

Передумови до обґрунтування швидкості руху льонозбирального комбайнового агрегату

Розглянуто та досліджено розмірно-масові і кількісні характеристики стебел і стеблостою льону-довгунця для визначення секундної подачі лляної маси в комбайн та швидкості його руху.

Ключові слова: льон-довгунець, стебло, діаметр, висота, маса, густина, коробковість, комбайн, швидкість.

Суть проблеми. Серед способів збирання льону-довгунця в сучасних умовах знаходить застосування і комбайнове збирання [1, 2]. Ефективність такого збирання, крім іншого, визначається обґрунтованістю експлуатаційних режимів використання відповідних машин, за допомогою яких можна реалізувати комбайнову технологію. А тому дуже важливо знати методологічні засади, що супроводжують вибір та визначення швидкості льонозбиральних комбайнів, як одного з основних чинників в проблемі підвищення ефективності використання машин на збиранні льону-довгунця.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Дослідженнями льонозбиральних комбайнів, що пов'язані з оцінюванням їх швидкості руху, займалися Н.М. Биков, А.Ю. Горбовий, О.Я. Дюртеєва, М.М. Ковальов, О.О. Налобіна, Л.А. Сулима, Г.А. Хайліс, В.О. Шейченко та ін. Робоча швидкість комбайнового агрегату має бути не більшою від швидкості $v_{р.пс}$ (км/год), що зумовлена і обмежена пропускною спроможністю комбайна [3]:

$$v_{р.пс} \leq 360 q_d / (U_{лд} \cdot b_p), \quad (1)$$

де q_d – пропускна спроможність комбайна, кг/с; $U_{лд}$ – урожайність насіннесоломистої маси льону-довгунця, що надходить в комбайн, ц/га; b_p – робоча ширина захвату комбайна, м.

Пропускна спроможність комбайна визначає секундна подача q_c (кг/с) насіннесоломистої лляної маси в машину:

$$q_c = (m_{ск} \Gamma_{ст} b_p v_p) / 3600, \quad (2)$$

де $m_{ск}$ – маса необчисаного стебла льону-довгунця (маса стебла з насінними коробочками), г; $\Gamma_{ст}$ – густина стеблостою льону-довгунця перед збиранням, шт./м²; v_p – робоча швидкість комбайнового агрегату, км/год.

Робочу швидкість комбайнового агрегату можна з деяким спрощенням визначити за формулою [4]:

$$v_p = 3,6 \cdot 10^4 q_c / (u_{тс} h_c p_c), \quad (3)$$

де $u_{тс}$ – маса розстеленої на 1 га льоносоломи, т/га; h_c – загальна висота стебла, мм; p_c – розтягнутість стрічки розстеленої комбайном соломи.

Масу розстеленої на 1 га льоносоломи можна визначити за формулою:

$$u_{тс} = 10 m_c \Gamma_{ст} b_p / (h_c p_c), \quad (4)$$

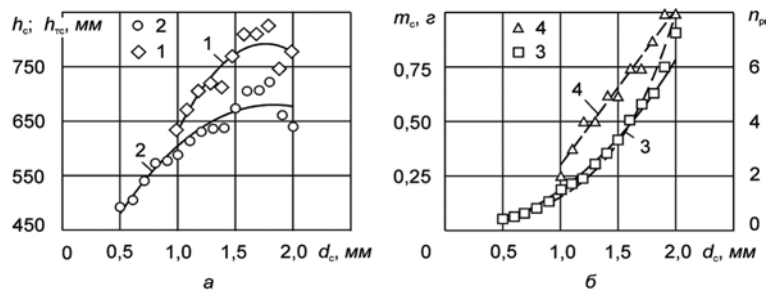


Рис. 1 – Зміна (а) загальної h_c (1) і технічної $h_{тс}$ (2) висоти стебла та (б) його маси m_c (3) без насінних коробочок і числа розгалужень $n_{пр}$ (4) на стеблі залежно від діаметра d_c стебла (за матеріалами М.О. Лазаркевича [5])

де m_c – маса обчисаного стебла льону-довгунця, г.

Маса стебла льону довгунця залежить від його розмірів та густоти стеблостою. За дослідженнями багатьох науковців (П. Алфіменкова, Т.А. Бунтуш, А.В. Вікторової, З.М. Жужікової, А. Івановського, В.С. Ліхман, П.А. Некрасова, А. Плотнікова та ін.) маса і діаметр стебла, його загальна і технічна висота та число коробочок на стеблі в міру загушення посівів зменшуються. Проте характер цього зменшення чи відповідні кількісні зміни дослідниками не з'ясовані.

З використанням даних, наведених у праці [5], побудовано графіки (рис. 1) зміни загальної (1) і технічної (2) висоти та маси (3) стебла і числа розгалужень (4) на ньому залежно від діаметра рослин.

Апроксимація експериментальних даних показала, що зміна загальної і технічної висоти стебел залежно від їх діаметра задовільно ($R^2 = 0,851$ і $0,909$) описується випуклими параболоми другого порядку, і найбільшу висоту мають стебла товщиною від 1,5 до 1,8 мм. Зміну маси обчисаного стебла залежно від діаметра можна описати зростаючими степеневію ($R^2 = 0,990$) або ж експоненціальною ($R^2 = 0,986$) функціями. На рис. 1, б степенева крива показана суцільною лінією, а експоненціальна – пунктирною. Найкраще описується зростання числа розгалужень на стеблі із збільшенням його діаметра за рівнянням прямої ($R^2 = 0,975$).

М.О. Лазаркевич [5] та Т.А. Бунтуш і В.С. Ліхман [6] стверджують, що із загушенням стеблостою льону-довгунця зростає число непродуктивних стебел. Проте характер цього зростання не з'ясований, що утруднює оцінювання зміни маси стебел залежно від густоти їх стояння.

Деякі із залежностей, що оцінюють зв'язок розмір-

но-масових характеристик стебел льону-довгунця та їх зміну з урахуванням густоти стеблостою висвітлені у працях [7, 8]. Проте для з'ясування зв'язку між масою стебла і густотою стеблостою льону-довгунця перед збиранням, що є одним із визначальних при обґрунтуванні і виборі швидкості руху ЛЗКА, потрібне узагальнення накопичених дослідних даних та проведення подальших наукових пошуків.

Мета дослідження – підвищити ефективність використання ЛЗКА шляхом визначення раціональних швидкостей руху комбайнів.

Завдання дослідження:

1) узагальнити наукові дані про кількісні зв'язки між діаметром та висотою стебел і густотою стеблостою льону-довгунця, діаметром і висотою, висотою і діаметром стебел, масою обчисаного стебла і його висотою та діаметром;

2) проаналізувати зміну маси обчисаного стебла, частки непродуктивних стебел, коробковості, маси технічної частини стебла та насіння на ньому залежно від густоти стеблостою;

3) оцінити масу стебла з насінням за його урожайністю і соломи з урахуванням густоти стеблостою і дослідити зміну маси стебла з насінними коробочками залежно від густоти стеблостою;

4) окреслити застосовуваність з'ясованих залежностей для визначення швидкості руху ЛЗКА.

Об'єкт і методика дослідження. Об'єктами дослідження були розмірно-масові характеристики стебел та стеблостій льону-довгунця. Оцінювали висоту і діаметр та масу стебел, а також густоту та частку непродуктивних стебел в стеблості і його коробковість. Показники визначали за методикою колишнього Всесоюзного науково-дослідного інституту льону оцінюючи середовище використання ЛЗКА. Для вирішення поставлених завдань використані результати раніше проведених власних досліджень та експериментальні дані Л.Д. Фоменка [9, 10, 11] про масу необчисаних стебел льону-довгунця та його густоту.

За урожайністю (масою) соломи і насіння з 1 га та густотою (шт./м²) стеблостою, що формує відповідну урожайність [5], визначали масу одного стебла з насінням. При цьому використали дві статистичні вибірки, одержані під час оцінювання середовища функціонування ЛЗКА на збиранні виробничих посівів льону-довгунця та зроблені за матеріалами різних дослідників [4].

З використанням даних В.Е. Земіт [12] за кількістю насінин на одній рослині і абсолютною масою 1000 насінин вели розрахунок маси насіння на 1 стеблі залежно від густоти рослин (шт./м²).

Обробку зібраних і опрацьованих експериментальних даних виконано на засадах математичної статистики та з використанням стандартних комп'ютерних програм.

Результати досліджень. На рис. 2 наведено графіки зміни діаметра d_c (1) і висоти h_c (4) стебел залежно від густоти стеблостою Γ_{ct} перед збиранням [7]. Наведена на рисунку зміна досліджуваних ознак залежно від густоти стеблостою описується рівняннями гіпербол, за асимптотами яких із загушенням стеб-

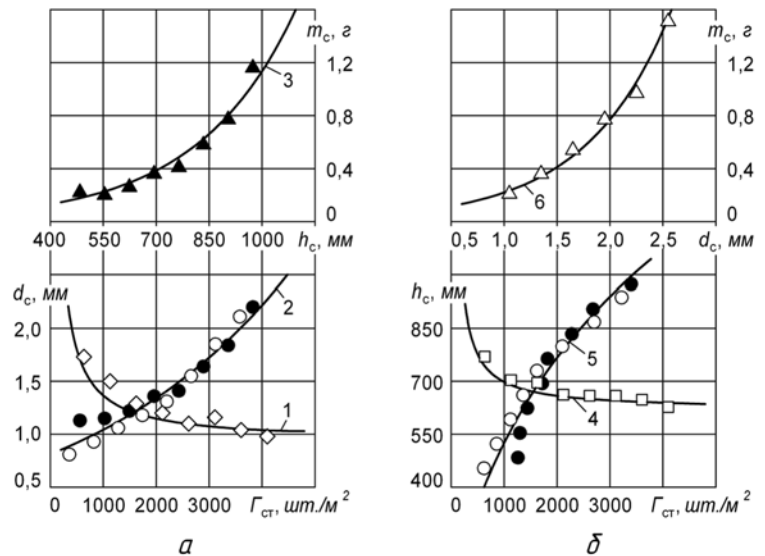


Рис. 2 – Зміна (а) діаметра стебла d_c залежно від густоти стеблостою Γ_{ct} (1) і висоти стебла h_c (2), маси обчисаного стебла m_c (3) від його висоти h_c та вплив (б) густоти стеблостою Γ_{ct} на зміну висоти стебла h_c (4) і висоти стебла h_c (5) від його діаметра d_c , діаметра стебла d_c на масу необчисаного стебла m_c (6)

лостою діаметр стебел зменшується до 0,93 мм, а висота – до 620 мм. З підвищенням густоти стеблостою понад 2000 шт./м² інтенсивність зменшення діаметра і висоти стебел значно уповільнюється. Із збільшенням висоти стебел h_c їх діаметр d_c (2) зростає за законом експоненціальної функції [8], а збільшення діаметра стебел викликає сповільнене зростання їхньої висоти 5, що в досліджуваних межах можна описати випуклою параболою другого порядку. Маса обчисаних стебел (криві 3 і 6) із збільшенням висоти і діаметра стебел зростає за експоненціальними залежностями [8].

За характером зміни діаметра і висоти стебел залежно від збільшення густоти стеблостою та з'ясованою зміною діаметра стебел від їх висоти і маси стебел від їх висоти та діаметра можна передбачити, що в міру загушення стеблостою маса стебла повинна спочатку інтенсивно зменшуватися, а потім, сягаючи якогось значення, з подальшим загушенням стеблостою має стабілізуватися внаслідок різної інтенсивності зменшення діаметра і висоти стебла.

Проаналізуємо зміну маси стебла залежно від густоти стеблостою, скориставшись виявленими залежностями $m_c = f(d_c)$ і $d_c = f(\Gamma_{ct})$ та $m_c = f(h_c)$ і $h_c = f(\Gamma_{ct})$. Для цього у рівняння [8]

$$m_c = 0,0624 \exp(1,2564 d_c)$$

підставимо значення діаметра d_c стебла, закономірність зміни якого залежно від густоти стеблостою Γ_{ct} описується рівнянням [7]

$$d_c = 0,93 + 543,85 / \Gamma_{ct},$$

і одержимо

$$m_c = 0,0624 \exp(1,168452 + 683,29314 / \Gamma_{ct}). \quad (5)$$

Далі у рівняння [8]

$$m_c = 0,031 \exp(0,0036 h_c)$$

підставимо значення висоти h_c стебла, закономірність зміни якої залежно від густоти стеблостою Γ_{ct} опису-

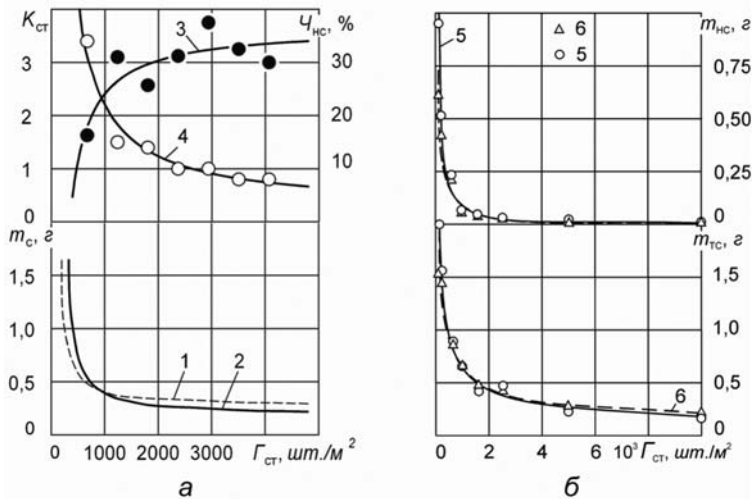


Рис. 3 – Зміна (а) маси m_c (1 і 2) обчисаного стебла, частки непродуктивних стебел Ch_{ct} (3) і коробковості стеблостою K_{ct} (4) залежно від його густоти Γ_{ct} та вплив (б) густоти стеблостою Γ_{ct} на масу технічної частини стебла m_{tc} і насіння на стеблі m_{nc} : 1 – побудовано за зміною висоти h_c стебла; 2 – побудовано за зміною діаметра d_c ; 5 і 6 – сорти льону-довгунця відповідно 806₃ і «Прядильщик» (за даними В.Е. Земіт [12])

ється рівнянням [7]:

$$h_c = 619,8 + 97647,9 / \Gamma_{ct}.$$

Матимемо:

$$m_c = 0,031 \exp(2,23128 + 351,53244 / \Gamma_{ct}). \quad (6)$$

З використанням формул (5) і (6) побудовані графіки зміни маси стебла m_c залежно від густоти стеблостою Γ_{ct} , які наведені на рис. 3, а.

Сумісний аналіз кривих 1 і 2 (рис. 3, а) свідчить, що за певного значення густоти стеблостою аналізовані криві перетинаються. До точки перетину інтенсивніше зменшується маса стебла за умови зменшення його висоти у порівнянні зі зменшенням діаметра, які спричинюють зростання густоти стеблостою. За точкою перетину інтенсивніше зменшується маса стебла зі зменшенням діаметра стебла у порівнянні із зменшенням його висоти. Перетин кривих є свідченням відповідної взаємодії діаметра і висоти стебла щодо впливу на його масу. За інформацією М.О. Лазаркевича [5], висушені на повітрі стебла товщиною 2,0 мм виявилися у 17 разів важчі, ніж стебла товщиною 0,5 мм. З наведених кривих видно, що зміна густоти стеблостою, яка перевищує 2000 шт./м², чинить незначний вплив на масу стебла.

З'ясуємо зміну маси насіння на окремому стеблі залежно від їх густоти. Частка непродуктивних стебел в стеблості Ch_{ct} (крива 3 на рис. 3, а) в міру його загушення зростає з поступовим зниженням інтенсивності зростання. Відповідно коробковість стеблостою K_{ct} (крива 4 на рис. 3, а) із збільшенням його густоти зменшується за гіперболічною залежністю [7]. За такої поведінки досліджуваних параметрів стеблостою маса насіння на окремому стеблі в міру їх збільшення на 1 кв. м має зменшуватися. Це підтверджують опрацьовані експериментальні дані В.Е. Земіт [12], наведені на рис. 3, б. На цьому ж рисунку наведені криві зміни технічної висоти стебел залежно від густоти стеблостою.

Вище висвітлені результати наших досліджень щодо характеру зміни висоти стебел залежно від їх густоти збігаються з опрацьованими експериментальними даними В.Е. Земіт. Криві, наведені на рис. 3, б, являють степеневі залежності, ступінь наближення яких до експериментальних даних оцінюється R^2 -коефіцієнтом, що набував значення в межах 0,939-0,983.

При з'ясуванні характеру зміни маси власне стебла і насіння на ньому залежно від густоти стеблостою з використанням статистичних вибірок, зроблених за даними аналізу стеблостоїв з виробничих посівів льону-довгунця та одержаних на підставі опрацювання матеріалів різних дослідників, вирівнювання одержаних експериментальних даних здійснено шляхом їх апроксимації рівняннями прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами, степеневі і логарифмічної функцій та експоненціальної і гіперболічної залежностей. Найкраще наближення експериментальних даних результативної ознаки, визначеної за виробничими посівами, до апроксимуючої функції забезпечило їх вирівнювання за гіперболічною залежністю ($R^2 = 0,984$). Що стосується даних, одержаних в результаті опрацювання матеріалів різних дослідників, то краще наближення експериментальних даних до вирівнюючої функції забезпечило вирівнювання за прямолінійною залежністю ($R^2 = 0,959$). У разі вирівнювання за гіперболічною залежністю $R^2 = 0,887$. Нанесення на графік (рис. 4) експериментальних значень густоти стеблостою і відповідних їм значень маси стебел з насінням засвідчило про можливість і доцільність вести пошук характеру зменшення результативної ознаки за матеріалами обох вибірок шляхом їх об'єднання. Розраховане рівняння регресії описується гіперболічною залежністю вигляду:

$$m_{ch} = 0,0946 + 350,583 / \Gamma_{ct} \text{ при } R^2 = 0,939. \quad (7)$$

Крива, що побудована за рівнянням (7), наведена на рис. 4. За першим членом рівняння (7), що являє асимптоту гіперболи, та наведеною кривою (1; 2) виразно простежується, що в міру зростання густоти стеблостою маса стебла з насінням сягає асимптотичного значення, яке становить близько 0,1 г. За літературними джерелами, для забезпечення належних виходу і якості

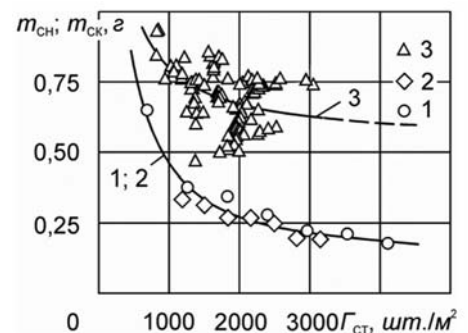


Рис. 4 – Зміна маси стебла з насінням m_{ch} (крива 1; 2) і з насінними коробочками m_{nc} (крива 3) залежно від густоти стеблостою Γ_{ct} перед збиранням: 1 – за дослідженнями стеблостою льону-довгунця з виробничих посівів; 2 – з використанням даних різних дослідників з оцінювання урожайності насіння і соломи льону-довгунця та його густоти перед збиранням; 3 – на підставі експериментальних даних Л.Д. Фоменка при дослідженні ефективності агротехнічних прийомів і заходів з вирощування і збирання льону-довгунця різних сортів в різних ґрунтових умовах

волокна діаметр стебел соломи льону-довгунця не повинен перевищувати 1,5 мм. За такого діаметра маса обчислених стебел має бути зосереджена в діапазоні менших її значень (крива 6 на рис. 2, б).

На рис. 2 і рис. 3, а чисельні значення маси стебел визначають власне масу стержня стебла без урахування маси насінних коробочок з насінням та гілок, на кінцях яких розташовані коробочки з насінням. У цьому повідомленні таку масу позначаємо m_c , а її чисельне значення слід використовувати для оцінювання норми розстилання соломи в т/га при росяному її мочінні. На рис. 4 (крива 1; 2) і у рівнянні (7) наведена маса стебла з насінням, яку передбачено позначати $m_{сн}$.

Під час кількісного оцінювання лляної маси, що надходить під час брання льону-довгунця в комбайн, необхідно визначити масу стебла з урахуванням числа розгалужень на ньому та кількості насінних коробочок з насінням, що розташовані на рослині. За експериментальними даними Л.Д. Фоменка [9, 10, 11], опрацьоване кореляційне поле «маса стебла з насінними коробочками» – «густота стеблостою перед збиранням» включало 104 пари досліджуваних ознак (рис. 4), розподіл маси стебел мав від'ємні асиметрію і ексцес з показниками мінус 0,19 і мінус 0,62, а відношення показників асиметрії і ексцесу до своїх помилок становили відповідно 0,79 і 1,29. Розподіл густоти стеблостою мав додатну асиметрію з показником 0,027 і від'ємний ексцес з показником мінус 0,55, а відношення цих показників до своїх помилок становили відповідно 0,11 і 1,14. Перевірку узгодженості досліджуваних емпіричних розподілів з нормальним законом здійснили з використанням χ^2 -критерію. Спостережуваний χ^2 -критерій для розподілів маси стебел і густоти стеблостою становив відповідно 2,37 і 1,16. За таблицями квантилів χ^2 -розподілу на рівні значущості 0,05 і числа ступенів вільності 2 критичний χ^2 -критерій дорівнює 5,99. Оскільки спостережувані χ^2 -критерії менші критичного, то відсутні підстави для відхилення нульової гіпотези про нормальний закон розподілу досліджуваних ознак.

Дослідження показали, що між масою стебел і густотою стеблостою існує від'ємний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції мінус 0,235 у разі кореляційного відношення маси стебел за густотою стеблостою 0,685. Порівняння визначених показників кореляційного зв'язку дає підставу стверджувати, що з підвищенням густоти стеблостою маса стебла з розгалуженнями, насінними коробочками і насінням $m_{ск}$ зменшується за криволінійною залежністю. У разі вирівнювання експериментальних значень $m_{ск}$ рівняннями експоненти, прямої, степеневі і логарифмічної функцій та увігнутої параболі другого порядку R^2 -коефіцієнт набуває значення відповідно 0,075; 0,099; 0,119; 0,146 та 0,271. З урахуванням з'ясованих зв'язків $m_c = f(\Gamma_{ст})$ і $m_{сн} = f(\Gamma_{ст})$ є підстави уточнити характер зміни $m_{ск}$ залежно від $\Gamma_{ст}$ [13]. Вважаємо, що цю зміну доцільно апроксимувати рівнянням гіперболи вигляду

$$m_{ск} = 0,545 + 244,271 / \Gamma_{ст} \quad \text{при } R^2 = 0,189, \quad (8)$$

де $m_{ск}$ – маса стебла з розгалуженнями, насінними коробочками і насінням, множина яких визначає лляну

масу, що надходить в комбайн під час брання льону-довгунця, g ; $\Gamma_{ст}$ – густота стеблостою перед збиранням, шт./м²; R^2 – коефіцієнт, що характеризує вірогідність апроксимації і міру наближення апроксимованих значень $m_{ск}$ до експериментальних.

За рівнянням (8) побудовано криву 3, що наведена на рис. 4. Сумісний аналіз цієї кривої з кривою (1; 2) на рис. 4, кривими 1 і 2 та 5 і 6 на рис. 3 свідчить, що для забезпечення одного з найменших значень маси стебел густота стеблостою має бути в межах 2000 шт./м². Це не суперечить висновкам, наведеним у праці [13].

При здійсненні експлуатаційних розрахунків з визначення швидкості ЛЗКА за формулами (1) і (3) та з'ясування можливої маси льоносолами [формула (4)], яку розстеляють на льонищі при росяному її мочінні, слід використовувати відшукані кореляційно-регресійні моделі зміни маси стебел льону-довгунця залежно від густоти стеблостою.

Висновки. Діаметр і висота стебел льону-довгунця з підвищенням густоти стеблостою зменшуються за законом гіперболи. Діаметр стебел з підвищенням їх висоти зростає за експоненціальною залежністю, а зміну висоти стебел залежно від діаметра можна описати випуклою параболою другого порядку. Маса обчисленого стебла залежно від його висоти і діаметра зростає за експоненціальними залежностями, а залежно від густоти стеблостою зменшується за такою ж залежністю. Маса насіння на стеблі залежно від густоти стеблостою зменшується за степеневою функцією. Зміна маси стебла з розгалуженнями, насінними коробочками і насінням залежно від густоти стеблостою описується гіперболічною функцією. Інтенсивність зменшення діаметра, висоти та маси насіння на стеблі і стебел залежно від густоти стеблостою значно уповільнюється з підвищенням густоти стеблостою понад 2000 шт./м². Одержані кореляційно-регресійні моделі зміни розмірно-масових характеристик стебел залежно від густоти стеблостою рекомендовано використовувати для організації льонозбирального процесу.

Напрямок подальших розвідок, на нашу думку, слід зосередити на оцінюванні енергетичних властивостей льонозбиральних комбайнів та проектуванні сушильно-переробних пунктів лляного вороху.

Список літератури

1. Гілязетдінов Р.Н. Сучасний стан механізації збирання льону-довгунця в Україні та перспективи розвитку / Р.Н. Гілязетдінов // Актуальні питання розвитку галузей льонарства та коноплярства: матеріали наук.-техніч. конф. молодих вчених (м. Глухів, 7 грудня 2006 р.) – Суми: «Ноте бене», 2007. – С. 49-53.
2. Шейченко В.О. Льонозбиральна техніка: проблеми та перспективи розвитку / В.О. Шейченко // Вісн. аграр. науки. – 2010. – № 5. – С. 60-65.
3. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка: [учеб. пособ. для студ. ф-тов механизации с. х. высш. с.-х. учеб. завед.] / Фере Н.Э., Бубнов В.З., Еленев А.В., Пильщиков Л.М. – М.: Колос, 1978. – 256 с.
4. Лімонт А.С. Параметри льонозбирального комбайна й густота стеблостою та врожайність льону-довгунця

/ А.С. Лімонт // Вісн. Житомир. нац. агроеколог. ун-ту. – Житомир, 2011. – № 2, Т. 1 (29). – С. 209-221.

5. Лазаркевич Н.А. Льняное дело в Западной Европе / Лазаркевич Н.А. – М.: Книгосоюз, 1930. – 514 с.

6. Бунтуш Т.А. Качество соломки льна сорта Т-10 / Т.А. Бунтуш, В.С. Лихман // Лен и конопля. – 1972. – № 1. – С. 21-22.

7. Лімонт А.С. Щільність фітоценозу та прогнозування продуктивності льону-довгунця / А.С. Лімонт // Вісн. ДВНЗ «Держ. агроеколог. ун-ту». – Житомир, 2007. – № 1 (18). – С. 164 – 170.

8. Лімонт А.С. Масово-розмірна характеристика стебел льону-довгунця як фактор використання льонозбиральних комбайнів / А.С. Лімонт, В.О. Ломакін / Вісн. Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту. – Дніпропетровськ, 2009. – № 2. – С. 231-27.

9. Фоменко Л.Д. Вирівняний льон / Фоменко Л.Д. – К.: Урожай, 1967. – 128 с.

10. Фоменко Л.Д. Льонарство на осушених і низинних землях / Фоменко Л.Д. – К.: Урожай, 1974. – 160 с.

11. Фоменко Л.Д. Производство льна на осушенных землях / Фоменко Л.Д. – М.: Колос, 1982. – 143 с.

12. Земит В.Э. Влияние густоты посева на продуктивность льна-долгунца / В.Э. Земит // Вестник с.-х. науки: технические культуры. – М.: Сельхозгиз, 1940. – Вып. 3. – С. 72-75.

13. Лімонт А.С. Густота стеблостою і маса стебел льону-довгунця як середовище використання льонозбиральних комбайнів / А.С. Лімонт, В.Г. Дідора // Вісн. аграр. науки. – 2009. – № 9. – С. 54-57.

Аннотация. Рассмотрены и исследованы размерно-массовые и количественные характеристики стеблей и стеблостою льна-долгунца для определения секундной подачи льняной массы в комбайн и скорости его движения.

Summary. The paper highlights the investigation into the dimensional, mass and quantitative characters of fiber flax stalk and stalk stand when determining the second handling of flax mass to the harvester and its motion velocity.

Стаття надійшла до редакції 14 червня 2012 р.