

**Лімонт А.С.**

Житомирський агротехнічний коледж,  
м. Житомир, Україна  
E-mail: lajla2412@ukr.net

**Климчук В.М.**

Інститут сільського господарства  
Полісся НААНУ  
м. Житомир, Україна

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ  
ФОРМУВАННЯ РУЛОНУ І ЙОГО ТОВАРНІ  
ЯКОСТІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ  
НА ЗБИРАННІ ЛЬОНОТРЕСТИ  
ПРЕС-ПІДБИРАЧІВ**

УДК 633.521:631.172

*Досліджено вплив лінійної маси шару стебел в рулонах формування прес-підбирачами для лляним ПР-1,2Л і сінним ППР-110 з пресувальними камерами відповідно змінного і сталого об'єму на пошкодження стебел трести в рулонах та їх щільність і масу. Висвітлено зміну лінійної маси шару стебел в рулонах залежно від швидкості руху прес-підбирачів, кроку граблін підбирального барабана, маси елемента стрічки трести, що відокремлюється від її масиву на полі польцями однієї граблени, показника кінематичного режиму підбирального барабана та відношень довжини і лінійної маси шару стебел трести в рулоні до відповідно довжини стрічки трести, що піднімають з поля для формування одного рулону, та лінійної маси стрічки трести. Наведені графіки і рівняння, що характеризують кількісну зміну досліджуваних результативних ознак залежно від визначених факторіальних.*

**Ключові слова:** льонотреста, збирання, прес-підбирач, рулон, формування, технологічні параметри, якість.

**Вступ.** Технічний сервіс аграрного виробництва крім іншого включає забезпечення ефективного використання засобів механізації в технологічних процесах вирощування і збирання сільськогосподарських культур. Провідною і характерною сільськогосподарською культурою для Полісся України зі скіфських часів був льон-довгунець. Виробництво льону-довгунця і льонопродукції визначає воєнну, екологічну, продовольчу та медичну безпеку держави, забезпечуючи її економічну і стратегічну незалежність та здоров'я нації [1]. Проте за останні десятиріччя льонарство в Україні з низки причин зазнало значної кризи і занепаду [2]. Розглядаючи проблему відродження льонарства в Україні, дослідники [3] вказують, що це можливо за одночасної дії на таких трьох рівнях: 1) формування сприятливого інституційного середовища (макрорівень); 2) вдосконалення міжгалузевих зв'язків між підприємствами технологічного ланцюга (мезорівень); 3) поліпшення технології вирощування та переробки льону-довгунця (мікрорівень). В праці [4] проаналізовані сучасні способи і технології збирання льону-довгунця та висловлені з урахуванням аналізу літературних джерел перспективні напрями організації льонозбирального процесу. В наступній праці [5] проаналізовані технології збирання рошенцевої льонотрести і вказано, що за рулонної технології зменшуються трудозатрати і енерговитрати та зростає продуктивність транспортних засобів на перевезенні льонотрести, сприяючи екологоспрямованому розвитку її виробництва.

**Постановка проблеми.** Серед відомих способів обробляння льоносоломи готування рошенцевої льонотрести найменш трудозатратне і енерговитратне, екологічно безпечніше і економічно доцільніше. Проте в проблемі готування рошенцевої льонотрести є ще низка нез'ясованих питань і в першу чергу організація її збирання за допомогою рулонних прес-підбирачів. В цьому повідомленні і передбачено з'ясувати деякі з питань використання таких прес-підбирачів на збиранні льоносировини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичні основи формування рулонів льонотрести розглядали у своїх працях Г.А. Хайліс, В.М. Климчук, І.М. Дударев та

Н.О. Толстушко. Експериментальні дослідження формування рулонів льонотрести прес-підбирачами розпочав В.М. Климчук [6]. Посилаючись на [6] окремі питання формування рулонів льонотрести розглянуті у працях [7–16]. Це стосується визначення впливу лінійної маси шару стебел трести в рулоні на їх пошкодження та щільність рулонів. Крім того, з'ясовано вплив кроку граблин підбирального барабана, маси трести, що захоплюється і відокремлюється від стрічки трести на полі пальцями однієї граблини підбирального барабана, показника кінематичного режиму підбирального барабана та відношення довжини і маси шару стебел трести в рулоні до довжини і лінійної маси стрічки трести, що піднята з поля для формування одного рулону.

**Мета та завдання дослідження.** Мета дослідження полягала в узагальненні раніше проведених досліджень та публікацій їх результатів для поліпшення ефективності використання прес-підбирачів на збиранні рошенцевої льонотрести. *Завдання дослідження:* 1) узагальнити вплив лінійної маси шару стебел трести в рулоні на їх пошкодження в упаковці та щільність рулону; 2) дослідити зміну маси рулону залежно від лінійної маси шару стебел трести в ньому; 3) з'ясувати вплив швидкості руху прес-підбирачів і технологічних параметрів процесу формування рулону на лінійну масу шару стебел трести в ньому.

**Об'єкт і методика дослідження.** Об'єкт дослідження – технологічний процес піднімання трести з її стрічок на полі та формування упаковок льоносировини у вигляді рулонів. Стрічки виготовленої трести були утворені із льоносоломи розстеленої льонозбиральним комбайном ЛК-4А, що збирав льон-довгунець сорту Ірма із шириною захвату 1,52 м. Досліджували використання лляного прес-підбирача ПР-1,2Л з пресувальною камерою (ПК) змінного об'єму і сінного ППР-110 з ПК сталого об'єму. Виробництво цих прес-підбирачів було налагоджено в Україні. В умовах досліду прес-підбирачі агрегували з трактором МТЗ-80, який працював на швидкостях руху 4,26 км/год та 7,25 і 8,90 км/год. В досліджуваних прес-підбирачах регулятор щільності рулонів (РЩР) установлювали в мінімальне, основне та максимальне положення. Урожайність трести і лінійна маса її стрічки на полі становили відповідно 21,7 ц/га і 0,33 кг/м. До товарних якостей рулону віднесли його діаметр і ширину, пошкодження стебел трести в ньому та щільність і масу упаковки. За умовами дослідження прес-підбирач ПР-1,2Л був відрегульований на формування рулонів, що мали однакові у порівнянні з прес-підбирачем ППР-110 рулони діаметром 1,1 і шириною 1,2 м.

До технологічних параметрів процесу формування рулону віднесли: подачу на один ряд пальців підбирального барабана прес-підбирача, що дорівнює кроку граблин підбирального барабана; масу трести, що відокремлюється від її стрічки на полі пружинними пальцями однієї граблини підбирального барабана; показник кінематичного режиму підбирального барабана, що являє відношення швидкості кінця пальця підбирального барабана до швидкості руху агрегату; відношення довжини шару стебел трести, які скочені в рулон, до довжини стрічки трести, що підібрана з поля для формування одного рулону та відношення лінійної маси шару стебел в рулоні до лінійної маси стрічки льонотрести, що знаходиться на полі.

Визначення лінійної маси шару стебел в рулоні здійснювали так. Сформований прес-підбирачем рулон без обв'язування шпагатом викидали на поле і обережно розмотували вручну. Рулеткою вимірювали довжину шару стебел в рулоні та відбирали їх зразки для визначення пошкодження. З одержаних зразків відбирали 100 стебел та визначали число пошкоджених, до яких відносили стебла, що мали перелом деревини, розплющування без тріщин і розплющування з тріщинами, відкритий перелом, розрив деревини з розплющуванням волокон та скручування. Із вручну розстеленої на полі стрічки трести прес-підбирачами повторно формували рулон з його обв'язуванням. За допомо-

гою спеціального переносного пристрою з силовим динамометром ДПУ-0,5-02 зважуванням рулону в польових умовах визначали його масу. Рулеткою вимірювали діаметр і ширину рулону, визначали його об'єм і розраховували об'ємну масу (щільність) в  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Крок граблин  $t_{\text{гр}}$  (мм) підбирального барабана визначає довжину стрічки трести, що її підбирає один ряд пальців барабана. Інакше крок граблин – це подача  $S_z$  (мм) прес-підбирача або шлях, який він проходить за час входу в стрічку і виходу з неї пальців двох сусідніх граблин. В дослідженні крок граблин визначали за формулою:

$$t_{\text{гр}} = 10^6 \cdot v_p / (60 \cdot n_{\text{пб}} \cdot z_{\text{гр}}), \quad (1)$$

де  $v_p$  – робоча швидкість збирального агрегату у складі з прес-підбирачем,  $\text{км}/\text{год}$ ;  
 $n_{\text{пб}}$  – частота обертання підбирального барабана прес-підбирача,  $\text{хв}^{-1}$  (в прес-підбирачі ПР-1,2Л  $n_{\text{пб}} = 80,1 \text{хв}^{-1}$ , а в прес-підбирачі ППР-110 –  $94,8 \text{хв}^{-1}$ );  
 $t_{\text{гр}}$  – число граблин підбирального барабана,  $z_{\text{гр}} = 5$  шт.

Масу трести  $m_{\text{тг}}$  (кг), що її відокремлюють від її стрічки пальці однієї граблини, визначали з використанням формули:

$$m_{\text{тг}} = 10^3 \cdot m_{\text{ст}} \cdot v_p / (60 \cdot n_{\text{пб}} \cdot z_{\text{гр}}), \quad (2)$$

де  $m_{\text{ст}}$  – лінійна маса одного погонного метра стрічки трести, яку піднімають з поля,  $\text{кг}/\text{м}$

При розрахунку  $m_{\text{тг}}$  вважали, що елемент стрічки, який захоплюють пальці однієї граблини і відокремлюють від масиву стрічки трести на полі, зумовлений траєкторіями руху кінців пальців двох сусідніх граблин і параметри захоплюваного елемента (порції трести) визначаються тільки цими траєкторіями.

Показник кінематичного режиму підбирального барабана  $\lambda_{\text{пм}}$  визначали з відношення:

$$\lambda_{\text{пм}} = 3,6 \cdot v_{\text{пб}} / v_p, \quad (3)$$

де  $v_{\text{пб}}$  – колова швидкість кінця пальця підбирального барабана прес-підбирача,  $\text{м}/\text{с}$ .

Коефіцієнт  $\lambda_{\text{дс}}$ , що враховує зміну довжини підібраної з поля трести стрічки після скочування її в рулон прес-підбирачем, знаходили за формулою з відношення:

$$\lambda_{\text{дс}} = l_{\text{шр}} / l_{\text{ст}}, \quad (4)$$

де  $l_{\text{шр}}$  – довжина шару стебел в рулоні,  $\text{м}$ ;

$l_{\text{ст}}$  – довжина стрічки трести, що підібрана з поля для формування рулону,  $\text{м}$ .

Коефіцієнт ущільнювання  $\lambda_{\text{мс}}$  підібраної з поля стрічки трести після скочування її в рулон визначали за формулою з відношення:

$$\lambda_{\text{мс}} = m_{\text{сл}} / m_{\text{ст}}, \quad (5)$$

де  $m_{\text{сл}}$  – лінійна маса шару стебел в рулоні,  $\text{кг}/\text{м}$ ;

Обробка експериментальних даних здійснена методами математичної статистики і зокрема кореляційно-регресійного та дисперсійного аналізів, а також з використанням стандартних комп'ютерних програм.

**Результати дослідження.** Лінійна маса шару стебел в рулонах формування прес-підбирачем з ПК сталого об'єму змінювалася від 0,18 до 0,39  $\text{кг}/\text{м}$ , а в рулонах форму-

вання прес-підбирачем з ПК змінного об'єму – від 0,30 до 0,63 кг/м. Якщо умовно об'єднати в одну статистичну вибірку лінійну масу шару стебел в рулонах формування досліджуваними прес-підбирачами і за різних положень РЦР, то розмах варіювання  $m_{сл}$  становитиме 0,18–0,63 кг/м за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 0,39 і 0,14 кг/м та коефіцієнта варіації 35,9%.

Експериментальні значення пошкодження стебел трести в рулонах  $\Pi_{ср}$  (%) наведені на рис. 1, а. З підвищенням лінійної маси шару стебел в рулоні  $m_{сл}$  за установки РЦР в різні положення  $\Pi_{ср}$  зменшуються. В рулонах формування прес-підбирачем з ПК змінного об'єму (ПР-1,2Л) у порівнянні з рулонами формування прес-підбирачем з ПК сталого об'єму (ППР-110) пошкодження стебел менше.

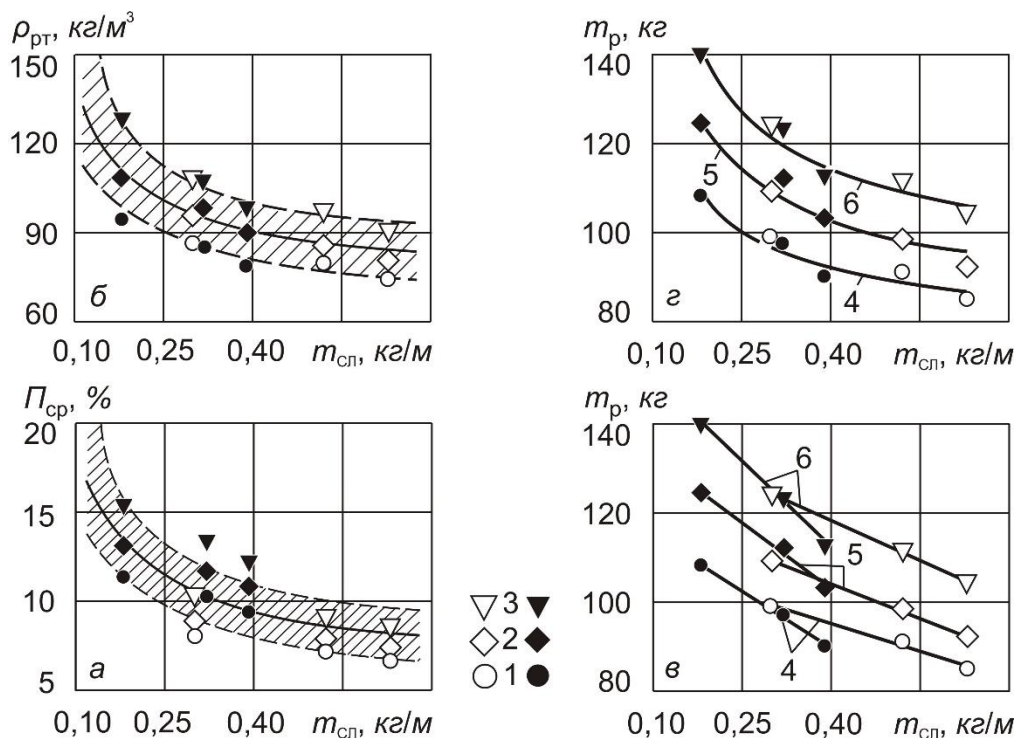


Рис. 1 – Зміна пошкодження (а) стебел трести в рулоні  $\Pi_{ср}$ , його щільності  $\rho_{рт}$  (б) і маси  $m_p$  (в, г) залежно від лінійної маси стебел в рулоні  $m_{сл}$  за положення РЦР: 1 – мінімального; 2 – основного; 3 – максимального (світлі позначення – прес-підбирач ПР-1,2Л; затушовані – ППР-110); 4 – за мінімального положення РЦР; 5 – основного; 6 – максимального

З урахуванням установки РЦР в різні положення пошкодження стебел трести в рулонах формування прес-підбирачем з ПК змінного зменшується від 10,2 до 6,8%, а в рулонах формування прес-підбирачем з ПК сталого об'єму – від 15,2 до 9,4%. З рис. 1, а простежується, що із зміною установки РЦР від мінімального до максимального положення пошкодження стебел трести прямолінійно зростає. Експериментальні дані  $\Pi_{ср}$  (%), що одержані в різних умовах дослід, об'єднали в одну статистичну вибірку. З урахуванням лінійної маси шару стебел трести в рулоні, ПК досліджуваних прес-підбирачів та положення РЦР розподіл пошкодження стебел трести в рулонах коливався від 6,8 до 15,2% за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 10,0 і 2,22% та коефіцієнта варіації 22,2%. Вирівнювання експериментальних значень  $\Pi_{ср}$  (%) залежно від  $m_{сл}$  (кг/м) здійснено за прямолінійною залежністю та спадними гіперболою, степеневою і логарифмічною функціями та експоненціальною залежністю. За значеннями  $R^2$ -коефіцієнта найкраще наближення експериментальних даних до вирівняних забезпечила апроксимація зміни  $\Pi_{ср}$  (%) залежно від  $m_{сл}$  (кг/м) рівнянням гіперболи вигляду:

$$P_{\text{ср}} = 6,03 + 1,33 / m_{\text{сл}}, \quad (6)$$

при  $r = -0,759$ ;  $\eta = 0,754$ ;  $R^2 = 0,569$ ;  $\lambda_{\text{пв}} = 0,14$ ;  $S_y = 1,46$  і  $k_d = 0,569$ ,

- де  $r$  – коефіцієнт кореляції між пошкодженням стебел трести в рулоні (результативна ознака) і лінійною масою шару стебел в рулоні (факторіальна ознака);
- $\eta$  – кореляційне відношення результативної ознаки по факторіальній;
- $R^2$  – коефіцієнт, що визначає міру наближення експериментальних значень результативної ознаки до вирівняних за апроксимуючою залежністю – гіперболою (6);
- $\lambda_{\text{пв}}$  – показник оцінювання вирівнювання експериментальних значень результативної ознаки, що являє відношення основної помилки цього вирівнювання до середнього значення результативної ознаки;
- $S_y$  – помилка рівняння (6) криволінійної регресії, яку визначали за кореляційним відношенням  $P_{\text{ср}}$  по  $m_{\text{сл}}$  і середнім квадратичним відхиленням емпіричного розподілу пошкодження стебел трести в рулоні;
- $k_d$  – коефіцієнт детермінації, що визначає силу впливу досліджуваної ознаки на пошкодження стебел трести в рулоні.

Незначне перевищення коефіцієнта кореляції над кореляційним відношенням та одержаний показник оцінювання вирівнювання  $\lambda_{\text{пв}} = 0,14$ , що перевищує значення 0,10, яке прийнято за умову задовільної апроксимації [17], спонукало до оцінювання адекватності гіперболічного рівняння (6) експериментальним даним за допомогою дисперсійного аналізу. Виявилось, що спотережуваний  $F$ -критерій дорівнює 10,89. За числа ступенів вільності більшої і меншої дисперсії відповідно 1 і 16 табличні  $F$ -критерії на рівнях значущості 0,05 та 0,01 і 0,001 дорівнюють відповідно 4,49 та 8,53 і 16,12 [18]. Отже, слід визнати, що модель гіперболічної зміни  $P_{\text{ср}}$  залежно від  $m_{\text{сл}}$  адекватна експериментальним даним на рівні значущості 0,001.

На рис. 1, а наведена крива зміни  $P_{\text{ср}}$  залежно від  $m_{\text{сл}}$ , що побудована за рівнянням (6). Помилка рівняння (6), що визначена за методикою [19], становила 1,46%. За розрахованою помилкою на рис. 1, а обабіч кривої зміни  $P_{\text{ср}}$  залежно від  $m_{\text{сл}}$  наведена заштрихована зона, що характеризує зміну  $P_{\text{ср}}$  залежно від  $m_{\text{сл}}$  з урахуванням визначеної помилки. В заштриховану зону увійшло 83,3% пар досліджуваних ознак, прийнятих для розрахунку рівняння (6). Виявилось, що нижня і верхня обмежувальні заштриховану зону криві охоплюють експериментальні значення  $P_{\text{ср}}$ , що одержані за установки РЩР відповідно у мінімальне та максимальне положення.

За значенням коефіцієнта детермінації 0,569 варіація  $m_{\text{сл}}$  на 57% причинно зумовлює варіацію пошкодження стебел трести в рулоні. Аналіз рівняння (6) за його асимптототою свідчить, що шляхом відповідних технологічних регулювань прес-підбирачів, формуванням стрічки трести, яку піднімають з поля, та вибором швидкісного режиму агрегату можна забезпечити його використання, за якого пошкодження стебел трести в рулоні не перевищуватиме 6%. За рівнянням (6) і графіком зміни  $P_{\text{ср}}$  залежно від  $m_{\text{сл}}$  (рис. 1, а) простежується, що пошкодження стебел трести в рулоні, яке не перевищує 10%, може бути забезпечено за умови формування рулону з лінійною масою шару стебел в упаковці 0,34 кг/м. З урахуванням помилки рівняння (6) і заштрихованої зони зміни  $P_{\text{ср}}$  залежно від  $m_{\text{сл}}$  вказане обмеження пошкодження стебел трести в експлуатаційних умовах витримуватиметься при зміні лінійної маси шару стебел трести в межах 0,25–0,53 кг/м.

Щільність рулонів льонотрести  $\rho_{\text{рт}}$  з урахуванням установки РЩР в різні положення формування прес-підбирачем ПР-1,2Л з ПК змінного об'єму коливалася в межах 74,5–108,8 кг/м<sup>2</sup>, а формування прес-підбирачем ППР-110 з ПК сталого об'єму – від 78,9

до 128,8 кг/м<sup>3</sup>. З рис. 1, б видно, що із зміщенням установки РЦР від мінімального до максимального положення щільність рулонів формування різними прес-підбирачами збільшується. При збільшенні маси шару стебел в рулоні в прес-підбирачах з різними ПК різниця між щільністю рулонів, що одержана при максимальному і мінімальному положеннях РЦР, зменшується від 34,1 до 16,7 кг/м<sup>3</sup>, тобто більш, ніж у 2 рази. В середньому різниця в щільності рулонів, сформованих при різних положеннях РЦР залежно від лінійної маси шару стебел в рулоні становили 22,2 кг/м<sup>3</sup>. Для визначення кількісної зміни щільності рулонів залежно від лінійної маси шару стебел в упаковці та з'ясування характеру цієї зміни всі експериментальні дані по досліджуваних прес-підбирачах були об'єднані в одну статистичну вибірку з розмахом варіювання щільності рулонів від 74,5 до 128,8 кг/м<sup>3</sup> за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 94 і 13,1 кг/м<sup>3</sup> та коефіцієнта варіації 13,9%. За результатами кореляційно-регресійного аналізу між щільністю рулонів і лінійною масою шару стебел в рулоні визначений від'ємний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції мінус 0,658 за кореляційного відношення  $\rho_{рт}$  по  $m_{сл}$  0,691. Як і у випадку з пошкодженням стебел трести в рулонах здійснено вирівнювання експериментальних значень  $\rho_{рт}$  залежно від  $m_{сл}$  рівняннями прямої та рівняннями відповідних криволінійних залежностей. У разі вирівнювання за прямолінійною залежністю  $R^2$ -коефіцієнт дорівнював 0,433, гіперболічною – 0,472, степеневою і логарифмічною – 0,470 та експоненціальною – 0,444. Як бачимо, за  $R^2$ -коефіцієнтом найкраще вирівнювання забезпечує апроксимація експериментальних значень щільності рулонів рівнянням гіперболи, яке після визначення відповідних коефіцієнтів регресії має вигляд:

$$\rho_{рт} = 73,03 - 6,96 / m_{сл}, \quad (7)$$

при  $r = -0,658$ ;  $\eta = 0,691$ ;  $R^2 = 0,472$ ;  $\lambda_{пв} = 0,10$ ;  $S_y = 9,5$  кг/м<sup>3</sup> і  $k_d = 0,477$ .

З наведених даних видно, що за значенням показника  $\lambda_{пв}$ , який дорівнює 0,10, забезпечується умова задовільного вирівнювання. Усереднена різниця між щільністю рулонів, яка визначена за їх формування досліджуваними прес-підбирачами при установці РЦР в максимальне і мінімальне положення, майже сумірна з подвоєною помилкою рівняння (7). На рис. 1, б наведені криві, що побудовані за рівнянням (7) з урахуванням його помилки  $S_y = 9,5$  кг/м<sup>3</sup>. В заштриховану на рисунку зону попало 77,8% значень  $\rho_{рт}$  і  $m_{сл}$ , що взяті для розрахунку рівняння (7). За асимптотою рівняння (7) прогнозоване граничне зниження щільності рулонів трести, що зумовлене підвищенням лінійної маси шару стебел в рулоні, становить 73 кг/м<sup>3</sup>. В умовах досліду найбільш наближена до такого значення щільність рулону, що становить 74,5 кг/м<sup>3</sup>, була одержана при формуванні упаковок прес-підбирачем ПР-1,2Л з ПК змінного об'єму за лінійної маси шару стебел в рулоні 0,63 кг/м та установки РЦР в мінімальне положення.

Маса рулонів  $m_p$  із збільшенням лінійної маси шару стебел  $m_{сл}$  в них зменшується, а на досліджуваних рівнях  $m_{сл}$  при використанні прес-підбирачів ППР-110 і ПР-1,2Л із зміщенням РЦР від мінімального до максимального положення зростає. За установки РЦР в мінімальне, основне і максимальне положення у разі апроксимації зміни  $m_p$  залежно від  $m_{сл}$  рівняннями прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами міра наближення експериментальних значень  $m_p$  до вирівняних при використанні прес-підбирача ППР-110 становить відповідно 0,966 та 0,988 і 0,998, а при використанні прес-підбирача ПР-1,2Л у тій же послідовності відповідно 0,988 та 0,999 і 0,999. Графіки зміни  $m_p$  залежно від  $m_{сл}$  при установці РЦР в різні положення за рівняннями прямих окремо для рулонів формування прес-підбирачем ППР-110 і прес-підбирачем ПР-1,2Л наведені на рис. 1, в. Зроблена спроба об'єднати в одні статистичні групи експериментальні дані про  $m_{сл}$  і  $m_p$  рулонів формування підбирачами ППР-110 та ПР-1,2Л за установки РЦР в певні положення

і за такого об'єднання здійснити пошук відповідних апроксимуючих залежностей. Об'єднання експериментальних даних про  $m_{сл}$  і  $m_p$  рулонів, що одержані при використанні прес-підбирачів ППР-110 і ПР-1,2Л, але за установки РЦР в певні положення в одні статистичні групи дозволяє стверджувати, що зміну  $m_p$  залежно від  $m_{сл}$  можна апроксимувати спадними гіперболами, степеневими і логарифмічними функціями та експонентами.

У разі вирівнювання за спадними гіперболами при установці РЦР у мінімальне, основне і максимальне положення  $R^2$ -коефіцієнти дорівнювали відповідно 0,931 та 0,940 і 0,965. При вирівнюванні за степеневими функціями і установці РЦР у мінімальне, основне та максимальне положення  $R^2$ -коефіцієнти мали значення відповідно 0,937 та 0,977 і 0,975. Якщо вирівнювання здійснити за логарифмічними кривими, то при установці РЦР у мінімальне, основне і максимальне положення  $R^2$ -коефіцієнти приймали значення відповідно 0,938 та 0,978 і 0,972. Якщо ж вирівнювання провести за рівняннями експоненти, то при установці РЦР у мінімальне, основне і максимальне положення  $R^2$ -коефіцієнти дорівнювали відповідно 0,883 та 0,955 і 0,921. Графічне зображення гіпербол, логарифмічних функцій і експоненціальних залежностей, що описують характер зміни  $m_p$  залежно від  $m_{сл}$ , свідчить, що аналізовані криві майже збігаються в досліджуваному діапазоні зміни лінійної маси шару стебел в рулоні. Що стосується гіперболічних кривих і кривих степеневих функцій, то вони буквально накладаються одна на іншу. На рис. 1, 2 наведені графіки зміни маси рулонів  $m_p$  (кг) залежно від лінійної маси шару стебел  $m_{сл}$  (кг/м) в них, що побудовані за рівняннями гіпербол, які після визначення коефіцієнтів регресії мають вигляд за установки РЦР в положення:

– мінімальне

$$m_p = 78,3 + 5,54 / m_{сл} \text{ при } R^2 = 0,931 \text{ і } \lambda_{пв} = 0,022; \quad (8)$$

– основне

$$m_p = 83,0 + 7,74 / m_{сл} \text{ при } R^2 = 0,940 \text{ і } \lambda_{пв} = 0,026; \quad (9)$$

– максимальне

$$m_p = 92,6 + 8,22 / m_{сл} \text{ при } R^2 = 0,965 \text{ і } \lambda_{пв} = 0,050. \quad (10)$$

Асимптоти рівнянь гіпербол, які апроксимують зміну  $m_p$  залежно від  $m_{сл}$  за установки РЦР у мінімальне, основне і максимальне положення дорівнюють відповідно 78,3 кг та 83,0 і 92,6 кг, тобто із зміщенням установки РЦР з мінімального до максимального положення криві зміни  $m_p$  від  $m_{сл}$  зрушуються по осі ординат вверх.

За літературними джерелами належне вентиляювання підігрітим повітрям вологої трести в сформованих рулонах можливо за їхньої щільності, що не перевищує 120 кг/м<sup>3</sup>. Щодо нижньої межі щільності, то вона має становити 80–85 кг/м<sup>3</sup>. З урахуванням пошкодження стебел соломи льонозбиральним комбайном пошкодження стебел трести в рулонах не повинна перевищувати 10%. Що стосується нормування маси рулону, то виходитиме з такого. Щільність рулонів формування прес-підбирачами з ПК змінного і сталого об'ємів залежно від маси упаковки описується рівнянням прямої з додатним кутовим коефіцієнтом вигляду:

$$\rho_{рт} = -5,79 + 0,934 m_p \text{ при } R^2 = 0,993. \quad (11)$$

З наведеного рівняння видно, що в досліджуваних межах зміни маси рулонів її

збільшення на 1 кг призводить до підвищення щільності рулонів майже на 1 кг/м<sup>3</sup>. З рівняння (11) простежується, що граничну щільність 120 кг/м<sup>3</sup> можуть мати рулони масою 134,7 кг, а щільність рулонів 85 кг/м<sup>3</sup> може бути забезпечена за їх маси 97,2 кг.

Зміна пошкодження стебел трести в рулонах  $P_{cp}$  (%) залежно від їх маси  $m_p$  (кг) в упаковках формування прес-підбирачем з ПК змінного об'єму описується рівнянням прямої з додатним кутовим коефіцієнтом вигляду

$$P_{cp} = -0,698 + 0,088 m_p \text{ при } R^2 = 0,999, \quad (12)$$

а в упаковках формування прес-підбирачем з ПК сталого об'єму рівняння прямої з додатним кутовим коефіцієнтом має вигляд:

$$P_{cp} = -0,117 + 0,116 m_p \text{ при } R^2 = 0,991. \quad (13)$$

За рівняннями (12) і (13) з'ясували, що 10%-не пошкодження стебел трести в рулонах формування прес-підбирачем ППР-110 може спостерігатися за їх маси 96,3 кг, а в рулонах формування прес-підбирачем ПР-1,2Л – за маси 121,6 кг.

Між пошкодженням стебел трести в рулонах і їх щільністю також виявлені відповідні прямолінійні залежності з додатними кутовими коефіцієнтами. Так, зміна  $P_{cp}$  залежно від  $\rho_{рт}$  в рулонах формування прес-підбирачем ПР-1,2Л описується рівнянням вигляду:

$$P_{cp} = -0,68 + 0,10 \rho_{рт} \text{ при } R^2 = 0,998; \quad (14)$$

а в рулонах формування прес-підбирачем ППР-110:

$$P_{cp} = -0,147 + 0,12 \rho_{рт} \text{ при } R^2 = 0,988. \quad (15)$$

З використанням рівнянь (14) і (15) можна прогнозувати, що 10%-не пошкодження стебел трести в рулонах формування прес-підбирачами ПР-1,2Л і ППР-110 можливе за щільності рулонів відповідно 106,8 і 84,5 кг/м<sup>3</sup>. З іншого боку при формуванні рулонів прес-підбирачем ППР-110 із щільністю 120 кг/м<sup>3</sup> пошкодження стебел трести в рулонах може сягати 14,3%.

При використанні прес-підбирача ППР-110 крок граблин підбирального барабана змінювався від 149 до 313 мм, маса трести, що захоплювалася з її стрічки пальцями однієї граблини, – від 49,17 до 103,30 г, показник кінематичного режиму підбирального барабана – від 1,44 до 3,02, відношення  $\lambda_{дс}$  довжини шару стебел в рулоні до довжини стрічки трести, яку підняли з поля для формування одного рулону, – від 0,66 до 1,39, відношення  $\lambda_{мс}$  лінійної маси шару стебел в рулоні до лінійної маси стрічки трести, яку піднімають з поля, – від 0,54 до 1,18. При використанні прес-підбирача ПР-1,2Л крок граблин підбирального барабана змінювався від 177 до 370 мм, маса трести, що захоплювалася з її стрічки пальцями однієї граблини, від – 58 до 122 г, показник кінематичного режиму підбирального барабана – від 1,22 до 2,56, відношення  $\lambda_{дс}$  – від 0,512 до 1,1 та відношення  $\lambda_{мс}$  – від 0,91 до 1,91. На рис. 2 наведені графіки зміни лінійної маси шару стебел трести в рулоні залежно від швидкості руху прес-підбирачів та перерахованих і визначених технологічних параметрів процесу формування рулону в досліджуваних прес-підбирачах.



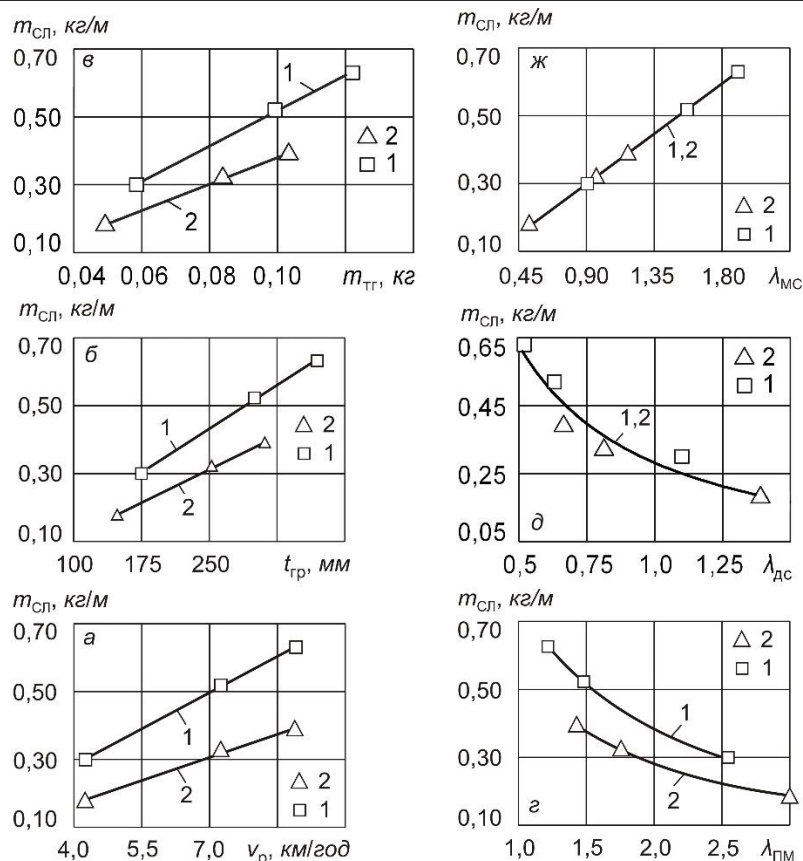


Рис. 2 – Зміна лінійної маси шару стебел в рулоні  $m_{сл}$  залежно від швидкості руху  $v_p$  прес-підбирача, кроку граблени  $t_{гр}$  підбирального барабана, маси трости  $m_{тр}$ , що відокремлюється від її стрічки пальцями однієї граблени, показника  $\lambda_{км}$  кінематичного режиму підбирального барабана, відношення  $\lambda_{дс}$  довжини шару стебел в рулоні до довжини стрічки трости, яку підняли з поля для формування одного рулону, відношення  $\lambda_{пм}$  лінійної маси шару стебел в рулоні до лінійної маси стрічки трости, яку піднімають з поля: 1 – прес-підбирач ПР-1,2Л з ПК змінного об'єму; 2 – ППР-110 з ПК сталого об'єму

З рис. 2 видно, що залежно від швидкості руху прес-підбирачів, кроку граблени підбирального барабана, маси трости, що захоплюється пальцями однієї граблени підбирального барабана лінійна маса шару стебел в рулоні зростає за прямолінійними залежностями (для всіх досліджуваних зв'язків  $R^2$ -коефіцієнт дорівнює 0,999). При цьому в межах досліджуваних змін відповідних аргументів прес-підбирач ПР-1,2Л з ПК змінного об'єму формує рулони, що мають більшу лінійну масу шару стебел в упаковці у порівнянні з упаковками формування прес-підбирачем ППР-110. Із підвищенням значень відповідних аргументів різниця в лінійній масі шару стебел трости в рулонах зростає. Наприклад, на швидкості руху 4,26 км/год – 0,20 кг/м, а на швидкості 8,90 км/год – 0,24 кг/м. За значеннями кутових коефіцієнтів відповідних рівнянь підвищення швидкості руху на 1 км/год прес-підбирача ПР-1,2Л викликає збільшення лінійної маси шару стебел трости в рулоні на 0,071 кг/м, а прес-підбирача ППР-110 – на 0,045 кг/м. Підвищення кроку граблени на 10 мм в порівнюваних прес-підбирачах викликає збільшення лінійної маси шару стебел трости в рулонах відповідно на 0,017 і 0,013 кг/м. Із збільшенням маси трости, що захоплюють пальці однієї граблени на 0,01 кг лінійна маса шару стебел трости в рулоні формування прес-підбирачем ПР-1,2Л зростає на 0,052 кг/м, а в рулоні формування прес-підбирачем ППР-110 – на 0,039 кг/м.

Із збільшення показника кінематичного режиму підбирального барабана лінійна маса шару стебел трости в рулоні зменшується за степеневими залежностями ( $R^2 = 0,999$ ), що мають відмінності для рулонів формування досліджуваними прес-підбирачами. Лінійна маса шару стебел трости в рулонах формування прес-підбирачем ПР-1,2Л перевищує аналогічний технологічний параметр рулонів, що сформовані прес-підбирачем

ППР-110. Рівняння степеневих функцій при цьому мають вигляд для рулонів формування прес-підбирачами:

$$\text{ПР-1,2Л} \quad m_{\text{сл}} = 0,774 \lambda_{\text{ПМ}}^{-1,006636} \quad (16)$$

та

$$\text{ППР-110} \quad m_{\text{сл}} = 0,576 \lambda_{\text{ПМ}}^{-1,050565} \quad (17)$$

Характер зміни лінійної маси шару стебел трести в рулонах досліджуваних прес-підбирачів залежно від відношення  $\lambda_{\text{дс}}$  довжини шару стебел в рулоні до довжини стрічки трести, яку підняли з поля для формування одного рулону описується однією і тією ж сповільнено спадною гіперболічною функцією вигляду:

$$m_{\text{сл}} = 0,34577 / \lambda_{\text{дс}} - 0,640 \text{ при } R^2 = 0,920. \quad (18)$$

Зміна лінійної маси шару стебел трести в рулоні залежно від відношення  $\lambda_{\text{мс}}$  лінійної маси шару стебел в рулоні до лінійної маси стрічки трести, яку піднімають з поля, для рулонів формування обома прес-підбирачами описується однією і тією ж прямою з додатним кутовим коефіцієнтом за умови, що  $R^2$ -коефіцієнт дорівнює 1, вигляду:

$$m_{\text{дс}} = 0,3296 \lambda_{\text{мс}} + 0,0011. \quad (19)$$

З графіка, який наведений на рис. 2, ж, і рівняння (19) простежується і видно, що із підвищенням показника  $\lambda_{\text{мс}}$  на одиницю лінійна маса шару стебел трести в рулоні зростає майже на 0,33 кг/м.

Раніше, при аналізі пошкодження стебел трести в рулонах залежно в лінійної маси шару стебел льоносировини в упаковках за характером і інтенсивністю зменшення пошкодження було визначено, що лінійна маса шару стебел трести в рулоні 0,34 кг/м може бути граничним її значенням, на яке слід орієнтуватися при організації використання прес-підбирачів на збиранні льонотрести. З урахуванням помилок відповідних рівнянь регресії і графічного зображення досліджуваних зв'язків дійшли висновку, що в умовах реальної експлуатації прес-підбирачів можливо їх використання за лінійної маси шару стебел трести в рулоні в межах 0,25–0,53 кг/м. Зваживши на це, з використанням інформації, що наведена на рис. 2, можна дійти висновків, щодо чисельних значень відповідних технологічних параметрів процесу формування рулону і крім того попередньо визначитися з передбачуваною і орієнтовною швидкістю руху прес-підбирачів на підбиранні трести і формуванні її рулонів.

**Висновки.** З підвищенням лінійної маси шару стебел трести в рулонах формування прес-підбирачем з пресувальною камерою сталого об'єму (ППР-110) від 0,18 до 0,39 кг/м і прес-підбирачем з пресувальною камерою змінного об'єму (ПР-1,2Л) від 0,30 до 0,63 кг/м пошкодження стебел трести в рулонах та їх щільність і маса зменшується за сповільнено спадними гіперболами. Інтенсивність зменшення якісних показників рулонів значно уповільнюється з підвищенням лінійної маси шару стебел в рулоні понад 0,40 кг/м. Пошкодження стебел трести в рулонах та їхня щільність сягають асимптотичних значень відповідно 6,03% і 73 кг/м<sup>3</sup>, а маса за установки РЩР в основне положення – 83 кг.

Лінійна маса шару стебел трести в рулоні з підвищенням швидкості руху прес-підбирачів, кроку граблін підбирального барабана, маси елемента стрічки трести, що захоплюють і відокремлюють від її масиву на полі, пальці однієї граблини прямолінійно

зростає і більша в рулонах формування прес-підбирачем з пресувальною камерою змінного об'єму. Із збільшенням показника кінематичного режиму підбирального барабана лінійна маса шару стебел трести в рулоні зменшується за степеневими залежностями і ця маса більша в рулонах формування прес-підбирачем з пресувальною камерою змінного об'єму.

Збільшення відношення довжини і маси шару стебел трести в рулоні до довжини піднятої стрічки трести для формування одного рулону і її лінійної маси на полі призводить відповідно до зменшення лінійної маси шару стебел трести в рулоні за сповільненою спадною гіперболою та її збільшення за прямолінійною залежністю.

**Напрямок подальших розвідок** на нашу думку слід спрямувати на пошук і з'ясування факторів, що визначають продуктивність прес-підбирачів на збиранні льонотрести.

### Література:

1. Лімонт А. Льон-довгунець і конкурентоспроможність льонарства та його відродження / А. Лімонт // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 11 (86). – С. 14–20.
2. Лузан Ю.Я. Криза льонарства та шляхи її подолання / Ю.Я. Лузан, В.М. Нелеп, О.М. Головня // Економіка АПК. – 2008. – № 3. – С. 38-45.
3. Технологічні аспекти відродження льонарства в Україні / [В. М. Нелеп, О. М. Головня, О. В. Романюк, О. А. Дейнека] // Агроінком. – 2008. – № 11–12. – С. 27-30.
4. The technologies of fiber flax harvesting, their production efficiency and the prerequisites of their technological substantiation / A. Limont, V. Sheichenko, M. Toltushko, N. Tolstushko // American Journal of Science and Technologies. – “Princeton University Press”, 2016. – No 1 (21). – Vol. III. – January – June. – P. 878-895.
5. Лімонт А.С. Технологізація збирання рошенцевої льонотрести / А.С. Лімонт // Інженерія природокористування: наук. журнал / Харків. нац. техн. ун-т с. г. ім. Петра Василенка. – Х., 2016. – № 1 (5). – С. 8-15.
6. Порівняння технологічних параметрів і товарних якостей рулонів льонотрести, сформованих пресами з камерами змінюваного і постійного об'єму / [В.М. Климчук, В.В. Любченко, В.І. Камінський, Г.І. Карпека] // Механізація та електрифікація с. г. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2008. – Вип. 92. – С. 493-500.
7. Лімонт А.С. Упаковки льонотрести як логістичні об'єкти в транспортному забезпеченні її збирання / А.С. Лімонт, В.М. Климчук, В.О. Ломакін // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. Міжвідомчий наук.-техн. зб. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – Вип. 39. – С. 132-138.
8. Лімонт А.С. Розмірні параметри упаковок льонотрести як об'єктів транспортування / А.С. Лімонт, В.О. Ломакін // Вісн. Вінницького політехнічного ін-ту. – Вінниця: Вінницький нац. техн. ун-т, 2009. – № 5 (86). – С. 88-92.
9. Формування рулонів льонотрести прес-підбирачами / А.С. Лімонт, В.М. Климчук, В.В. Любченко [та ін.] // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 8. – С. 45-48.
10. Лімонт А.С. Пошкодження льонотрести в рулонах як показник надійності прес-підбирачів / А.С. Лімонт, В.М. Климчук // Вісн. Харків. нац. техн. ун-ту с. г. ім. Петра Василенка: проблеми надійності машин та засобів механізації с.-г. виробництва. – Х., 2013. – Вип. 139. – С. 94-102.
11. Шейченко В.А. Режимы эксплуатации пресс-подборщиков и плотность рулонов льнотресты / В.А. Шейченко, А.С. Лимонт, В.М. Климчук // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Международ. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию Белорус. гос. аграр. техн. ун-та и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ), докт. техн. наук, проф.

- В.П. Суслова (Минск, 4–6 июля 2014 г.); в 2 ч. – Ч. 2; ред. И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 33-41.
12. Технологізація формування рулонів льонотрести / [А. Лімонт, В. Климчук, Н. Толстущко, М. Толстущко] // Техніка і технології АПУ. – 2016. – № 3 (78). – С. 29–33.
  13. Лімонт А. С. Крок граблин підбирального барабана прес-підбирача та щільність рулону льонотрести і її пошкодження в упаковці / А.С. Лімонт, В.М. Климчук // Вісн. Харків. нац. техн. ун-ту с. г. ім. Петра Василенка: механізація с.-г. виробництва. – Х., 2014. – Вип. 148. – С. 24-32.
  14. Шейченко В.А. Поднимаемая лента льнотресты и формирование ее рулонов пресс-подборщиками / В.А. Шейченко, А.С. Лимонт, В.М. Климчук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Минск, 2014. – Вип. 48. – Т. 2. – С. 20-26.
  15. Лімонт А.С. Кінематичний режим підбирального барабана прес-підбирача і формування рулону льонотрести при її збиранні / А.С. Лімонт, В.М. Климчук, О.Б. Плужніков // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ» НААНУ, 2013. – Вип. 98. – Т. 1. – С. 252-261.
  16. Лімонт А.С. Якість упаковок льонотрести при використанні на її збиранні прес-підбирачів / А.С. Лімонт, В.М. Климчук // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомчий наук.-техн. зб. Кіровоград: КНТУ, 2013. – Вип. 43. – Ч. 1. – С. 314-319.
  17. Методика статистической обработки эмпирических данных: РТМ 44–62. – М.: Изд-во стандартов, 1966. – 100 с.
  18. Ликеш И. Основные таблицы математической статистики / И. Ликеш, Й. Ляга; пер. с чешск. Ю.А. Данилова; предисл. Ю.Н. Тюрина, Д.С. Шмерлинга. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 356 с.
  19. Уланова Е.С. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии / Е.С. Уланова, В.Н. Забелин. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 208 с.

## Summary

**A. Limont, V. Klymchuk** The technological parameters of shaping the roll and its market qualities when used under the harvesting flax stock by pickup balers

*The paper is aimed at improving the efficiency of using pickup balers for harvesting dew-retted flax stock. The tasks of the paper envisage specifying the effects of the linear mass of the layer of flax stock stalks in the roll on their damage, the package density and mass as well as on the changes in the linear mass of stalk layer in the roll depending on the operating regimes and pickup baler control with respect to the technological parameters of the roll shaping. The operational regime of using pickup balers was assessed through their movement velocity, and control – through placing the roll density controller to the minimum, basic and maximum position.*

*The tasks of the research were accomplished by means of the corresponding experimental investigations. The investigations covered the use of harvesting units consisting of MT3-80 tractor and fiber pickup baler ПР-1.2Л with a baling chamber of accessory volume and ППП-110 hay pickup baler with a baling chamber of constant volume. The belt of flax straw was spread out with fiber harvester ЛК-4А which harvested flax of Irma variety with grip width amounting to 1.52 m. The yielding capacity of flax stock amounted to 21.7 centners per ha, and the linear mass off its belt was 0.33 kg/m. The linear mass of flax straw stalk layer in the rolls formed by ППП-110 pickup baler*

amounted to 0.18 kg/m, 0.32 and 0.39 kg/m, as well as in the rolls formed by ПП-1.2Л pickup baler – to 0.3 kg/m, 0.52 and 0.63 kg/m.

The technological parameters of the roll shaping included the rake pitch of the gathering cylinder which equals the pickup baler feed, the mass of the element of the flax stock belt gripped and separated from the mass by the pins of one rake and then advanced to the baling chamber for the roll shaping, the index of the kinematic regime of the gathering cylinder, the interrelations between the length of the stalk layer in the roll and the length of the flax stock belt which is picked up from the field to form one roll, and the correlation between the linear mass of the stalk layer in the roll and the linear mass of the flax stock belt picked up from the field.

To specify the character of the quantitative change in the damage of flax stock stalks in the roll and its density depending on the linear mass of stalk layer in the package, the authors determined the correlation coefficient between the resultative characters and the factorial, the correlation of the resultative character by the factorial  $R^2$ -coefficient which determine the measure of approximating the experimental value of the resultative character to the approximate values according to the corresponding function, the indices of assessing the equalization of the experimental values of the resultative characters by means of the determined algebraic dependence, the error in the regression equation of the resultative character according to factorial, as well as the determination coefficient which determined the power of the effects of the factorial character on the resultative one. The change in the damage of flax stock stalks in the roll, its density and mass depending on the linear mass of the layer of flax stock stalks in the package is described through the equations of descending hyperbola.

The most intensive decrease in the above cited marketing qualities of the roll is observed under the increase in the linear mass of the layer of stalks in the roll 20.4 kg per metre. The further increase in the linear mass of the stalk layer in the roll results in the decrease in the intensity of qualitative indices of rolls. The shift of the roll density controller from the minimal to the maximal position results in the increase in the indices of the roll marketing qualities. The increase in the velocity of pickup balers, the increase in the rake pitch and the mass of the element of flax stock belt picked up by the rake pin bring about the increase on the linear mass of the layer of stalks in the roll according to the linear dependence, where is the increase in the index of kinematic regime results in the decrease in accordance with level oriented dependence. Along with it, the investigated resultative character in the rolls shaped by pickup balers with the baling chamber of the accessory volume proves higher than the one obtained in the rolls shaped by pickup balers with the baling chamber of constant volume. Along with the increase in the correlation between the length of the layer of stalks in the roll and the length of flax stock belt which is picked up from the field to form one roll, the linear mass of the layer of flax stock stalks in rolls shaped by both investigated pickup balers decreased in accordance with hyperbola equation ( $K^2 = 0.920$ ). As it has been prognosticated, the increase in the correlation between the linear mass of the stalk layer in the roll and the linear mass of flax stock belt picked up from the field results in the increase in the linear mass on the stalk layer in the roll in accordance with straight line equation that Unites the shaping of rolls by pickup balers with different bailing chambers.

**Keywords:** flax stock, harvesting, pickup baler, roll, shaping, technological parameters, quality.

## References

1. Limont A. Lon-dovgunets i konkurentospromozhnist lonarstva ta yogo vidrodzhennya / A. Limont // *Tehnika i tehnologiyi APK*. – 2016. – # 11 (86). – S. 14–20.
2. Luzan Yu.Ya. Kriza lonarstva ta shlyahi yiyi podolannya / Yu.Ya. Luzan, V.M. Nelep, O.M. Golovnya // *Ekonomika APK*. – 2008. – # 3. – S. 38–45.
3. Tehnologichni aspekty vidrodzhennya lonarstva v Ukrayini / [V. M. Nelep, O. M. Golovnya, O. V. Romanyuk, O. A. Deyneka] // *Agroinkom*. – 2008. – # 11–12. – S. 27–30.
4. The technologies of fiber flax harvesting, their production efficiency and the prerequisites of their technological substantiation / A. Limont, V. Sheichenko, M. Tolstushko, N. Tolstushko // *American Journal of Science and Technologies*. – “Princeton University Press”, 2016. – No 1 (21). – Vol. III. – January – June. – P. 878–895.
5. Limont A.S. Tehnologizatsiya zbirannya roshentsevoyi lonotresti / A.S. Limont // *Inzheneriya prirodokoristuvannya: nauk. zhurnal / Harkiv. nats. tehn. un-t s. g. im. Petra Vasilenka*. – H., 2016. – # 1 (5). – S. 8–15.
6. Porivnyannya tehnologichnih parametriv i tovarnih yakostey ruloniv lonotresti, sformovanih presami z kamerami zmnyuvanogo i postiyного ob'emu / [V.M. Klimchuk, V.V. Lyubchenko, V.I. Kaminskiy, G.I. Karpeka] // *Mehanizatsiya ta elektrifikatsiya s. g.* – Glevaha: NNTs «IMESG» UAAN, 2008. – Vip. 92. – S. 493–500.
7. Limont A.S. Upakovki lonotresti yak logistichni ob'ekty v transportnomu zabezpechenni yiyi zbirannya / A.S. Limont, V.M. Klimchuk, V.O. Lomakin // *Konstruyuvannya, virobnitstvo ta ekspluatatsiya silskogospodarskih mashin: zagalnoderzh. Mizhvidomchiy nauk.-tehn. zb.* – Kirovograd: KNTU, 2009. – Vip. 39. – S. 132–138.
8. Limont A.S. Rozmirni parametri upakovok lonotresti yak ob'ektiv transportuvannya / A.S. Limont, V.O. Lomakin // *Visn. Vinnitskogo politehnichnogo in-tu.* – Vinnitsya: Vinnitskiy nats. tehn. un-t, 2009. – # 5 (86). – S. 88–92.
9. Formuvannya ruloniv lonotresti pres-pidbirachami / A.S. Limont, V.M. Klimchuk, V.V. Lyubchenko [ta In.] // *Visn. agrar. nauki.* – 2011. – # 8. – S. 45–48.
10. Limont A.S. Poshkodzhennya lonotresti v rulonah yak pokaznik nadiynosti pres-pidbirachiv / A.S. Limont, V.M. Klimchuk // *Visn. Harkiv. nats. tehn. un-tu s. g. im. Petra Vasilenka: problemi nadiynosti mashin ta zasobiv mehanizatsiyi s.-g. virobnitstva.* – H., 2013. – Vip. 139. – S. 94–102.
11. Sheychenko V.A. Rezhimiy ekspluatatsii press-podborschikov i plotnost rulonov lonotrestiy / V.A. Sheychenko, A.S. Limont, V.M. Klimchuk // *Sovremennyye problemy osvoeniya novoy tehniki, tehnologiy, organizatsii tehni cheskogo servisa v APK: materialiy Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., posvyaschennoy 60-letiyu Belorus. gos. agrar. tehn. un-ta i pamyati pervogo rektora BIMSH (BGATU), dokt. tehn. nauk, prof. V.P. Suslova (Minsk, 4–6 iyulya 2014 g.); v 2 ch.* – Ch. 2; red. I.N. Shilo [i dr.]. – Minsk: BGATU, 2014. – S. 33–41.
12. Tehnologizatsiya formuvannya ruloniv lonotresti / [A. Limont, V. Klimchuk, N. Tolstushko, M. Tolstushko] // *Tehnika i tehnologiyi APU*. – 2016. – # 3 (78). – S. 29–33.
13. Limont A. S. Krok grablin pidbiralnogo barabana pres-pidbiracha ta schilnist rulonu lonotresti i yiyi poshkodzhennya v upakovtsi / A.S. Limont, V.M. Klimchuk // *Visn. Harkiv. nats. tehn. un-tu s. g. im. Petra Vasilenka: mehanizatsiya s.-g. virobnitstva.* – H., 2014. – Vip. 148. – S. 24–32.
14. Sheychenko V.A. Podnimaemaya lenta lonotrestiy i formirovanie ee rulonov press-podborschikami / V.A. Sheychenko, A.S. Limont, V.M. Klimchuk // *Mehanizatsiya i*

- elektrifikatsiya selskogo hozyaystva: mezhvedomstvennyiy tematicheskii sb.: v 2 t. / RUP «NPTs NAN Belorusi po mehanizatsii selskogo hozyaystva». Minsk, 2014. – Vyip. 48. – T. 2. – S. 20–26.
15. Limont A.S. Kinematichnyi rezhim pidbiralnogo barabana pres-pidbiracha i formuvannya rulonu lonotresti pri yiyi zbiranni / A.S. Limont, V.M. Klimchuk, O.B. Pluzhnikov // *Mehanizatsiya ta elektrifikatsiya silskogo gospodarstva*. – Glevaha: NNTs «IMESG» NAANU, 2013. – Vip. 98. – T. 1. – S. 252–261.
  16. Limont A.S. Yakist upakovok lonotresti pri vikoristanni na yiyi zbiranni pres-pidbirachiv / A.S. Limont, V.M. Klimchuk // *Konstruyuvannya, virobnitstvo ta ekspluatatsiya silskogospodarskikh mashin: zaglnoderzh. mizhvidomchii nauk.-tehn. zb.* Kirovograd: KNTU, 2013. – Vip. 43. – Ch. 1. – S. 314–319.
  17. *Metodika statisticheskoy obrabotki empiricheskikh daniy: RTM 44–62*. – M.: Izdvo standartov, 1966. – 100 s.
  18. Likesh I. *Osnovnyie tablitsyi matematicheskoy statistiki* / I. Likesh, Y. Lyaga; per. s cheshsk. Yu.A. Danilova; predisl. Yu.N. Tyurina, D.S. Shmerlinga. – M.: Finansyi i statistika, 1985. – 356 s.
  19. Ulanova E.S. *Metodyi korrelyatsionnogo i regressionnogo analiza v agrometeorologii* / E.S. Ulanova, V.N. Zabelin. – L.: Gidrometeoizdat, 1990. – 208 s.