлено результати визначення ефективності застосування механізованих модулів для післязбиральної доробки цибулі, їх використання в складі лінії. Було порівняно показники механізованої доробки цибулі і ручної. Комплекс машин для збирання цибулі складався з машин для обрізання листя; для викопування цибулі; для підбирання валків цибулі і завантаження їх у транспортні засоби.

Технології, які використовувались раніше, в основному, були побудовані на використанні малопродуктивної ручної праці. Єдиною механізованою операцією було викопування цибулі. Для цього використовувалася підкопувальна скоба або машина КЦ-1. Всі інші технологічні процеси – сортування, перебирання, укладання в тару виконувались вручну. Якість цибулі, фракційний склад залежали від людського фактора. Це приводило до втрати якості продукції, погіршувало її маркетингові властивості. Сьогодні, проблема збирання продукції вирішена завдяки машинам, які надходять на ринок України з-за кордону.

Для забезпечення збирання і первинної доробки в агротехнічні строки використовувався комплекс машин фірми «Skals», Данія.

Процес механізованого збирання сам по собі не дає можливості отримати стандартну продукцію. Ворох цибулі після викопування містить у ґрунт і рослинні рештки. Крім того, у більш ніж 50 % зібраних цибулин довжина висушеної шийки перевищує 5 см, коли допускається тільки 3-5 % таких цибулин у першому сорті продукції, а у вищому не допускається зовсім.

Щоб отримати продукцію стандартного рівня потрібне післязбиральне доведення її до кондиції. В останні роки господарства, які займаються вирощуванням цибулі, стали застосовувати лінії післязбирального обробітку цибулі. Обладнання компонується в лінію з окремих модулів. Кожний модуль може працювати як самостійна виробнича одиниця. Лінія компонується залежно від об'єму виробництва та умов вирощування.

Порівнюючи механізовану і ручну технологію післязбиральної доробки цибулі, можна зробити висновки, що механізована технологія має переваги у продуктивності, якості виконання технологічного процесу, у можливості отримувати продукцію, яка має нижчу собівартість, в економії трудових ресурсів та у можливості організації багатозмінної роботи.

Ключові слова: цибуля, механізована технологія, післязбиральна доробка, фракційний склад, домішки, сортування, технологічний модуль, лінія.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.6>

Вступ. Овочеві культури використовувалися людиною протягом кількох тисячоліть. Цибулю вирощують понад 4000 років до нашої ери (Yarovyi & Romanov, 2017).

В даний час овочівництво відчуває значні проблеми. Ціни на енергоносії, трактори, сільськогосподарську техніку, а також на мінеральні добрива, отрутохімікати тощо підвищилися у рази, внаслідок чого господарства не можуть забезпечувати себе всім необхідним. В той же час закупівельні ціни на овочі залишилися на низькому рівні і не дозволяють вітчизняній продукції конкурувати з ввезеною з-за кордону (Such & Khareba, 2004).

В одній з провідних країн світу з виробництва цибулі, Індії, рівень механізації збирання цибулі дуже низький. Було багато спроб механізувати збирання цибулі за допомогою картоплекопачів, але результати були незадовільними, тобто ефективність очищення низька, а відсоток пошкодження високий (Kumawat & Raheman, 2022).

Незважаючи на труднощі, в Україні є сучасні технології з повною механізацією всіх процесів від сівби насіння або висадки розсади до збирання врожаю таких культур, як капуста, цибуля, морква, томат, перець картопля та ін.

За даними державної служби статистики України в 2021 році загальна посівна площа під цибулею складала 53,8 тис. га та було вирощено більше 1 млн. тонн валової продукції. Частка приватних домогосподарств складала 89%. Найбільші площі промислового виробництва цибулі зафіксовано в Херсонській (31%), Дніпропетровській (17%) та Миколаївській (14%) областях (Derzhavna sluzhba statystyky, 2023).

Збільшуються площі посівів цибулі час від часу головним чином завдяки високій рентабельності на одиницю площі та простоті виробництва, а також за рахунок збільшення невеликих площ під краплинним зрошенням.

В останні роки у південному регіоні України з'явилися господарства, в яких виробництво цибулі є профільним.

Площі посіву цієї культури становлять до 300 га, коли ще 10 років тому площа посівів у 50 га вважалась великою.

Від сівби до збору врожаю в сільському господарстві виконуються різні трудомісткі операції. За допомогою сучасних технологій затрати можуть бути значно скорочені, а продуктивність і якість продукції підвищені (Sydorenko et al., 2015).

Збирання цибулі – це складна виснажлива операція, що включає викопування цибулин і зрізання дозрілого листя з цибулин. Процес збору врожаю часто призводить до затримок, що зрештою впливає на фінансові втрати підприємств.

Матеріали і методи дослідження. Мета дослідження – визначення якісних та експлуатаційно-технологічних показників і ефективності застосування механізованих модулів для післязбирального обробки цибулі, їх використання в складі лінії виробництва фірми «Skals».

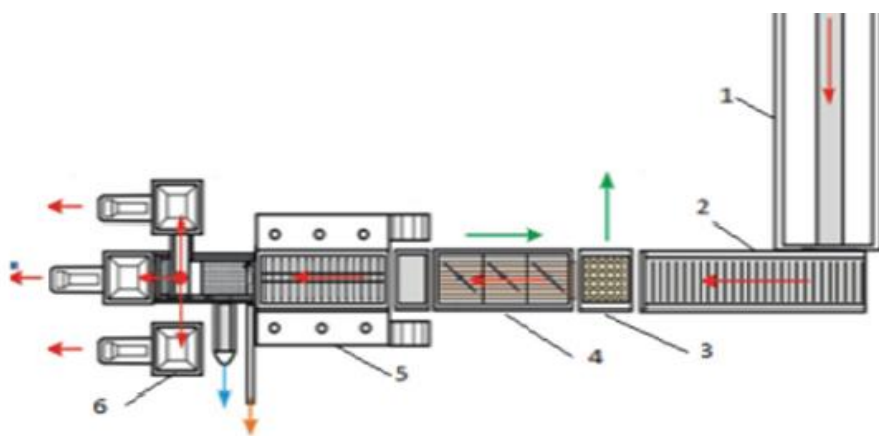
Методи досліджень – проведення випробувань технологічних модулів і лінії загалом для визначення показників та порівняння отриманих даних.

Результати. Післязбиральна доробка цибулі виконується для доведення зібраної продукції до товарної кондиції відповідно до вимог ДСТУ 3234-95 (Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 1995).

У господарствах, де площі посіву цибулі не перевищують 20 га, операції післязбиральної доробки цибулі виконуються з використанням ручної праці.

Отримання кінцевого продукту досягається доведенням зібраного врожаю рядом модулів, зібраних у лінію. Лінії складаються з окремих модулів. Кожний модуль може використовуватись окремо, як самостійна одиниця, однак практика доводить, що краще комплектувати лінію.

Типовий набір модулів, які утворюють лінію (рис. 1) включає:



← рух технологічного матеріалу

← видалення ґрунту та обрізаного листя

← видалення нестандартної продукції

← видалення пошкодженої продукції

Рис. 1. Технологічна схема лінії для післязбиральної доробки цибулі фірми Skals (Данія)

1 – приймальний бункер; 2 – планчастий транспортер;

3 – машина для відокремлювання ґрунту; 4 – машина для обрізання листя; 5 – інспекційний стіл; 6 – сортувальна машина.

- приймальний бункер;
- машину для відокремлювання ґрунту;
- машину для обрізання листя цибулі;
- інспекційний стіл для доопрацювання продукції;
- машину для сортування продукції за розмірними фракціями;
- пакувальну машину.

Технологічні операції з'єднані в одній лінії послідовно. Планчастий транспортер, подає технологічний матеріал з приймального бункера на машину для відокремлення ґрунту. Стрічковий транспортер видаляє обрізане листя і подає технологічний матеріал далі на інспекційний стіл. Після сортування транспортер видаляє нестандартну продукцію.

Приймальний бункер, представлений у цій комплектації моделлю АВ 660, призначений для завантаження технологічного матеріалу, який доставляється з поля збирання.

Бункер встановлений на металеві опори в піднятому на рівні землі стані і являє собою металевий контейнер об'ємом 10,3 м³, виконаний з листового прокату і посиленний швелером. Поперечний профіль бункера має форму трапеції звуженої донизу.

Дно бункера утворене стрічковим транспортером, рух якого відбувається вздовж бункера. Через дозувальний отвір у поперечному борті приймального бункера ворох цибулі вивантажується на транспортер, який подає його на перший модуль.

Швидкість руху стрічки транспортера може змінюватися варіатором швидкості. Швидкість переміщення транспортерної стрічки регулюється для рівномірного завантаження модулів лінії залежно від стану вороху.

Бокові стінки приймального бункера захищені гумовим покриттям для зменшення пошкодження цибулі під час завантаження з транспортних засобів.

Характеристика технологічного вороху, що завантажується в бункер, наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика технологічного вороху, завантаженого в приймальний бункер

Показник	Значення показника
Склад вороху, %	
– цибуля	92,3
– листя, стебла	4,3
– вільний ґрунт	3,4
Якість цибулі у воросі, %	
– стандартні	93,4
– зокрема слабо пошкоджені	6,4
– нестандартні	6,6
– зокрема гнилі, хворі, оголені	3,5
Вологість ґрунту у воросі, %	13,4
Вологість листя, %	24,2

Машина для відокремлення ґрунту R-908 призначена для видалення ґрунту, каміння та інших домішок з вороху цибулі.

Машина являє собою металевий каркас, на якому змонтовані вальці, редуктор, приводний електричний

двигун. Каркас облицьований металевими листами. Вальці складають вал, на якому набрані гумові кільця на відстані 25 мм один від одного, а вали встановлені на відстані 35 мм один від одного. Таким способом, створюються повздовжні щілини шириною 25 мм і поперечні щілини шириною 35 мм, в які просипається ґрунт і вільні домішки.

Технологічний процес, який виконує машина виглядає так: технологічний ворох стрічково-планчастим транспортером подається зверху на сепарувальну поверхню машини; вальці, поступально обертаючись, переміщують ворох по робочій поверхні, в процесі чого ґрунт і домішки вільно просипаються крізь щілини.

Характеристика вороху після обробки на машині для видалення ґрунту представлена в таблиці 2.

Аналізуючи склад вороху після обробки його на машині для видалення ґрунту, можна зробити висновок, що ґрунт і вільні домішки рослинного характеру, діаметр яких не перевищував 35 мм, видалені.

Наступною технологічною операцією є зрізання листя цибулі. Для цього до складу лінії входить модуль ЕА 85-3. На цій машині здійснюється обрізання листя, корінців та звислого лушпиння сухої цибулі до довжини шийки 3-5 см.

Таблиця 2

Характеристика вороху після обробки на машині для видалення ґрунту

Показник	Значення показника
Склад вороху, %	
– цибуля	96,9
– листя, стебла	1,3
– ґрунт	1,8
зокрема за фракціями:	
– менше 35 мм	відсутні
– більше 35 мм	1,8
Характеристика цибулин та стебел:	
– середня висота цибулин, мм	53,4
– середній діаметр цибулин, мм	53,7
– середня вага цибулин, г	143,2
– середня довжина стебел, см	7,2
зокрема:	
до 5 см, %	34,8
більше 5 см, %	65,2
Якість цибулі у воросі, %	
– стандартні	93,4
– зокрема слабо пошкоджені	6,4
– нестандартні	6,6
– зокрема гнилі, хворі, оголені	2,3
Вологість ґрунту у воросі, %	13,4
Вологість листя, %	24,2

Машина ЕА 85-3 складається з опорної рами, на якій встановлений робочий бункер. У бункері наявні три решета, які розташовані ступенево. На вході в машину встановлено перше решето, друге і третє з пониженням. Отвори в решетах мають форму щілин, які направлені по повздовжній осі машини. Щілини утворені металевими

стрижнями. Кінці яких з'єднані пластинами в єдину конструкцію.

першому решеті два вібратори, а друге і третє решето приводять в дію також два вібратори, встановлені один проти одного на пластинах, які з'єднують решета. Під кожним решетом на валу електричного двигуна встановлено дволопатевий ніж, положення якого регулюється по висоті. Нижні бокові стінки бункера утворюють уловлювач обрізаного бадилля. Для видалення з бункера обрізаного листя, по днищу бункера змонтований виносний транспортер.

По краях решіт на гумових амортизаторах встановлені вібратори. На

Керують технологічним процесом з шафи керування, на якій задаються режими роботи машини.

Технологічний процес, який виконується машиною складається з таких операцій:

- транспортер подає ворох цибулі в приймальний канал;

- з приймального каналу ворох попадає на вібраційні решета, по яких, обертаючись, необрізане листя опиняється в щілинах решета;

- під решетами ножі обрізають листя на встановленому рівні;

- повітряний потік, який утворюється від обертання дволопатевих ножів, циркулює всередині бункера і переносить обрізаний матеріал до уловлювача;

- обрізане листя і сміття вивантажується виносним стрічковим транспортером;

- обрізана від бадилля продукція вивантажується через вивантажувальний транспортер.

Характеристика вороху після обробки на машині для обрізання листя наведена в таблиці 3.

Таблиця 3

Характеристика вороху після доробки на машині для обрізання листя ЕА 85-3

Показник	Значення показника
Склад вороху, %	
– цибуля	98,9
– домішки	1,1
Склад домішок, %	
– листя, стебла, рослинні залишки	Відсутні
– ґрунт	1,1
Склад цибулин, % за діаметром	
> 70 мм	20
> 50 мм	59
> 30 мм	10
дрібна	11
Характеристика цибулин та стебел, мм:	
– середній діаметр цибулин, мм	59,3
– середня довжина стебел, см	4,5
– середній діаметр стебел, мм	11,6
– середня висота цибулин, мм	53,7
Якість цибулі у воросі, %	
– стандартні	92,7
– слабо пошкоджені	6,7
– сильно пошкоджені	0,6

Як видно з таблиці 3, після обробки вороху на двох машинах, його склад значно змінився, домішки складають лише 1,6%, в той час як у вихідному стані їх було 7,7%.

Домішки складаються з грудок розміром більше 35 мм м в діаметрі. Вільне листя, стебла, лушпиння в домішках після сортування відсутні.

Отже, на інспекційний стіл подається ворох очищений від рослинних залишків з незначною кількістю грудок.

Машина для проведення інспекційного контролю призначена для ручної обробки продукції, яка пройшла попередні етапи очищення. Інспекційний стіл є одним з технологічних модулів у лінії післязбиральної доробки цибулі.

Інспекційний стіл являє собою жорстку раму на чотирьох стійках (опорах). Основним робочим елементом конструкції є роликівий транспортер, встановлений на рамі з приводом від електричного двигуна через редуктор і ланцюгову передачу. Швидкість обертання роликів може змінюватися залежно від завантаження лінії.

Роликівий транспортер ділиться на дві зони для переміщення кондиційної продукції. З кожної зони є свій вихід.

На інспекційному столі RB ворох очищають від залишків домішок і видаляють нестандартні цибулини (пошкоджені, підгнилі, оголені та ін.).

Технологічний процес інспектування проходить так:

- ворох транспортером подається на інспекційний стіл, де розділяється на два потоки, для розділення зон перебирання на два боки;

- сортувальники візуально виявляють пошкоджені цибулини, домішки і вилучають їх із загального потоку;

- швидкість потоку вороху змінюють залежно від його стану, кількості сортувальників і кількості продукції.

Стан вороху після доробки на інспекційному столі практично не містить домішок.

Склад вороху, який подається на машину для сортування, наведений в таблиці 4.

Таблиця 4

Характеристика вороху після доробки на інспекційному столі RB

Показник	Значення показника
Склад вороху, %	
– цибулин	100
– зокрема слабо пошкоджені	7,4
– інші домішки	відсутні
Склад цибулин, % за фракціями з діаметром	
> 70 мм	20,5
> 50 мм	64,0
> 30 мм	13,2
< 30 мм	2,3

Після проходження через інспекційний стіл, ворох технологічного матеріалу подається на сортування за розмірними фракціями на модуль SET 903.

Машина для сортування продукції SET 903 призначена для розподілу технологічного матеріалу на розмірні

фракції за діаметром плодів. Машина є складовим модулем лінії післязбиральної доробки цибулі.

Конструкція машини SET 903 являє собою каркас, на якому змонтовані: набір решіт з різним розміром отворів; приймальний канал; відвідні канали з виносними транспортерами; вібраційний механізм, який складається з ексцентрикового колеса, системи важелів, механізму регулювання амплітуди коливань решіт у вертикальній і горизонтальній площинах; привод від електричного двигуна через пасову передачу.

Технологічний процес машина виконує так:

- технологічний матеріал транспортером подається в канал подавального пристрою і на сортувальні решета;
- верхнє решето відокремлює крупну фракцію діаметром плодів більшим 70 мм і вона подається під дією коливань на виносний транспортер;
- усі плоди діаметром менше 70 мм потрапляють на решето, розмір отворів яких 50 × 50 мм;
- на решеті з отворами 50 × 50 мм залишаються плоди з діаметром більше 50 мм і переміщуються до виносного транспортера середньої фракції і до збирального бункера. Плоди діаметром менше 50 мм провалюються на решето з розміром отворів 30 × 30 мм;
- на решеті з розміром отворів 30 × 30 мм залишається цибуля розміром плодів більше 30 мм, решета провалюється до некондиційної за розміром продукції;
- продукція дрібної фракції також відводиться своїм транспортером у підготовлений контейнер.

Відсортована продукція збирається в спеціальні накопичувальні контейнери, які входять у комплект постачання. Рівень наповнення накопичувачів контролюється інфрачервоним датчиком.

Машина для сортування продукції забезпечує розподілення підготовленого вороху за фракціями. За результатами агротехнічної оцінки відсортованої продукції отримані такі результати: середній діаметр плодів крупної фракції склав 7,5 см, середньої – 5,9 см, дрібної – 4,5 см, із середньоквадратичним відхиленням $\pm 0,8$ см, $\pm 0,4$ см відповідно кожній відсортованій фракції. Результати оцінки представлені в таблиці 5.

З отриманих даних видно, що сортувальник SET 903 забезпечує високу якість сортування підготовленого вороху цибулі. Точність сортування складає 100%.

Відсортованою за фракціями цибулею, зібраною в накопичувальних бункерах, заповнюють підготовлену тару через вагову машину AM-422.

Вагова машина AM-422 призначена для заповнення підготовленої тари відсортованою продукцією.

Основою машини є каркас виконаний з труби прямокутного перерізу. На каркасі змонтовані: приймальний бункер; двосекційний стрічково-планчастий транспортер; дозувальний пристрій; платформа для тари; електричний привод.

Каркас машини встановлений на чотири стійки оснащені колесами, щоб легко змінювати місце використання машини.

Транспортер машини, який призначений для завантаження продукції в тару, має дві секції – основну для транспортування основної маси продукту, а допоміжну

для транспортування продукції для досягнення встановленої маси.

Таблиця 5

Показники якості виконання технологічного процесу машини для сортування продукції за розмірними фракціями SET 903

Показник	Значення показника
Масова доля виходу, %	
– стандартні	92,8
– нестандартні	7,2
Склад і якість продукції за виходом	
а) стандартні:	
– стандартні цибулини діаметром більше 30 мм	90,5
– зокрема слабо пошкоджені	9,5
б) нестандартні:	
– стандартні цибулини діаметром більше 30 мм	100
– нестандартні цибулини діаметром менше 30 мм	відсутні
Точність калібрування за розміром, %	100
Середній діаметр цибулин, см	
– крупна фракція	7,5
– середня фракція	5,9
– дрібна фракція	4,5
Середньоквадратичне відхилення, \pm см	
– крупна фракція	0,8
– середня фракція	10,3
– дрібна фракція	0,4
Коефіцієнт варіації за фракціями, %	
– крупна фракція	10,3
– середня фракція	7,6
– дрібна фракція	10,1
Середня маса цибулин, г за фракціями	
– крупна фракція	173,5
– середня фракція	132,4
– дрібна фракція	103,8
Середньоквадратичне відхилення, \pm за фракціями:	
– крупна фракція	3,2
– середня фракція	3,8
– дрібна фракція	4,7
Коефіцієнт варіації, % за фракціями:	
– крупна фракція	1,8
– середня фракція	3,2
– дрібна фракція	4,6

Дозувальний пристрій накопичує задану масу продукту і вивантажує його в підготовлену тару. До складу дозувального пристрою входять електронні ваги, пульт керування.

Привод транспортерів здійснюється електричним двигуном через редуктор.

У конструкції машини використані два електричні двигуни з редукторами привода секцій транспортера.

Ще один електродвигун із системою важелів використовується для привода засувки дозувального пристрою

Технологічний процес проходить так:

- відсортована продукція завантажується у приймальну частину транспортера;

- транспортер подає продукцію у дозувальний пристрій машини;
- накопичена до встановленої маси, продукція після натискання на важіль дозувального пристрою, вивантажується у підготовлену тару.

Конструкція і комплектація вагової машини дозволяють виконувати технологічний процес затарювання мішків за заданою вагою.

Середня маса фасованої продукції крупної фракції склала 14,6 кг, середньої 15,6 кг, середньоквадратичне відхилення склало відповідно $\pm 0,36$ кг та $\pm 0,11$ кг. Втрати продукції під час фасування, які підлягають поверненню – 0,49%.

В додаткове обладнання даної лінії може також входити автоматичний утримувач мішків, конвеєр для транспортування фасованої продукції, шивна машина. Ці додаткові пристрої ще більше оптимізують процес фасування продукції.

Цибуля отримана обробкою вручну, не відповідає вимогам ДСТУ 3234-95 до сортової цибулі і не може відноситися до вищого, першого або другого сорту за зовнішніми ознаками і за фракційним складом. Показники якості цибулі в мішку відсортованої вручну, наведені в таблиці 6.

Як видно з таблиці 6, у підготовленій і розфасованій продукції ручної обробки стандартна цибуля складає 83,2%, а з 16,8% нестандартної 12,7% – за розміром і 4,1 – за виглядом, а на лінії стандартна продукція складає 94%, а відхилення за розміром і виглядом відсутні.

Таблиця 6

Якість цибулі в мішку після ручного сортування

Показник	Значення показника
Якість продукції в мішку, %	
Стандартні цибулини,	83,2
зокрема:	
– слабо пошкоджені	5,4
– сильно пошкоджені, гнилі	відсутні
Нестандартні цибулини,	16,8
зокрема:	
– за розміром	12,7
– за видом	4,1
Вміст цибулин з довжиною висушеної шийки, %	
– до 5 см	47,4
– від 5-10 см	38,7
– більше 10 см	13,9

У таблиці 7 наведені дані за фракційним і ваговим складом продукції, підготовленої до реалізації.

Отримана продукція згідно ДСТУ 3234-95 не може бути віднесена до сортової продукції, тому споживчі властивості і її ліквідність відповідають середньому рівню і реалізуватись вона може тільки на внутрішньому ринку. Тому і ціна отриманої продукції буде відрізнятися від ціни сортової продукції.

Економічні показники ручного способу сортування продукції проводилися, виходячи з реальної продуктивності виконання технологічного процесу та витрат на оплату праці.

Таблиця 7

Розмірно-вагова характеристика цибулин у мішку після ручного сортування

Показник	Значення показника
Вміст цибулин за найбільш поперечним діаметром, %	
– не менше 5 см	48,3
– від 5 до 4 см	37,6
– від 4 до 3 см	10,2
– менше 3 см	3,9
Вміст цибулин за масою, %	
– не менше 150 г	52,3
– від 100 до 150 г	25,4
– від 100 до 75 г	14,8
– менше 75 г	7,5

Розрахунок проводився на фактичну площу збирання і отриману середню врожайність цибулі. Економічні показники наведені в таблиці 8.

Таблиця 8

Економічні показники ручного способу

Показник	Значення показника
Площа збирання, га	60,0
Середня врожайність, т/га	80
Валовий збір, т	4800
Кількість робочих, зайнятих сортуванням, люд.	120
Продуктивність одного робітника, т/год	0,18
Затрати праці, люд-год/т	5,56
Оплата праці, грн/т	450,00
Оплата праці за весь обсяг робіт, грн	2160000,00

З продуктивністю ручного післязбирального обробітку цибулі 0,18 т/год, затрати праці склали 5,56 люд-год/т, водночас оплата праці склала 450,00 грн/т. Витрати на обробіток усього об'єму продукції становлять 2160000 грн

Експлуатаційно-технологічні показники механізованої доробки цибулі визначалися по всій лінії, починаючи від завантаження продукції в приймальний бункер до затарювання продукції в овочеві сітки, обліком витрат часу за складовими технологічного процесу протягом п'яти робочих змін. Оброблені результати наведені в таблиці 9.

Продуктивність лінії за годину основного часу складає 7,5 т. На зниження продуктивності за годину змінного часу до рівня 5,85 т найбільше вплинули витрати часу на технологічне обслуговування та щозмінне технічне обслуговування. Ці витрати часу в сумі складають 11,7 % у балансі часу за нормативну тривалість зміни.

Інші витрати незначні, тому отримані експлуатаційно-технологічні показники мають високі значення.

Скажімо, коефіцієнт надійності технологічного процесу отриманий 0,99, налагодження та регулювання – 0,99, підготовки до роботи – 0,99.

Коефіцієнт використання змінного часу складає 0,78, використання експлуатаційного часу – 0,77

Таблиця 9
**Експлуатаційно-технологічні показники роботи лінії
 для післязбиральної доробки цибулі**

Показник	Значення показника
Вид роботи	товарна обробка цибулі
Продуктивність, т/год	
– основного	7,50
– змінного	5,85
– експлуатаційного	5,78
Експлуатаційно-технологічні коефіцієнти:	
– технологічного обслуговування	0,92
– надійності технологічного процесу	0,99
– використання робочого часу зміни	0,78
– використання експлуатаційного часу	0,77
Необхідна кількість персоналу, чол.	9
Амортизація, поточний ремонт, електропостачання, грн	95061
Оплата праці за весь обсяг робіт, грн	475304,00

Експлуатаційно-технологічні показники свідчать про експлуатаційну надійність лінії та стабільність виконання

нею технологічного процесу післязбиральної доробки цибулі.

Обговорення. Питання механізованої післязбиральної доробки овочевої продукції розглянуті у фундаментальних роботах А. Мігальова, О. Лілевмана В. Сидоренко І. Макаренко, А. Панченко та інших (Halat, 2020; Mihalev & Lilleman, 2019; Priorytetnyi perelik silskohospodarskoi tekhniki II-III pokolinnia dlia suchasnykh ahrotekhnologii APK Ukrainy, 2014). Саме питання післязбиральної доробки цибулі майже не досліджувалося.

Дідур В. В. та Баришев О. О. в своїй роботі зробили огляд існуючих технологій і машин для збирання і післязбиральної доробки цибулі (Didur & Baryshev, 2022).

Висновки. Порівнюючи механізовану і ручну технологію післязбиральної доробки цибулі, можна зробити висновки, що механізована технологія має переваги у продуктивності, якості виконання технологічного процесу, у можливості отримувати продукцію, яка має нижчу собівартість, в економії трудових ресурсів та у можливості організації багатозмінної роботи.

До стримувальних факторів використання лінії в технології післязбиральної доробки цибулі можна віднести високі початкові капітальні вкладення та необхідність критого електрифікованого майданчика.

Бібліографічні посилання:

1. Derzhavna sluzhba statystyky. (2023). [State Statistics Service]. <https://www.ukrstat.gov.ua>. <https://www.ukrstat.gov.ua> (in Ukrainian).
2. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (1995). [State consumer standard of Ukraine]. Tsybulia ripchasta svizha. Tekhnichni umovy. (DSTU 3234-95.). Vyd. Ofits (in Ukrainian).
3. Didur, V. V., & Baryshev, O. O. (2022). Ohliad isnuuiuchykh tekhnologii i mashyn dlia zbyrannia i pisliazbyralnoi dorobky tsybuli. [Overview of existing technologies and machines for harvesting and post-harvest processing of onions]. Tekhnichne zabezpechennia innovatsiinykh tekhnologii v ahropromyslovomu kompleksi (s. 97–100) (in Ukrainian).
4. Halat, L. (2020). Zberihannia plodoovochevoi produktsii v Ukraini: problemy i dosvid. [Storage of fruit and vegetable products in Ukraine: problems and experience]. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Ekonomika, (2), 102-112 (in Ukrainian).
5. Kumawat, L., & Raheman, H. (2022). Mechanization in Onion Harvesting and its Performance: A Review and a Conceptual Design of Onion Harvester from Indian Perspective. Journal of The Institution of Engineers (India): Series A, 103(1), 295–304. doi:10.1007/s40030-021-00611-3
6. Mihalev, A. O., & Lilleman, O. Y. (2019). Research and scientific and technical examination of mechanized techniques of the last petroleum treatment. Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine, (24(38)). doi:10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-33.
7. Priorytetnyi perelik silskohospodarskoi tekhniki II-III pokolinnia dlia suchasnykh ahrotekhnologii APK Ukrainy. (2014). [A priority list of II-III generation agricultural machinery for modern agro-technologies of the agricultural sector of Ukraine]. <http://www.agrotechnika-ukr.com.ua/doc/priorytetniyperelik.pdf> (in Ukrainian).
8. Sych, Z., & Khareba, V. (2004). Mozhlyvosti ukrainskoho ovochivnytstva v umovakh hlobalizatsii. [Possibilities of Ukrainian vegetable growing in the conditions of globalization] Ovochivnytstvo i bashtannytstvo, (49), 3–11 (in Ukrainian).
9. Sydorenko, V., Makarenko, I., Panchenko, A., & Revto, O. (2015). Rezultaty doslidzhen obladnannia dlia pisliazbyralnoi obrobky ovochevoi produktsii. [Research results of equipment for post-harvest processing of vegetable products]. Tekhnika i tekhnologii APK, (6), 12–14 (in Ukrainian).
10. Yarovyi, H., & Romanov, O. (2017). Ovochivnytstvo: Navch posib. [Vegetable growing: a textbook]. KhNAU (in Ukrainian).

Maliarchuk V. M., Ph.D, Director, Southern Ukrainian branch of the Ukrainian Research Institute of Forecasting and Testing of Equipment and Technologies for Agricultural Production named after Leonid Pohorily, Doslydnytske village, Kyiv region, Ukraine

Mihalov A. O., Deputy Director, Southern Ukrainian branch of the Ukrainian Research Institute of Forecasting and Testing of Equipment and Technologies for Agricultural Production named after Leonid Pohorily, Doslydnytske village, Kyiv region, Ukraine

Revto O. Ya., Ph.D., Associate Professor, Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

Ivaniv M. O., Ph.D., Associate Professor, Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

Technology of mechanized postharvest handling of onion and its scientific-technical expertise

The study presents the results of establishing efficiency of applying mechanized modules for postharvest handling of onion and using them in a line. Indexes of mechanized and manual onion handling were compared. A complex of machines for harvesting onion involved equipment for cutting leaves; for digging out onions; for picking onion heaps and loading them to vehicles.

Technologies applied before were mainly based on using low-productive manual work. Digging out onions was the only mechanized operation. A knife under-cutter or the machine KTs-1 were used for it. All the other technological processes – grading, checking, and packaging – were performed manually. Onion quality and fractional composition depended on a human factor. That caused a loss in product quality and worsened its marketing characteristics. Nowadays the problem of harvesting products is solved due to machines which come to the Ukrainian market from abroad.

The complex of machines made by the firm «Skals», Denmark, was used to ensure harvesting and preliminary handling at agro-technological dates.

The process of mechanized harvesting on its own does not allow obtaining standardized products. Onion heaps after digging out contains soil and plant residues. Additionally, more than 50 % of harvested onions have dried necks longer than 5 cm, when only 3-5 % of such onions are acceptable in the first grade products, and such onions are not acceptable at all in the highest grade products.

Postharvest handling aimed at improving quality is necessary to obtain products of a standard level. In recent years farms which grow onion have started using lines of postharvest handling of onion. Equipment is arranged in a line from separate modules. Each module can work as an independent production unit. A line is made depending on volumes of production and growing conditions.

Comparing mechanized and manual technologies for postharvest handling of onion, we can draw a conclusion that a mechanized technology has advantages in productivity, quality of technological process, in a possibility to obtain products which have lower cost prices, in saving labor resources and a possibility to organize work in many shifts.

Key words: *onion, mechanized technology, after-harvest handling, fractional composition, impurities, sorting, technological module, line.*