

## **МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, РОБОЧІ ОРГАНИ ТА МАШИНИ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА**

УДК 631.555-662.7(048)

### **Аспекти процесів збирання незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику як твердого біопалива**

**Адамчук В. В.,**

д.т.н., академік НААН, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»;

ORCID iD 0000-0003-0358-7946

**Кузьменко В. Ф.,**

к.т.н., с.н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»;

ORCID iD 0000-0002-3474-939X

**Кузьмич А. Я.,**

к.т.н., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

**Максіменко В. В.,**

н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

#### **Анотація**

**Мета.** Визначення перспективних технологій збирання незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику, що забезпечують кероване збирання якісної продукції відповідно до потреб.

**Методи.** Аналіз загальнозовживаних технологічних процесів збирання соломи та стеблових кормів, незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику, синтез варіантів збирання окремих частин незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику й оцінювання їх за величиною можливого збору, експериментальне визначення повноти збирання за того чи іншого технологічного процесу.

**Результати.** Синтезовано та проаналізовано варіанти збирання незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику, які можуть бути використані в сучасному сільгоспвиробництві.

Проведено аналіз незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику. Встановлено частку незернової частини врожаю кукурудзи та

соняшнику, яка може бути зібрана за різних варіантів збирання. Проведено експериментальні дослідження окремих операцій збирання незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику.

**Висновки.** Заготівля стеблової маси в ущільненому вигляді (рулони, паки) для енергетичних потреб є доцільнішою, ніж у розсипному вигляді. Господарства, які вирощують кукурудзу та соняшник, обирають технологію збирання незернової частини врожаю залежно від площ посіву культур та потреб у стебловій масі.

Досліджувані варіанти збирання незернової частини врожаю забезпечують повноту збирання стеблової маси від 3,5 до 85,4%.

Кінцевий вибір варіанта збирання сировини визначається не лише повнотою збору сировини, а і його техніко-економічними показниками.

**Ключові слова:** незернова частина врожаю кукурудзи та соняшнику, технології збирання незернової частини, тверде біопаливо.

UDC 631.555-662.7 (048)

### **Aspects of non-grain part harvesting for corn and sunflower as solid biofuels**

**Adamchuk V. V.,**

Dr. Tech. Sc, Academician of the NAAS, National Science Center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification"; ORCID iD 0000-0003-0358-7946

**Kuzmenko V. F.,**

Ph.D., Senior Researcher, National Science Center “Institute of Agricultural Engineering and Electrification”; ORCID iD 0000-0002-3474-939X

**Kuzmych A. Y.,**

Ph.D., National Science Center “Institute of Agricultural Engineering and Electrification”

**Maksimenko V. V.,**

Researcher, National Science Center “Institute of Agricultural Engineering and Electrification”

#### **Annotation**

**Purpose.** Identification of promising technologies for harvesting the non-cereal part of the corn and sunflower crops, which provide for the controlled collection of quality products in accordance with the needs.

**Methods.** Analysis of common technological processes of harvesting straw and stem feed, the non-grain part of the corn and sunflower harvest, the synthesis of options for harvesting individual parts of the non-grain part of the corn and sunflower crop and evaluating them by the possible harvest, experimental determination of the full harvest for a particular process.

**Results.** Synthesized and analyzed options for harvesting the non-cereal part of the corn and sunflower crops, which can be used in modern agricultural production.

The analysis of the non-cereal part of the corn and sunflower harvest was carried out. The proportion of the non-cereal part of the corn and sunflower crops, which can be collected with

various harvesting options, has been established. Experimental studies have been carried out of individual operations of collecting the non-grain part of the corn and sunflower crops.

**Conclusions.** Harvesting the stem mass in a compacted form (rolls, bales) for energy needs is more appropriate than in loose form. Farms that grow corn and sunflower choose the technology of harvesting the non-cereal part of the crop, depending on the area of sowing of crops and needs in the stem mass.

The investigated options for harvesting the non-cereal part of the crop provide a complete collection of the stem mass from 3.5 to 85.4%.

The final choice of the option of harvesting raw materials is determined not only by the completeness of the collection of raw materials, but also by its technical and economic indicators.

**Keywords:** non-cereal part of corn and sunflower harvest, technology of harvesting non-cereal part, solid biofuel.

УДК 631.555-662.7(048)

### **Аспекты процессов уборки незерновой части урожая кукурузы и подсолнечника как твердого биотоплива**

**Адамчук В. В.,**

д.т.н., академик НААН, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»;

ORCID iD 0000-0003-0358-7946

**Кузьменко В. Ф.,**

к.т.н., с.н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»;

ORCID iD 0000-0002-3474-939X

**Кузьмич А. Я.,**

к.т.н., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

**Максименко В. В.,**

н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

#### **Аннотация**

**Цель.** Определение перспективных технологий уборки незерновой части урожая кукурузы и подсолнечника, обеспечивающих управляемый

сбор качественной продукции в соответствии с потребностями.

**Методы.** Анализ общепотребляемых технологических процессов уборки соломы и

стеблевих кормов, незернової частини урожаю кукурузи і подсолонечника, синтез варіантів уборки окремих частин незернової частини урожаю кукурузи, подсолонечника і оцінка їх по величині можливого збору, експериментальне визначення повноти збору при використанні того чи іншого технологічного процесу.

**Результати.** Синтезовані і проаналізовані варіанти уборки незернової частини урожаю кукурузи і подсолонечника, які можуть бути використані в сучасному сільськогосподарстві.

Проведен аналіз незернової частини урожаю кукурузи і подсолонечника. Встановлено частку незернової частини урожаю кукурузи і подсолонечника, яка може бути зібрана при різних варіантах уборки. Проведені експериментальні дослідження окремих операцій уборки незернової частини урожаю кукурузи і подсолонечника.

**Висновки.** Заготівля стеблевої маси в ущільненому вигляді (рулони, тюки) для енергетичних потреб є більш цілеспрямованою, ніж в розсипному вигляді. Господарства, вирощуючі кукурузу і подсолонечник, вибирають технологію уборки незернової частини урожаю в залежності від площей посіву культур і потребностей в стеблевої масі.

Досліджувані варіанти уборки незернової частини урожаю забезпечують повноту збору стеблевої маси від 3,5 до 85,4%.

Кінцевий вибір варіанта уборки сировини визначається не тільки повнотою збору сировини, а й його техніко-економічними показателями.

**Ключові слова:** незернова частина урожаю кукурузи і подсолонечника, технологія уборки незернової частини, тверде біопаливо.

**Постановка проблеми.** Використання незернової частини врожаю (НЧУ) кукурузи та соняшнику як твердого біопалива стало актуальним у зв'язку з тим, що:

- постійно зростають ціни на викопні енергоносії;
- зросла потреба в паливі в самих господарствах (наприклад паливо для сушарок зерна та адміністративно-господарських приміщень тощо);
- НЧУ ранніх зернових, сої, кукурузи та соняшнику користуються попитом у виробників паливних брикетів та гранул.

У науково-технічній літературі об'єми НЧУ кукурузи та соняшнику, які доцільно збирати для використання на тверде біопаливо, визначають аналогічно, як визначають об'єми збирання соломи ранніх зернових, а саме виходячи з площ посівів, виходу соломи та її втрат під час підбирання і тюкування [1–7]. Такі розрахунки можливо використо-

увати лише для культур, незернова частина яких після проходження зернозбирального комбайна формується у валок і придатна для підбирання підбирачами барабанного типу пакових чи рулонних пресів.

У процесі збирання кукурудзи через комбайн проходить тільки качан, тому у валок може бути укладена лише обгортка з подрібненими стержнями. Після збирання кукурудзи її листо-стеблова частина залишається на поверхні поля подрібненою по ширині захвату жатки. Зазначена маса розташовується в жорсткій стерні, висота якої досягає 20 см. У процесі збирання соняшнику взагалі нижні частини стебел залишаються стоячими на полі, а через комбайн проходять лише кошики та верхні частини стебел.

Широке впровадження заготівлі НЧУ кукурузи та соняшнику в агропромисловому виробництві стримується тим, що мають місце:

- відсутність обґрунтованих технологічних процесів, які б забезпечували якісне збирання НЧУ кукурудзи та соняшнику одночасно зі збиранням зернової частини врожаю;
- проходження тільки частини всього біологічного врожаю через комбайн;
- необхідність додаткових операцій для формування (скошування, згрібання) валків усього біологічного врожаю НЧУ кукурудзи та соняшнику, або розроблення спеціалізованих жаток для кукурудзи та соняшнику;
- підвищена вологість (до 50–60%) складових НЧУ кукурудзи та соняшнику на момент збирання зернової частини врожаю;
- відсутність прикладів використання стебел соняшнику на паливо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Авторами наукових праць [1–7] встановлено можливі об'єми збирання НЧУ кукурудзи та соняшнику. Інша група наукових праць присвячена аналізу можливих варіантів використання НЧУ кукурудзи та соняшнику у виробництві альтернативних палив (біогаз, біодизель, тверді види палив тощо), вони також визначають економічну ефективність цих способів отримання енергії [8–17].

Важливим є питання визначення властивостей НЧУ кукурудзи та соняшнику як палива та порівняння його теплотворної здатності, хімічного складу з традиційними видами палива. Результати досліджень з цього напрямку наведено в працях [1, 3, 4, 8, 9].

Відомі дослідження з аналізу технологій збирання НЧУ ранніх зернових у розсипному та пресованому вигляді [18], в яких розкриваються переваги та недоліки цих способів. Необхідно відмітити, що збирання НЧУ в рулони, переробка її для отримання брикетів та гранул потребує подрібнення сировини, тому вона може зберігатися як у розсипному, так і в ущільненому стані.

В інших наукових працях наводяться приклади пресування НЧУ кукурудзи у великогабаритні тюки одночасно з попереднім згрібанням кукурудзи у валки [7, 14, 16, 17]. Для формування тюків використовуються також комбінації дозуючих пристроїв із великопаковим пресом. Дані конструкції аналогічні конструкціям рулонних прес-підбирачів із дозатором, які агрегуються з комбайном. Однак, через значну потребу потужності для приводу великопакового преса агрегується така комбінація зазвичай з потужним трактором.

Аналіз останніх досліджень дозволяє стверджувати:

- господарства використовують технології збирання НЧУ кукурудзи та соняшнику відповідно до власних потреб у сировині;
- на сучасному етапі відсутні науково-обґрунтовані технології збирання, які придатні гарантовано забезпечувати отримання якісної сировини з НЧУ в необхідній кількості;
- для збирання НЧУ кукурудзи та соняшнику переважно використовуються тех-

нічні засоби для кормозбирання та збирання зерна;

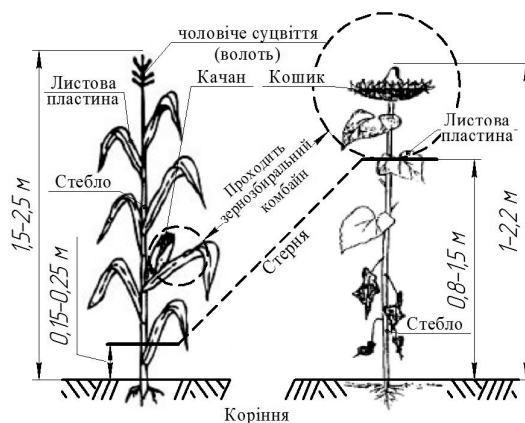
- повне збирання з мінімальними витратами забезпечують технології з вдосконаленням зернозбиральних комбайнів.

**Мета досліджень.** Визначення перспективних технологій збирання НЧУ кукурудзи та соняшнику, що забезпечують кероване збирання якісної продукції відповідно до потреб.

**Методи досліджень.** Аналіз загально-вживаних технологічних процесів збирання соломи та стеблових кормів, НЧУ кукурудзи та соняшнику, синтез варіантів збирання окремих частин НЧУ кукурудзи та соняшнику й оцінювання їх за величиною можливого збору, експериментальне визначення повноти збирання за того чи іншого технологічного процесу.

**Результати досліджень.** Як кукурудзу на зерно, так і соняшник збирають в обмолоченому вигляді, використовуючи зернозбиральні комбайни. У такому разі використовують спеціалізовані жатки, причому кукурудзяна жатка, подрібнюючи стебло, залишає стерню висотою 15–20 см, тоді як стерня соняшнику складає 0,5–0,7 від загальної висоти його стебла. Технологія збирання кукурудзи в качанах використовується лише на її збиранні для потреб насінництва.

На рисунку 1 схематично представлено будову рослин кукурудзи та соняшнику і виділено частини рослин, які збираються зернозбиральними комбайнами або залишаються після збирання.



**Рис. 1.** Основні складові кукурудзи та соняшнику і характеристики НЧУ  
**Fig. 1.** The main components of corn and sunflower and characteristics non-cereal part of the crop

Зрозуміло, що через комбайн проходять лише качани із зерном кукурудзи та кошики з насінням соняшнику, які від загальної маси складають 55–68% для кукурудзи та 55–64% для соняшнику (табл.).

Таблиця. Показники складових НЧУ кукурудзи та соняшнику в процесі збирання  
Table. Indicators of corn and sunflower seed components in the harvesting process

Найменування складових рослинної продукції	Кукурудза		Соняшник	
	Частка в загальній масі (в абсолютно сухій речовині)	Вологість, %	Частка в загальній масі (в абсолютно сухій речовині)	Вологість, %
Зерно	45–55	18–30	38,4–42,1	8,1–15,2
Стебла	21,5–27,3	25–75	29,7–36,3	18–58
Листя	11,0–15,1	17–22	5,9–6,8	16–18
Стрижні качанів	7,8–9,1	17–35	-	-
Обгортка	2,2–4,35	17–26	-	-
Кошик	-	-	16,1–22,6	15,2–40,3

Стерня соняшнику залишається такої висоти завдяки можливості легко подрібнити і заробити її в ґрунт дисковою бороною. За потреби стебла соняшнику, як і стебла кукурудзи, можуть жаткою скошуватися і водночас частково подрібнюватися.

Аналізуючи можливості відомих технічних засобів для збирання НЧУ кукурудзи та соняшнику, нескладно сформувати шість можливих технологій збирання зазначеної НЧУ, які наведено на рисунку 2.

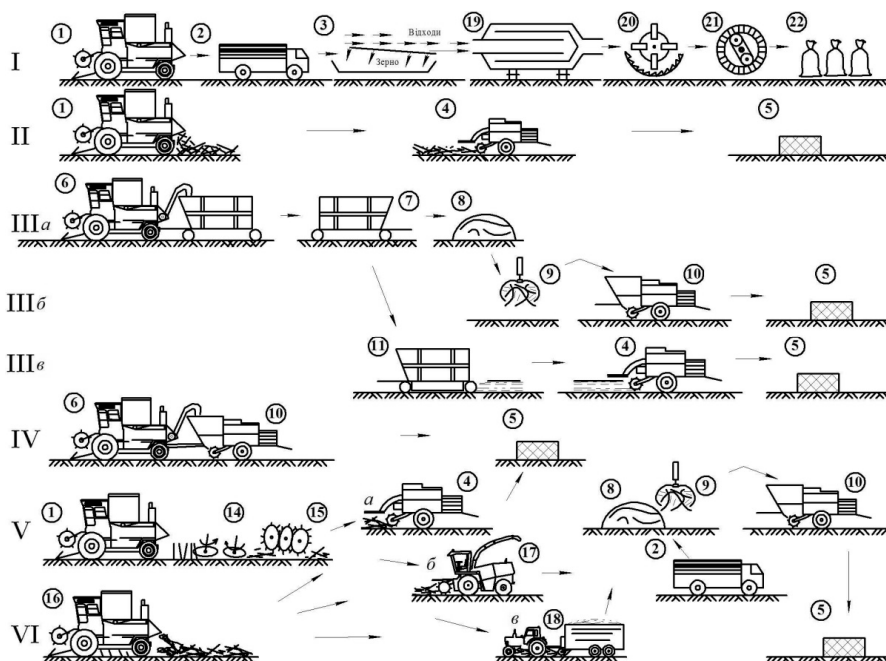


Рис. 2. Основні технології збирання незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику (I–VI), які можуть бути використані в сучасному сільгоспвиробництві, та операції для їх здійснення:

- 1 – збирання зерна; 2 – транспортування суміші зерна та НЧУ; 3 – очищення зерна на стаціонарі;
  - 4 – підбирання валків та пресування НЧУ; 5 – складування паків НЧУ; 6 – збирання зерна та НЧУ;
  - 7 – транспортування НЧУ; 8 – складування НЧУ; 9 – навантаження НЧУ; 10 – пресування НЧУ;
  - 11 – формування валків НЧУ; 12 – формування ролонів НЧУ; 13 – складування ролонів;
  - 14 – скошування стебел; 15 – згрібання НЧУ; 16 – збирання зерна зі скошуванням стебел та формуванням валка;
  - 17 – підбирання валків із подрібненням НЧУ; 18 – підбирання валків з ущільненням НЧУ;
  - 19 – сушіння, 20 – подрібнення, 21 – гранулювання відходів; 22 – пелети в мішках
- Fig. 2.** The main technologies of harvesting the non-cereal part of the crop (NPC) of corn and sunflower (I–VI), which can be used in modern agricultural production, and operations for their implementation:
- 1 – grain harvesting; 2 – transportation of a mixture of grain and NPC; 3 – separation grain at stationary machine; 4 – picking up of windrows and pressing of NPC; 5 – warehousing the packs of NPC;
  - 6 – harvesting grain and NPC; 7 – NPC transportation; 8 – NPC warehousing; 9 – loading NPC;
  - 10 – pressing of NPC; 11 – forming windrows of NPC; 12 – formation of rolls NPC; 13 – storage of NPC rolls;
  - 14 – cutting the stems; 15 – raking of NPC; 16 – grain harvesting with mowing the stems and forming a rolls of NPC; 17 – picking up of windrows with cutting of NPC; 18 – picking up of windrows with compaction of NPC;
  - 19 - drying, 20 – crushing, 21 – granulation waste; 22 – pellets in bags

Технологія I передбачає одночасне збирання і перевезення всього зерна кукурудзи та насіння сояшнику та НЧУ і реалізується в господарствах на збиранні сояшнику. Особливістю технології I збирання НЧУ є відокремлення відходів на стаціонарі під час очищення насіння сояшнику після комбайна. Завдяки можливості виконувати роботи на стаціонарі вдається більш ретельно очищати зерно кукурудзи та насіння сояшнику від НЧУ. Ця технологія дозволяє:

- підвищити продуктивність комбайнів;
- уникнути втрат «щуплого» зерна кукурудзи та насіння сояшнику;
- спростити логістику перевезення НЧУ до місця переробки.

За технологією I можливо збирати як частину кошика, так і майже весь стрижень качана. Обмеженням є технологічні властивості отримуваної суміші – вона повинна без порушень технологічного процесу подаватися в бункер та вивантажуватися з нього. Згідно з технологією збирання виконується зернозбиральним комбайном 1, перевезення – автомобільним транспортом 2. Після очищення і відокремлення зерна 3 виконується сушіння відходів 19, їх подрібнення 20 та гранулювання 21, пелети можуть зберігатися в мішках чи «біг-бегах» 21. Заміри показали, що в такий спосіб можливе збирання 35–75% кошиків чи качанів, що складає 5,5–7,5% від загальної маси НЧУ.

Однак, за потреби збирання більшої частини НЧУ можливо реалізувати інші технології збирання (II–VI, рис. 2). За цими технологіями через комбайн (табл. 1) проходить обгортка і стрижень качана кукурудзи (10,0–13,45%), або кошик і частина стебла (орієнтовно 25%) сояшнику (23,7–31,8%). Згідно з технологією II (рис. 2) маса НЧУ укладається у валок позаду комбайна 1. Підбирання сформованого валка підбирачем преса 4, як на збиранні зернових, через особливості властивостей сировини приводить до значних втрат маси. Підбирається лише 25–33% маси валка. Маса отримується в тюках 5 і зберігається в скиртах із тюків.

Отже, реалізація технології II дозволяє збирати до 8,0–10,0% від загальної маси сировини, що не перевищує суттєво її збір за технологією I.

Зібрати сировину, що проходить через комбайн, без втрат на підбиранні можливо, уникнувши укладання її у валок (техно-

логія III, рис. 2). За такого способу можливе збирання її як у розсипному вигляді 8 (варіант III а), за аналогією з широко відомою потоковою технологією, з послідуєчим пакуванням у тюки чи рулони за допомогою комбінації прес-підбирача з дозатором 10 (варіант III б), так і підбираючи валки підвищеної потужності, сформовані з використанням спеціалізованого причепа-накопичувача 11 (варіант III в). Останні варіанти забезпечують отримання сировини в тюках і відповідне її зберігання.

Розсипну сировину отриману за варіантом III а можливо перевозити до місць зберігання і складувати. Формування паків, використовуючи навантажувач та комбінацію дозатора з великопаковим пресом (варіант III б) або формуючи валки зі збільшеною погонною масою безпосередньо з причепа (варіант III в), доцільно проводити на краю поля для уникнення перевезення маси в розсипному вигляді.

Реалізуючи технологію III за варіантами III а та III б, можна збирати стрижні й обгортки кукурудзи та кошики і третину стебел сояшнику, частки яких від загальної маси рослин становлять 10,0–13,5% та 23,7–13,8%, відповідно.

У разі реалізації цієї технології за варіантом III в можливе отримання сировини на 10–15% менше ніж за варіантами III а та III б. Це пов'язано з неминучими втратами рослинної маси на підбиранні валків.

Використання комбінації прес-підбирача-дозатора 10 в агрегаті з комбайном 6 дозволяє реалізувати технологію за варіантом IV і отримувати сировину в тих же об'ємах, що і за варіантом III а, але без її втрат. Однак реалізація цього варіанта потребує більш складної модернізації комбайна – необхідно, крім встановлення кидалки з приводом взамін причепа, встановлювати комбінацію дозатора з прес-підбирачем. За цією конструкційно-технологічною схемою суттєво ускладнюється привод дозатора та прес-підбирача.

Реалізація проаналізованих варіантів (I–IV) забезпечує збирання лише частини НЧУ, яка проходить через молотарку комбайна. Збирання стебел, що залишаються на полі, передбачають технології V, VI.

Загальновідомо, що більш складною культурою в збиранні НЧУ є сояшник, оскільки частина стебел залишається стояти нескошеними (стерня), їх висота досягає 1,5 м

(варіант V). Технологічний процес збирання у цьому разі має включати операції скошування 14, згрібання у валки 15 та їх підбирання 4, 17, 18. Збирання НЧУ кукурудзи дещо простіше, адже з процесу виключається операція скошування, яка виконується жаткою комбайна для збирання зерна кукурудзи.

У науково-технічній літературі інформація щодо технологічних процесів та технічних засобів збирання НЧУ соняшнику, включаючи його стебла, подається стисло, в загальних рисах [9, 10, 13, 18]. Авторами статті для уточнення кількості зібраної маси, показників якості виконання операцій збирання всієї НЧУ соняшнику проведено експериментальні дослідження процесу. Дослідження проводилися за сприятливих погодних умов (температура повітря становила понад 20°C, опади відсутні) на 3–5 день після збирання насіння соняшнику.

Після проходження комбайна залишилися стебла довжиною 74–79 см, причому вони були нахилені під кутом 48,3–55,8° за напрямком руху комбайна.

Кількість стебел вологістю 20% у перерахунку на абсолютно суху речовину становила 34,18 ц/га (39% від загальної маси), а кошики з частиною стебел після проходження комбайна – 28,45 ц/га (32% від загальної маси).

Для досліджень було використано загальноживані технічні засоби для заготівлі кормів: двобарабанну ротаційну косарку КР-1,6, граблі ГВ-3,4, рулонний прес-підбирач ПР-Ф-145, комбайн роторний «Рось-2».

Скошування проходило без будь-яких порушень процесу як проти нахилу, так і за нахилом стебел (рис. 3). Скошування проводилося на висоті 7–10 см. Деякі стебла залишалися цілими, інша частина (40–50%) потрапляла під наступний ніж і перебувала на 2-3 частини. Валок із стебел не утворювався.



Рис. 3. Скошування стебел соняшнику ротаційною косаркою

Fig. 3. Mowing sunflower stalks with a rotary mower

Згрібання стебел колісно-пальцевими граблями, встановленими під кутом 45° до напрямку руху, проводилося, перегортаючи утворений за попередній прохід валок, з метою утворення потужного валка (рис. 4).



Рис. 4. Згрібання стебел соняшнику колісно-пальцевими граблями

Fig. 4. Raking of sunflower stalks with a wheel-and-finger rake

Операція перегортання проводилася на 1-й передачі. Доцільним є 2-3 перегортань, тобто можливе формування валка з ширини 12–18 м. Після згрібання на полі залишається 31,6% сировини, причому 63,7% залишків – це сировина, що пройшла через комбайн. Згрібанням заважає стерня, що лишається після скошування стебел.

Підбирання стебел соняшнику проводилося рулонним прес-підбирачем (варіант V) дозволило сформувати рулони масою 180–200 кг (рис. 5). При підбиранні маси з валка шириною 1,6–1,7 м та висотою до 0,5 м залишається непідбіраною сировина переважно довжиною до 50 мм у кількості 10,6% від загальної маси.



Рис. 5. Рулон НЧУ соняшнику, сформований прес-підбирачем ПР-Ф-145

Fig. 5. A roll of sunflower NPC, formed by the PR-F-145 baler

Окрім скошування стебел ротаційною косаркою під час досліджень стебла скошувалися і вантажилися в причеп (варіант V б) роторним комбайном «Рось-2». Отримана маса мала середньозважену довжину 142,75 мм, причому включень понад 250 мм було майже 10%. Із зібраної маси було сформовано валок погонною масою 10–12 кг/м. Після його підбирання залишок сировини був у 2,27 рази більший ніж на підбиранні аналогічного валка, сформованого без подрібнення сировини. Зрозуміло, що це пояснюється зменшеною довжиною часток сировини, які не підхоплюються пальцями підбирача.

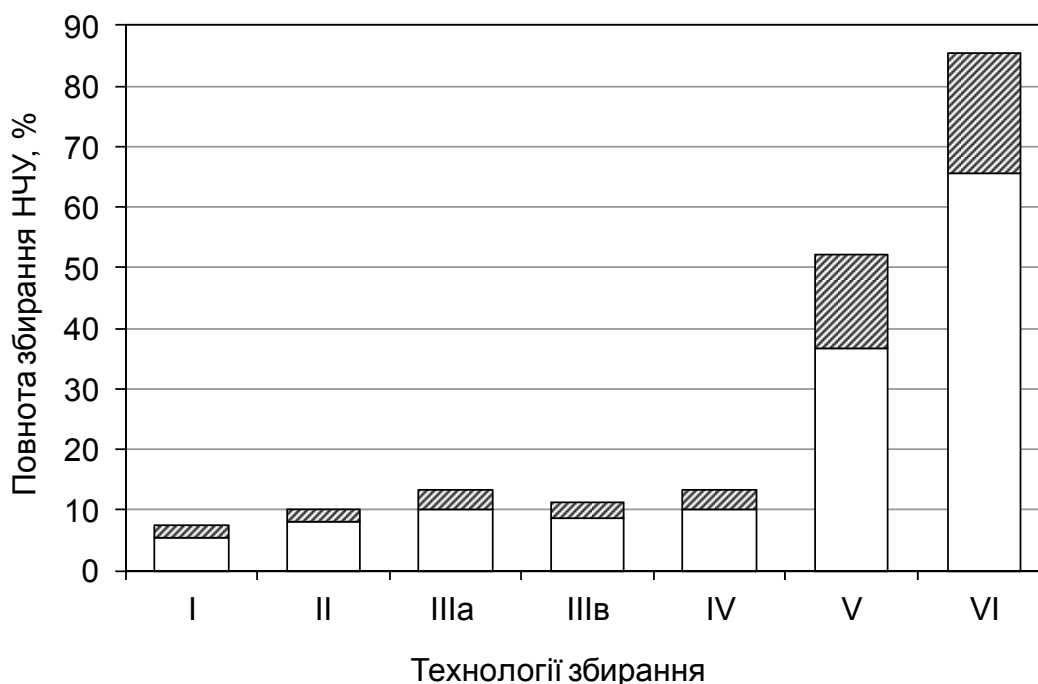
Для реалізації варіанта V в слід використати візок-підбирач, що спрощує логістику заготівлі НЧУ, порівнюючи з варіантами V а, б, та зменшує енерговитрати на подрібнення сировини.

Отже, в разі збирання сировини соняшнику за варіантом V у полі залишається 42,2% від загальної маси НЧУ. Аналогічного результату слід чекати і на збиранні НЧУ кукурудзи, оскільки стебла її подрібнюються жаткою.

За варіанта VI подрібнені стебла кукурудзи спеціалізованою жаткою укладаються у

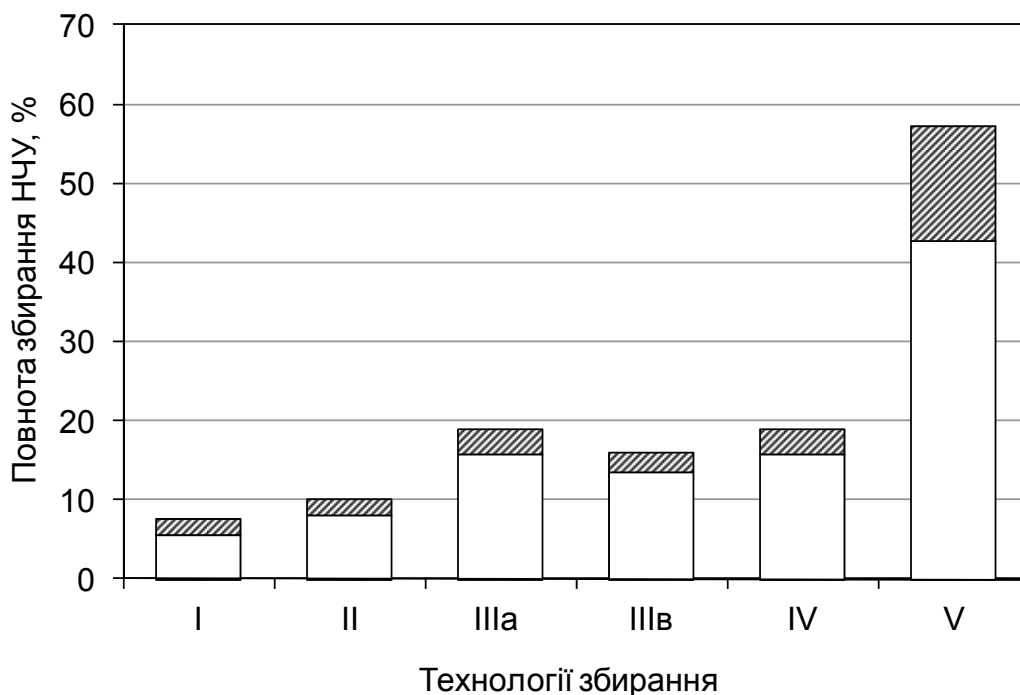
валок шириною 2,0–2,2 м, який розташовується між колесами комбайна. Потреба у згрібанні маси відпадає. Поверх цього валка укладається сировина, що пройшла молотарку комбайна. Валок відразу чи через деякий час, що пов'язаний з досушуванням сировини, може бути підібраний прес-підбирачами (рулонними чи паковими, варіанти VI а), кормозбиральними комбайнами (варіант VI б), візками-підбирачами (варіант VI в). У виробничих умовах було перевірено останній варіант. Повнота збирання сировини цього разу становила 70,6–85,4% від загальної маси. Високе значення повноти збору пояснюється тим, що сировина, яка пройшла через комбайн, розташовується поверх валка. Окрім того, необхідно відмітити, що підбирач мав покращену конструкцію: зменшено діаметр підбирача і відстань між пальцями, використовуються притискні ролики.

На рисунку 6 представлено зміну повноти збирання НЧУ кукурудзи та соняшнику залежно від проаналізованих технологій. Заштрихована зона вказує межі варіювання повноти збирання НЧУ за кожним з проаналізованих варіантів.



а





б

**Рис. 6.** Повнота збирання НЧУ кукурудзи (а) та соняшнику (б) за різних технологій збирання  
**Fig. 6.** Completeness of the NPC collection of corn (a) and sunflower (b) with various harvesting technologies

Збільшення повноти збирання НЧУ веде до підвищення номенклатури та складності використовуваних технічних засобів. Збирання стеблової частини НЧУ потребує додаткового використання кормозбиральної техніки (косарки, граблі) або спеціалізованих жаток зернозбиральних комбайнів, здатних формувати валок зі стебел.

**Висновки.** Заготівля стеблової маси в ущільненому вигляді (рулони, паки) для енергетичних потреб є доцільнішою, ніж у розсипному вигляді. Господарства, які вирощують кукурудзу та соняшник, повинні обирати технологію збирання незернової частини врожаю залежно від площ посіву культур та потреб у стебловій масі.

Досліджувані варіанти збирання незернової частини врожаю забезпечують повноту збирання стеблової маси від 3,5 до 85,4%.

Кінцевий вибір варіанта збирання сировини визначається не лише повнотою збору сировини, а і його техніко-економічними показниками.

#### Бібліографія

1. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив: монографія / Б. Я. Блюм та ін. Київ: Аграр Медіа Груп, 2014. 360 с.
2. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Трибой О. В Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2014. № 10. 33 с.
3. Дідух М. І. Виробництво біопалива: світові тенденції, національні та регіональні перспективи. *Перспективи розвитку альтернативної енергетики на Поліссі України*. Житомир: ЖНАЕУ, 2014. С. 8–63.
4. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива / О. Б. Хіврич та ін. *Агробіологія*. 2011. Вип. 6. С. 153–157.
5. Біоенергетичний потенціал лісо-степової і поліської зон України та перспективи його використання: монографія / за ред. В. І. Ладика. Суми: Університетська книга, 2009. 304 с.
6. Голуб Г. А. Проблеми техніко-технологічного забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2011. Вип. 7. С. 59–66.
7. Драгнев С. В., Железна Т. А., Гелетуха Г. Г. Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного

використання в Україні. *Біоенергетика*, 2016. № 1 (7). С. 18–22

8. Антоненко В. О., Зубенко В. І., Епик О. В. Паливні характеристики стебел кукурудзи українського походження. *Промислова теплотехніка*. 2018. Т. 40. № 3. С. 85–90.

9. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: Акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення: монографія / О. С. Полянський та ін.: за ред. В. І. Д'яконова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 36 с.

10. Зубко В. М., Соколік С. П. Аналіз технологій та технічних засобів для використання відходів виробництва соняшнику в якості біопалива. *Інженерія природокористування*. 2017. № 1 (7). С. 6–10.

11. Гелетука Г. Г., Железная Т. А., Трибой А. В. Перспективы использования отходов сельского хозяйства для производства энергии в Украине. Часть I. *Промышленная теплотехника*. 2014. Т. 36, № 4, С. 36–41.

12. Гелетука Г. Г., Железная Т. А., Трибой А. В. Перспективы использования отходов сельского хозяйства для производства энергии в Украине. Часть I. *Промышленная теплотехника*. 2014. Т. 36, № 5, С. 73–80.

13. Гелетука Г. Г., Железна Т. А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2013. № 7. 20 с.

14. Драгнев С. В., Железна Т. А., Гелетука Г. Г. Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2016. № 16. 51 с.

15. Гелетука Г. Г., Железна Т. А., Драгнев С. В. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2018. № 20. 48 с.

16. Железна Т. А., Драгнев С. В., Гелетука Г. Г. Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні. *Екологія підприємства*. 2016. № 7, С. 51–79.

17. Драгнев С. В., Железна Т. А., Гелетука Г. Г. Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні. Частина I. *Біоенергетика*. 2016. № 1 (7). С. 18–22.

18. Гайденок О. М. Технологічний процес заготівлі та використання рослинної біомаси як твердого біопалива: монографія. Київ: Аграрна наука, 2017. 144 с.

#### Bibliografiia

1. Systema vykorystannia bioresursiv u novitnikh biotekhnolohiiakh otrymannia alternatyvnykh palyv: monohrafiia / В. Ya. Blium ta in. Kyiv: Ahrar Media Hrup, 2014. 360 s.

2. Heletukha H. H., Zheliezna T. A., Tryboi O. V. Perspektyvy vyroshchuvannia ta vykorystannia enerhetychnykh kultur v Ukraini. *Analitichna zapyska BAU*. 2014. № 10. 33 s.

3. Didukh M. I. Vyrobnystvo biopalyva: svitovi tendentsii, natsionalni ta rehionalni perspektyvy. *Perspektyvy rozvytku alternatyvnoi enerhetyky na Polissi Ukrainy*. Zhytomyr: ZhNAEU, 2014. S. 8–63.

4. Enerhetychni roslyny yak alternatyva tradytsiinym vydam palyva / O. B. Khivrych ta in. *Ahrobiolohiia*. 2011. Vyp. 6. S. 153–157.

5. Bioenerhetychnyi potentsial lisostepovoï i poliskoi zon Ukrainy ta perspektyvy yoho vykorystannia: monohrafiia / za red. V. I. Ladyky. Sumy: Universytetska knyha, 2009. 304 s.

6. Holub H. A. Problemy tekhniko-tekhnolohichnoho zabezpechennia enerhetychnoi avtonomnosti ahroekosystem *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky*. 2011. Vyp. 7. S. 59–66.

7. Drahnev S. V., Zheliezna T. A., Heletukha H. H. Mozhlyvosti zahotivli pobichnoi produktsii kukurudzy na zerno dlia enerhetychnoho vykorystannia v Ukraini. *Bioenerhetyka*, 2016. № 1 (7). С. 18–22.

8. Antonenko V. O., Zubenko V. I., Epik O. V. Palyvni kharakterystyky stebel kukurudzy ukrainskoho pokhodzhennia. *Promyslova teplo-tekhnika*. 2018. Т. 40. № 3. С. 85–90.

9. Napriamy rozvytku alternatyvnykh dzherel enerhii: Aktsent na tverdomu biopalyvi ta hnuchkykh tekhnolohiiakh yoho vyhotovlennia: monohrafiia / O. S. Polianskyi ta in.: za red. V. I. Diakonova. Kharkiv: KhNUMH im. O. M. Beketova, 2017. 36 s.

10. Zubko V. M., Sokolik S. P. Analiz tekhnolohii ta tekhnichnykh zasobiv dlia vykorystannia vidkhodiv vyrobnystva soniashnyku v yakosti biopalyva. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia*. 2017. № 1 (7). С. 6–10.

11. Geletuha G. G., Zheleznaya T. A., Triboy A. V. Perspektivyi ispolzovaniya othodov selskogo hazyaystva dlya proizvodstva energii v Ukraine. Chast I. *Promyishlennaya teplotehnika*. 2014. Т. 36. № 4. С. 36–41.

12. Geletuha G. G., Zheleznaya T. A., Triboy A. V. Perspektivyi ispolzovaniya othodov selskogo hazyaystva dlya proizvodstva energii v Ukraine. Chast II. *Promyishlennaya teplotehnika*. 2014. Т. 36. № 5, С. 73–80.

13. Heletukha H. H., Zheliezna T. A. Perspektyvy vykorystannia vidkhodiv silskoho hospodarstva dlia vyrobnystva enerhii v Ukraini. *Analitichna zapyska BAU*. 2013. № 7. 20 s.

14. Drahnev S. V., Zheliezna T. A., Heletukha H. H. Mozhlyvosti zahotivli pobichnoi produktsii kukurudzy na zerno dlia enerhetychnoho vykorystannia v Ukraini. *Analitichna zapyska BAU*. 2016. № 16. 51 s.

15. Heletukha H. H., Zheliezna T. A., Drahnev S. V. Analiz mozhlyvostei vyrobnytstva ta vykorystannia bryketiv z ahrobiomasy v Ukraini. *Analitichna zapyska BAU*. 2018. № 20. 48 s.

16. Zheliezna T. A., Drahnev S. V., Heletukha H. H. Mozhlyvosti zahotivli pobichnoi produktsii kukurudzy na zerno dlia enerhetychnoho vykorystannia v Ukraini. *Ekolohiia pidpryiemstva*. 2016. № 7. S. 51–79.

17. Drahnev S. V., Zheliezna T. A., Heletukha H. H. Mozhlyvosti zahotivli pobichnoi produktsii kukurudzy na zerno dlia enerhetychnoho vykorystannia v Ukraini. Chastyna 1. *Bioenerhetyka*. 2016. № 1 (7). S. 18–22.

18. Haidenko O. M. Tekhnolohichniy protses zahotivli ta vykorystannia roslynnoi biomasy yak tverdogo biopalyva: monohrafiia. Kyiv: Ahrarna nauka, 2017. 144 s.

### References

1. The system of using bioresources in the latest biotechnologies for obtaining alternative fuels: monograph / B. Ya. Blum et al. Kyiv: Agrar Media Group, 2014. 360 p.

2. Geletukha G. G., Zhelezna T. A., Tryboy O. V. In Perspectives of Growing and Using Energy Cultures in Ukraine. *Analytical note of BAU*. 2014. No. 10. 33 p.

3. Didukh M. I. Biofuel production: world trends, national and regional perspectives. *Prospects for the development of alternative energy in the Polissya of Ukraine*. Zhitomir: ZNAMEU, 2014. Pp. 8–63.

4. Energy plants as an alternative to traditional fuels / O. B. Khivrich and others. *Agrobiology*. 2011. Issue 6. Pp. 153–157.

5. Bioenergy potential of forest-steppe and Polissya zones of Ukraine and prospects for its use: monograph / ed. V. I. Ladyk. Sumy: University Book, 2009. 304 p.

6. Golub G. A. Problems of technological provision of energy autonomy of agroecosystems. *Collection of scientific works of Vinnitsa National Agrarian University. Series: Technical Sciences*. 2011. Issue 7. Pp. 59–66.

7. Dragnev S. V., Zhelyezna T. A., Geletukha G. G. Possibilities of harvesting of corn corn on the grain for energy use in Ukraine. *Bioenergetics*, 2016. No. 1 (7). Pp. 18–22.

8. Antonenko V. O., Zubenko V. I., Epik O. V. Fuel characteristics of corn stems of Ukrainian origin. *Industrial heat engineering*. 2018. Vol. 40. No. 3. Pp. 85–90.

9. Areas of development of alternative energy sources: Focus on solid biofuels and flexible technologies for its production: monograph / O. S. Polyansky and others: ed. V. I. Dyakonov Kharkiv: KhNUMG named after. O. M. Beketov, 2017. 36 p.

10. Zubko V. M., Sokolik S. P. Analysis of technologies and technical means for the use of sunflower seed waste as biofuel. *Environmental Engineering*, 2017. No. 1 (7). Pp. 6–10.

11. Geletukha G. G., Zhelezna T. A., Tryboy A. V. Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine. Part I. *Industrial heat engineering*. 2014. Vol. 36. No. 4. Pp. 36–41.

12. Geletukha G. G., Zhelezna T. A., Tryboy A. V. Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine. Part II. *Industrial heat engineering*. 2014. Vol. 36, No. 5. Pp. 73–80.

13. Geletukha G. G., Zhelyzensa T. A. Perspectives of using agricultural waste for energy production in Ukraine. *Analytical note of BAU*. 2013. No. 7. 20 p.

14. Dragnev S. V., Zhelyezna T. A., Geletukha G. G. Possibilities of procurement of corn corn for grain for energy use in Ukraine. *Analytical note of BAU*. 2016. No. 16. 51 p.

15. Geletukha G. G., Zhelyzensa T. A., Dragnev S. V. Analysis of the possibilities of production and use of agricultural briquettes from agrobiomas in Ukraine. *Analytical note of BAU*. 2018. No. 20. 48 p.

16. Zhelyezna T. A., Dragnev S. V., Geletukha G. G. Possibilities of harvesting of cereal by-products on corn for energy use in Ukraine. *Ecology of the enterprise*. 2016. No. 7. Pp. 51–79.

17. Dragnev S. V., Zhelyzensa T. A., Geletukha G. G. Possibilities of procurement of corn for grain for energy use in Ukraine. Part I. *Bioenergy*. 2016. No. 1 (7). Pp. 18–22.

18. Gaidenko O. M. Technological process of harvesting and use of plant biomass as solid biofuel: monograph. Kyiv: Agrarian Science, 2017. 144 p.