

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2026-16-1-17>

УДК 631.354.2

О. О. Шокарев, ст. викладач

ORCID: 0009-0008-5675-0376

І. В. Колокольчикова, доцент, професор

ORCID: 0000-0002-5692-0901

М. М. Данченко, канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-7555-6511

О. М. Шокарев, канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-8646-4524

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: alexandr.shokarev@gmail.com

КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЧИСУВАЛЬНО-РІЗАЛЬНОГО МОДУЛЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

Анотація. Визначений загальний критерій ефективності технологічного процесу збирання зернових культур методом обчисування рослин на корені. Процес збирання здійснюється обчисувальним модулем, який складається з обчисувального та різального пристроїв. Технологічний процес збирання складається з обчисування на корені і збирання зерна, а також зрізання та укладки в валок незернової частини. Встановлені цілі та критерії ефективного проведення збирання врожаю (зернової та незернової частини). Встановлені шляхи підвищення ефективності технологічного процесу збирання врожаю при обчисуванні зернових культур на корені.

Наведені фактори, які впливають на надійність обчисувально-різального модуля зернозбирального комбайну.

Критерій ефективності та фактори дають підставу визначити об'єктом подальших досліджень технологічний процес обчисування культур на корені та зрізання, транспортування та укладку в валок зрізаних обчесаних рослин, що збираються, та робочі органи, які здійснюють його. А предметом досліджень визначені взаємозв'язки між конструктивними параметрами, довговічністю, ремонтпридатністю модуля та параметрами культур, що збираються.

Ключові слова: обчисувальний модуль, обчисування рослин на корені, різальний пристрій, критерій, ефективність, фактори, дерево цілей і критеріїв.

Постановка проблеми. Питання зрізання та укладки в валок обчесаних стеблин в технологічному процесі збирання зернових культур методом обчисування рослин на корені залишається відкритим [1]. Обчесані рослини, що залишилися в полі у вигляді незрізаної маси перешкоджають роботі ґрунтообробних машин. При загортанні соломи, яка неподрібнена, в ґрунт, вона сприяє накопиченню в орному шарі нерозкладеної органіки, що негативно впливає на врожайність [2, 4].

Таким чином розробка шляхів та засобів ефективного збору не зернової частини врожаю є актуальною науково-технічною задачею, рішення якої дозволить забезпечити впровадження високоефективних технологій збирання зернових культур методом обчисування рослин на корені.

Аналіз останніх досліджень. Одним з напрямків підвищення ефективності проведення збирання зернових культур методом обчисування рослин на корені є застосування обчисувально – різального модуля зернозбирального комбайну, який складається з обчисувального та різального пристроїв. Експериментальний комбайн з обчисувально – різальним модулем наведено на рисунку 1.

Але для оцінки роботи цього модуля необхідно встановити критерій ефективності спільних збиральних робіт (за один прохід зерно збирального комбайну). У попередніх дослідженнях критерій ефективності встановлювався тільки для різального апарату, окремо від обчисувального пристрою [3, 6, 7].



Рис. 1. Експериментальний комбайн з обчисувально – різальним модулем

Приймаємо критерій ефективності, як кількісно виміряну ціль збиральних робіт. При обґрунтуванні прийнятих рішень ціль можливо виразити одним критерієм тільки в простих випадках. Системне обґрунтування рішень такої умови не передбачає, не передбачає тому, що така умова майже ніколи не виконується. Тому будується цільова функція у вигляді математичного виразу критерію ефективності спільних збиральних робіт. Встановлений критерій ефективності може бути, як оптимізаційним, так і обмежуючим. Цільова функція оптимізаційного критерію повинна мати екстремум, який і є кращий варіант з усіх рішень. Гранично допустимі значення параметрів визначає обмежуючий критерій, який дозволяє вилучити варіанти, які знаходяться поза обмежень [3].

Велике значення при визначенні відповідності критерію ефективності поставленій цілі має рівень узагальнених результатів рішень. На рисунку 2 представлено так зване «дерево цілей і критеріїв» збирання обчесаних на корені, не зрізаних стеблин культур що збираються. На нижньому рівні цілей цього дерева вказані основні показники: кількість машин (N_m), коефіцієнт змінності (K_{zm}), експлуатаційна продуктивність (W_{ek}), затрати праці (Z_p), експлуатаційні витрати (S_{ek}), втрати врожаю (U_v). Але це далеко не всі показники ефективності збиральних робіт.

Продуктивність на одного працівника збирального комплексу (W_p) є інтегральним показником. Цей критерій більш прийнятний при виборі оптимальної кількості зернозбиральної техніки в залежності від виробничо – природних факторів. Критерій продуктивності на одного працівника має екстремум і визначає ціль при дефіциті виконавців. Але цей критерій не враховує грошові витрати на виконання збиральних робіт.

За критерій, який враховує грошові витрати, приймаємо приведені витрати ($S_{np} \rightarrow \min$) на одиницю виконаних робіт. Цей критерій, як цільова функція, використовується і під час проектування нових виробничих процесів, так і при плануванні та організації під час вдосконалення вже діючого виробничого процесу. Проводимо оптимізацію мінімізації приведених витрат. Але цей критерій не вказує впливу всього зернозбирального комплексу на кінцеву ціль, а це весь зібраний врожай.

З усіх приведених критеріїв, загальним критерієм є ефективність праці (E_p , грн./ люд.-год.), який дає інформацію для оцінки машин, технологій і процесів зі збирання врожаю.

$$E_n = \frac{(Q_m \cdot T - T \cdot U_v) \cdot (C_o - S_{ek})}{Z_n} \rightarrow \max, \quad (1)$$



де

$$U_g = Q_m \cdot \frac{g_g}{100}, \quad (2)$$

- E_n – ефективність праці, грн./люд.-год.;
- U_g – втрати продукції, кг/год.;
- T – час роботи комбайна, год.;
- Q_m – продуктивність різального пристрою, кг/год.;
- g_g – відсоток втрат незернової частини врожаю, %;
- C_o – вартість незернової частини врожаю, грн./кг.;
- S_{ek} – експлуатаційні витрати, грн./кг.;
- Z_n – затрати праці, люд.-год.

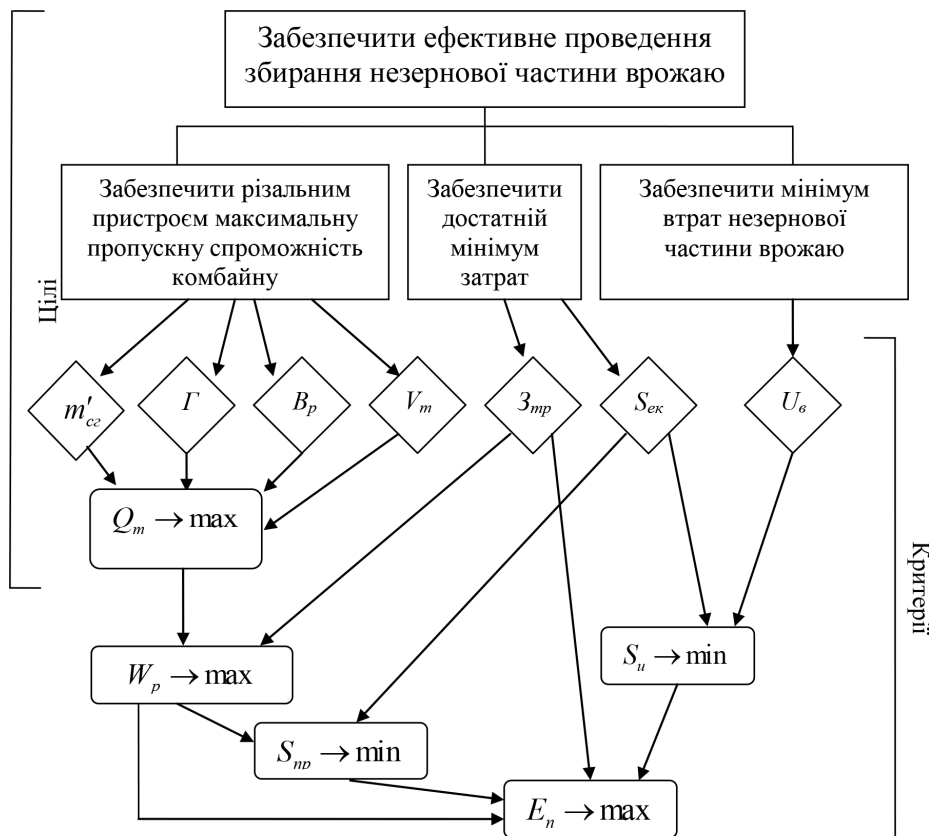


Рис. 2. Дерево цілей і критеріїв збирання незернової частини врожаю після обчислення рослин на корені

Вибір критерію залежить від обставин, пов'язаних з виробничою ситуацією.

При дефіциті часу, наприклад при проведенні збирання врожаю, коли важливо зменшити втрати зерна від самоосипу, проводимо оптимізацію за мінімумом затрат праці ($Z_n \rightarrow \min$). При дефіциті робочої сили проводимо оптимізацію за максимумом продуктивності ($W_{np} \rightarrow \max$).

Якщо більш суттєвою є економія коштів, то оптимізацію можна проводити за мінімумом приведених витрат на одиницю продукції ($S_{np} \rightarrow \min$). При цьому важливим фактором, який впливає на приведені витрати на одиницю продукції, є вартість машин, які розробляються для всього збирального комплексу.

Продуктивність різального пристрою визначаємо як:

$$Q_m = m'_{CT} \cdot \Gamma \cdot B_p \cdot V_M, \quad (3)$$



де

m'_{CT} – маса однієї обчесаної стеблини, кг;
 Γ – густина стеблостою, шт./м²;
 B_p – ширина захвату різального пристрою, м;
 V_M – швидкість комбайна, м/год.

Тоді:

$$E_n = \frac{\left[m'_{CT} \cdot \Gamma \cdot B_p \cdot V_M \cdot T \left(1 - \frac{g_s}{100} \right) \right] \cdot (C_o - S_{ek})}{Z_n} \rightarrow \max. \quad (4)$$

Постановка завдання. Дана стаття присвячена обґрунтуванню загального критерію ефективності збирання всього врожаю, як зерна так і незернової частини врожаю, а також встановленню факторів, які впливають на ефективність роботи обчисувального модуля.

Основна частина. За таким же алгоритмом, як для визначення критерію ефективності різального пристрою проводимо обґрунтування загального критерію ефективності збирання всього врожаю, як зерна так і незернової частини врожаю, а також встановлюємо фактори, які впливають на ефективність роботи обчисувального модуля.

Будуємо дерево цілей і критеріїв (рис. 3). Приймаємо умови, що збирання зерна і обчесаних стеблин проводимо за один прохід комбайну обчисувального типу. Обчисування рослин і зріз обчесаних стеблин здійснюється обчисувальним модулем, який складається з обчисувального [8, 14] та різального пристроїв [8, 9, 10, 11, 12, 13].

Ширина захвату обчисувального пристрою B_{po} дорівнює ширині захвату різального пристрою B_{pp} . В подальшому для розрахунків приймаємо B_m – ширина захвату обчисувального модуля, яка дорівнює і ширині захвату обчисувального пристрою і ширині захвату різального пристрою.

Тоді ефективність праці при обчисуванні рослин на корені з одночасним збиранням обчесаних рослин має вигляд:

$$E_n = B_p \cdot V_M \cdot \frac{\left[Y_3 \cdot \frac{(1 - q_3)}{100} \cdot (C_0 - S_{eko}) + m'_{ce} \cdot z \cdot \frac{(1 - q_{cm})}{100} \cdot (C_q - S_{ekp}) \right]}{m}, \quad (5)$$

де

E_n – ефективність праці, грн./люд.-год.;
 B_m – ширина захвату обчисувального модуля, м;
 m'_{ce} – маса однієї обчесаної стеблини, кг;
 Γ – густина стеблостою, шт./м²;
 Y_3 – врожайність культури, що збирається, кг/м²;
 V_M – швидкість комбайна, м/год.;
 q_3 – відсоток втрат зерна, %;
 q_{cm} – відсоток втрат незернової частини врожаю, %;
 C_0 – вартість зерна, грн./кг;
 C_q – вартість незернової частини врожаю, грн./кг;
 S_{eko} – експлуатаційні витрати на збиранні зерна, грн./кг;
 S_{ekp} – експлуатаційні витрати на збиранні незернової частини врожаю, грн./кг;
 m – кількість людей, зайнятих на збиранні врожаю, люд.

На підставі розробленого дерева цілей і критеріїв бачимо, що підвищення ефективності технологічного процесу збирання зернових культур методом обчисування на корені можливе:

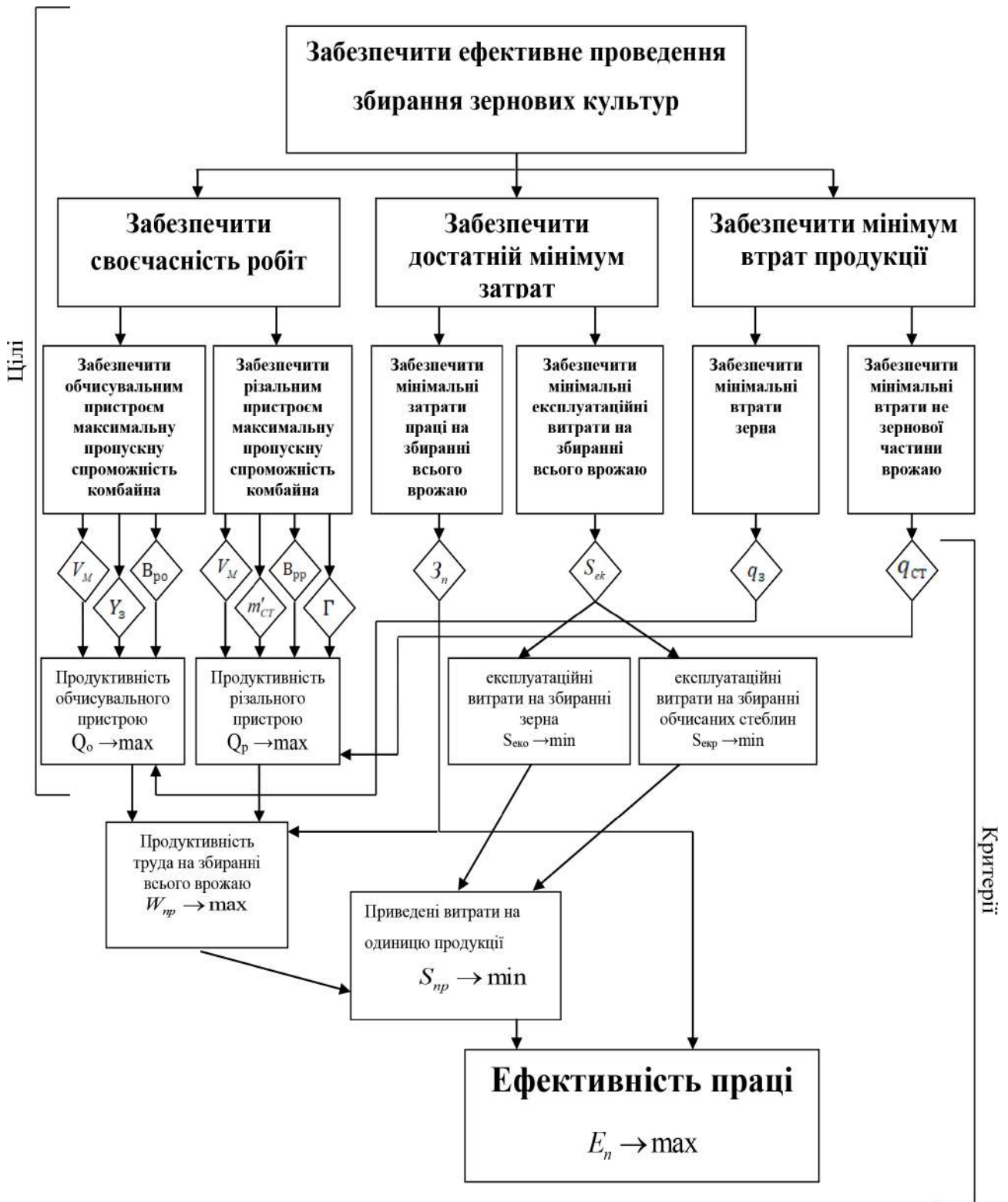


Рис. 3. Дерево цілей і критеріїв збирання врожаю зернових культур методом обчисування рослин на корені

– забезпечивши підвищення продуктивності обчисувального модуля за рахунок конструктивних параметрів, як обчисувального пристрою так і різального пристрою, в тому числі і транспортуючого механізму, а також за рахунок підвищення рівня безвідмовності пристрою;



– мінімізувавши затрати на технічне обслуговування та ремонт, які є складовими приведених витрат ($S_{np} \rightarrow \min$). Мінімізація затрат можлива за рахунок підвищення рівня довговічності та ремонтпридатності;

– мінімізувавши втрати при збиранні [$g_e \rightarrow \min$] за рахунок вдосконалення конструкції робочих органів, як обчисувального барабану, так і різального пристрою, а також за рахунок зменшення інтенсивності зносу поверхонь обчисувальних гребінок, так і граблин транспортуючого механізму.

Розглянемо надійність різального пристрою, як складову технологічної та технічної надійності.

Властивостями технологічної надійності є: ступінь зрізу обчесаних стеблин зернових культур, які надходять в зону зрізання після обчисувального пристрою в похилому стані; ступінь стеблин, які зрізали та вклали на транспортуючий механізм і які потрапили в валок; здатність створеного валка до підбору діючим комплексом машин для збирання незернової частини врожаю; напрацювання різального пристрою.

Властивостями технічної надійності є: безвідмовність, ремонтпридатність; збереженість та довговічність різального пристрою [3, 4, 5].

В свою чергу властивостями довговічності різального пристрою є: зносостійкість, витривалість деталей та зчеплення нероз'ємних з'єднань різального пристрою.

Ефективність технічних систем визначають за такими факторами, як спосіб використання, умови функціонування, якість.

Фактори, які впливають на надійність різального пристрою:

- фізико-механічні властивості культур, що збираються;
- конструктивні параметри та якість технологічного процесу виготовлення різального пристрою;
- режими роботи, організація та технологія ТО, зберігання та ремонту пристрою, а також спосіб відновлення деталей пристрою.

Висновки. Встановлені загальний критерій ефективності збирання всього урожаю обчисувальним модулем зернозбирального комбайну обчисувального типу (ефективність праці) та фактори, які впливають на надійність модуля. Критерій ефективності та фактори дають підставу визначити об'єктом подальших досліджень технологічний процес обчисування культур на корені та зрізання, транспортування та укладку в валок зрізаних обчесаних рослин, що збираються, та робочі органи, які здійснюють його. А предметом досліджень визначені взаємозв'язки між конструктивними параметрами, довговічністю, ремонтпридатністю модуля та параметрами культур, що збираються.

Список використаних джерел

1. Шегеда К. О., Шокарев О. М., Шокарев О. О. Механіко-технологічні особливості взаємодії обчесаних стебел з робочими органами різального пристрою Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь : ТДАТУ, 2015. Вип. 15, т. 3. 360 с.

2. Шегеда К. О., Шокарев О. М., Данченко М. М. *Кінематичний аналіз транспортуючого механізму різального пристрою комбайна обчисувального типу* Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенко. Технічні науки. Вип. 156. Харків, 2015.

3. Шегеда К. О., Шокарев О. М., Шегеда А. В. Критеріальний підхід до проблеми ефективності збирання незернової частини врожаю. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, Вип.2, Т.3. – Мелітополь : ТДАТУ, 2012.

4. Sheheda K., Shokarev O., Kiurchev S., Danchenko M., Mykhailova L. (2021). Results of research of combine harvester cutterbar. *Engineering for Rural Development*. Vol. 20. P. 1632–1637. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF350



5. Shokarev O., Kiurchev S., Shokarev O., Rud A., Gorbovy O. Results of experimental research in separator dielectric aspiration channel. *Engineering for Rural Development*. Vol. 20. 2021. P. 1611–1616. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF346

6. Данченко М. М., Шокарев О. М. Экономическая эффективность от внедрения в производство комбайна очесывающего типа. *Праці / Таврійська державна агротехнічна академія*. Вип. 1, Т. 15. Мелітополь : ТДАТА, 2000.

7. Шокарев О. М., Данченко М. М. Технічні вимоги до різального пристрою рисозбирального комбайна очисувального типу та його польові дослідження. *Праці / Таврійська державна агротехнічна академія*. Вип. 1, Т. 18. Мелітополь : ТДАТА, 2001.

8. Шокарев О. М. Збирання незернової частини врожаю комбайном очисувального типу. *Праці / Таврійська державна агротехнічна академія*. Вип. 1, Т. 22. Мелітополь : ТДАТА, 2001.

9. А.С. 1601971 СССР, Режущее устройство сельскохозяйственных машин. / Шокарев А. Н. и др./ Б.И. 1990 № 20.

10. Різальний апарат сільськогосподарської збиральної машини. Патент України на корисну модель № 157103, опубл. 11.09.2024, бюл. № 37/2024/ Шокарев О. О., Шегеда К. О., Шокарев О. М., Кюрчев С. В., Шегеда А. В.

11. Ріжучий пристрій з активним валкоутворювачем. Патент України на корисну модель № 157108, опубл. 11.09.2024, бюл. № 37/2024/ Шокарев О. О., Шегеда К. О., Шокарев О. М., Кюрчев С. В., Данченко М. М.

12. Ріжучий пристрій сільськогосподарських машин. Патент України на корисну модель № 157088, опубл. 11.09.2024, бюл. № 37/2024/ Шокарев О. О., Шегеда К. О., Шокарев О. М., Кюрчев С. В.

13. Ріжучий пристрій сільськогосподарської збиральної машини. Патент України на корисну модель № 157084, опубл. 11.09.2024, бюл. № 37/2024 / Шокарев О. О., Шегеда К. О., Шокарев О. М., Кюрчев С. В., Шегеда А. В.

14. А.С 1165278 СССР, Устройство для обмолота сельскохозяйственных культур на корню. /Голубев И. К., Гончаров Б. И./ Б.И. 1985. № 25.

Дата першого надходження статті до видання: 19.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



O. Shokarev, I. Kolokolchikova, M. Danchenko, O. Shokarev
Dmytro Motornyi Tauria State Agrotechnological University

EFFICIENCY CRITERION OF THE STRIPPER-CUTTING MODULE OF A GRAIN COMBINE HARVESTER

Summary

The general efficiency criterion for the technological process of harvesting grain crops using the method of stripping standing plants is determined. The harvesting process is carried out by a stripper module, which consists of stripping and cutting devices. The technological harvesting process comprises stripping standing crops and harvesting grain, as well as cutting and laying the non-grain part into a windrow.

The goals and criteria for efficient harvesting (of both grain and non-grain parts) are established. Ways to improve the efficiency of the technological harvesting process when stripping standing grain crops are identified.

The factors influencing the reliability of the stripper-cutting module of the grain combine harvester are presented.

The efficiency criterion and factors provide a basis for defining the object of further research as the technological process of stripping standing crops, and the cutting, transporting, and windrowing of the harvested stripped plants, as well as the working bodies that perform these operations.

The subject of the research is defined as the relationships between the design parameters, durability, and maintainability of the module and the parameters of the harvested crops.

Keywords: stripper module, stripping of standing plants, cutting device, criterion, efficiency, factors, tree of goals and criteria.