

Лімонт А.С.¹,
Климчук В.М.²

¹Житомирський агротехнічний
коледж,

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

²Інститут сільського господарства
Полісся НААНУ,
м. Житомир, Україна

ВПЛИВ РЕЖИМУ РОБОТИ ПІДБИРАЛЬНОГО
БАРАБАНА ПРЕС-ПІДБИРАЧІВ І ПАРАМЕТРІВ
СКОЧУВАНОВОГО ШАРУ ЛЬОНОТРЕСТИ НА
МАСУ ЇЇ РУЛОНІВ

УДК 633.521:631.172

Режим роботи підбирального барабана прес-підбирачів оцінювали кроком граблин та масою трести, що відокремлюють і захоплюють від масиву стрічки льоносировини на полі пальці однієї граблини, та показником кінематичного режиму підбирального барабана. За параметри скочуваного в пресувальній камері шару стебел трести прийняті відношення довжини і лінійної маси цього шару відповідно до довжини і лінійної маси стрічки трести, що піднята з поля для формування рулону. Залежно від досліджуваних факторів маса рулонів формування прес-підбирачами ПР-1,2Л і ППР-110 змінюється за рівняннями прямих і гіпербол.

Ключові слова: льонотреста, збирання, прес-підбирач, підбиральний барабан, пресувальна камера, рулон, маса.

Вступ. В недалекому минулому в Україні виготовляли до 17 % світового обсягу виробництва льоноволокна [1], посівна площа льону-довгунця доходила до 238 тис. га, а льонарство забезпечувало більше половини усіх грошових надходжень від рослинництва, що сприяло соціально-економічному розвитку поліського села [2]. Серед сільськогосподарських культур льон-довгунець в найбільшій мірі визначає і формує національну безпеку держави та її складові (воєнну, екологічну, продовольчу і медичну). Це безвартна культура та що сприяє гармонійному розвитку людини [3]. Проте за останні десятиріччя льонарство в Україні зазнало значної кризи і занепаду. В низці публікацій, наприклад в [4, 5, 6], з'ясовані причини цієї кризи і занепаду. Розглядаючи проблему відродження льонарства в Україні, дослідники [5] зазначають, що на рівні безпосередніх виробників льону-довгунця слід поліпшити технологію вирощування та переробки льону-довгунця, звернувши увагу перш за все на збирання льонотрести.

Постановка проблеми. В країнах Західної Європи, Росії і Білорусі збирання льонотрести здійснюють за рулонною технологією. Таку технологію рекомендовано і для впровадження в Україні [1]. Основним засобом механізації за рулонної технології є прес-підбирачі, що формують при збиранні льонотрести її упаковки циліндричної форми у вигляді рулонів. Проте в проблемі механізованого збирання льонотрести з використанням рулонних прес-підбирачів залишилася поки що ще нез'ясованою низка питань, про деякі з них і буде йти мова в цьому повідомленні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рулони оцінюють товарними якістьми і технологічними параметрами формування рулону [7, 8]. До товарних якостей відносять діаметр, ширину і щільність рулону та пошкодження стебел трести в ньому і масу упаковки, а до технологічних параметрів процесу формування рулону – лінійну масу стрічки трести (кг/м), що піднімають з поля; довжину (м) стрічки, що підібрана з поля для формування рулону; довжину (м) шару стебел трести, скоченого (запресованого) в рулон та лінійну масу (кг/м) шару стебел трести в рулоні. Досліджено [9] вплив показника кінематичного режиму підбирального барабана прес-підбирачів, кроку граблин, маси трести, яку відокремлюють і захоплюють пальці однієї граблини від масиву стрічки трести на полі, відношення довжини і лінійної маси шару стебел трести в рулоні відповідно до до-

вжини і лінійної маси піднятої з поля стрічки трести для формування рулону на пошкодження стебел трести в рулоні і його щільність.

Охарактеризована [10, 11] зміна щільності і пошкодження стебел трести в рулоні залежно від його маси та пошкодження стебел трести в рулоні від його щільності. 10-відсоткове пошкодження стебел в рулоні можливе в упаковках формування прес-підбирачем ПР-1,2Л за їх щільності $106,8 \text{ кг/м}^3$, а в рулонах формування прес-підбирачем ППР-110 – за щільності $84,5 \text{ кг/м}^3$. При граничній щільності рулонів 120 кг/м^3 , за якої уможлиблюється належне вентилявання упаковок льонотрести підігрітим повітрям, маса рулонів не повинна перевищувати $134,7 \text{ кг}$, а щільність рулонів 85 кг/м^3 може бути забезпечена за їх маси $97,2 \text{ кг}$. Пошкодження трести, яке не перевищує 10 %, спостерігалося при використанні прес-підбирача ПР-1,2Л, що формує рулони масою $121,5 \text{ кг}$, а при використанні прес-підбирача ППР-110 – масою $96,3 \text{ кг}$. Проаналізована [11] зміна пошкодження стебел трести в рулоні, його щільності і маси залежно від лінійної маси стебел трести в рулоні та зміна цього показника від швидкості руху прес-підбирачів, кроку граблін і маси трести, яку відокремлюють і захоплюють пальці однієї граблени від масиву стрічки трести на полі, показника кінематичного режиму підбирального барабана та відношень довжини і лінійної маси шару стебел в рулоні відповідно до довжини і лінійної маси стрічки трести, що піднята з поля для формування рулону.

Зміна маси рулону залежно від масової секундної подачі трести в прес-підбирачі наведена в [10], а в [12] та [13] – наведені відповідно графіки зміни маси m_p рулонів залежно від швидкості руху v_p прес-підбирачів з пресувальними камерами (ПК) змінного і сталого об'ємів і установки регуляторів щільності рулонів (РЩР) в різні положення та рівняння, що описують відповідні кількісні зміни m_p залежно від v_p з урахуванням положень РЩР. Інформація про масу рулонів формування прес-підбирачами з різними ПК наведена і в [14]. Залишився нез'ясованим характер зміни маси рулонів залежно від технологічних параметрів процесу їх формування за винятком лінійної маси шару стебел в рулоні.

Мета дослідження полягала у з'ясуванні впливу технологічних параметрів процесу формування рулонів на їх масу як фактора, що визначає щільність упаковок і пошкодження стебел трести в них та ефективність використання навантажувачів трести і транспортних засобів, які здійснюють її перевезення.

Завдання дослідження: 1) дослідити зміну маси рулонів залежно від кроку граблін підбирального барабана прес-підбирачів та маси трести, що відокремлюють і захоплюють пальці однієї граблени від масиву стрічки льоносировини на полі, та подають в ПК прес-підбирачів для формування рулонів; 2) з'ясувати зміну маси сформованих рулонів залежно від показника кінематичного режиму підбирального барабана; 3) проаналізувати вплив відношення довжини шару стебел трести в рулоні до довжини її стрічки на полі, що піднята прес-підбирачем для формування рулону; 4) виявити характер зміни маси рулону залежно від відношення лінійної маси шару стебел трести в ньому до лінійної маси стрічки льоносировини, яку піднімає прес-підбирач з поля.

Об'єкт і методика дослідження. Об'єкт дослідження – використання лляного прес-підбирача ПР-1,2Л з ПК змінного об'єму і сінного прес-підбирача ППР-110 з ПК сталого об'єму на підбиранні стрічок трести і формуванні її рулонів. Прес-підбирачі агрегували з трактором МТЗ-80, який в умовах дослідження працював на швидкостях $4,26 \text{ км/год}$ та $7,25$ і $8,90 \text{ км/год}$. РЩР установлювали в мінімальне, основне та максимальне положення. Стрічки виготовленої трести з урожайністю $21,7 \text{ ц/га}$ та лінійною масою $0,33 \text{ кг/м}$ були утворені із льоносоломи розстеленої льонозбиральним комбайном ЛК-4А при збиранні льону-довгунця сорту Ірма із шириною захвату $1,52 \text{ м}$. Прес-підбирач ПР-1,2Л був відрегульований на формування рулонів, що мали однакові з рулонами формування прес-підбирачем ППР-110 діаметр $1,1$ і ширину $1,2 \text{ м}$.

В дослідженні деякі із факторіальних ознак розглядали як показники, що характеризують режим роботи підбирального барабана прес-підбирачів. До таких показників віднесли подачу прес-підбирача на один ряд пальців підбирального барабана, що дорівнює кроку граблин. Крок граблин підбирального барабана визначає довжину стрічки трести, яку піднімає один ряд пальців барабана або інакше – шлях, що проходить прес-підбирач за час входу в стрічку і виходу з неї пальців двох суміжних граблин [15]. До таких показників віднесли і масу трести, що відокремлюють і захоплюють від масиву стрічки льоносировини на полі пальці однієї граблини, та показник кінематичного режиму підбирального барабана.

Відношення лінійної маси (кг/м) шару стебел трести в рулоні до лінійної маси (кг/м) її стрічки, що піднімає з поля прес-підбирач, В.М. Климчук [7] назвав загальним коефіцієнтом, який враховує зміну лінійної маси стрічки при переході «поле – упаковка», а Н.О. Толстушко [16] і її співавтори – коефіцієнтом ущільнювання стрічки трести, що піднімає прес-підбирач з поля, перед намотуванням її на рулон в ПК прес-підбирача.

Методика визначення досліджуваних факторіальних ознак і маси рулонів наведені в попередніх статтях і зокрема в [11], а обробка зібраних і опрацьованих експериментальних даних здійснена з використанням стандартних комп'ютерних програм.

Результати дослідження. Крок граблин змінювався в межах: у прес-підбирачі ПР-1,2Л від 177 до 370 мм, а у прес-підбирачі ППР-110 – від 149 до 313 мм. Маса трести, яку відокремлювали і захоплювали пальці однієї граблини, приймала значення в межах: у прес-підбирачі ПР-1,2Л від 0,058 до 0,122 кг, а у прес-підбирачі ППР-110 – від 0,049 до 0,103 кг. Показник кінематичного режиму підбирального барабана прес-підбирача ПР-1,2Л змінювався від 1,22 до 2,56, а прес-підбирача ППР-110 – від 1,44 до 3,02. Відношення довжини шару стебел трести в рулоні до довжини стрічки трести, що піднята з поля для формування рулону, при використанні прес-підбирача ПР-1,2Л змінювалося від 0,512 до 1,1, а прес-підбирача ППР-110 – від 0,664 до 1,39.

Відношення лінійної маси шару стебел трести в рулоні до лінійної маси стрічки трести на полі при її підбиранні і формуванні рулонів прес-підбирачем ПР-1,2Л приймало значення від 0,91 до 1,91, а прес-підбирачем ППР-110 – від 0,54 до 1,18. Маса рулону трести формування прес-підбирачем ПР-1,2Л коливалася від 85 до 124 кг, а прес-підбирачем ППР-110 – від 90 до 140 кг.

Маса рулонів формування досліджуваними прес-підбирачами на всіх режимах роботи підбирального барабана і зміни показників оцінних параметрів шару стебел трести в пресувальній камері у визначених межах із зміщенням установки РЦР від мінімального до максимального положення зростала за прямолінійними залежностями.

Експериментальні значення кроку граблин $t_{гр}$ і маси трести $m_{тр}$, що відокремлюють і захоплюють пальці однієї граблини від масиву стрічки льоносировини на полі, та маси рулонів m_p наведені на рисунку (позиції «а» і «б»).

З рисунка видно, що маса рулонів формування прес-підбирачами ПР-1,2Л і ППР-110 із збільшенням $t_{гр}$ і $m_{тр}$ зменшується. Характер цього зменшення однаковий і відбувається за прямими, що наведені на рисунку. В табл. 1 наведені рівняння цих прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами. Із зміщенням установки РЦР від мінімального до максимального положення маса рулонів на досліджуваних рівнях $t_{гр}$ і $m_{тр}$ зростає.

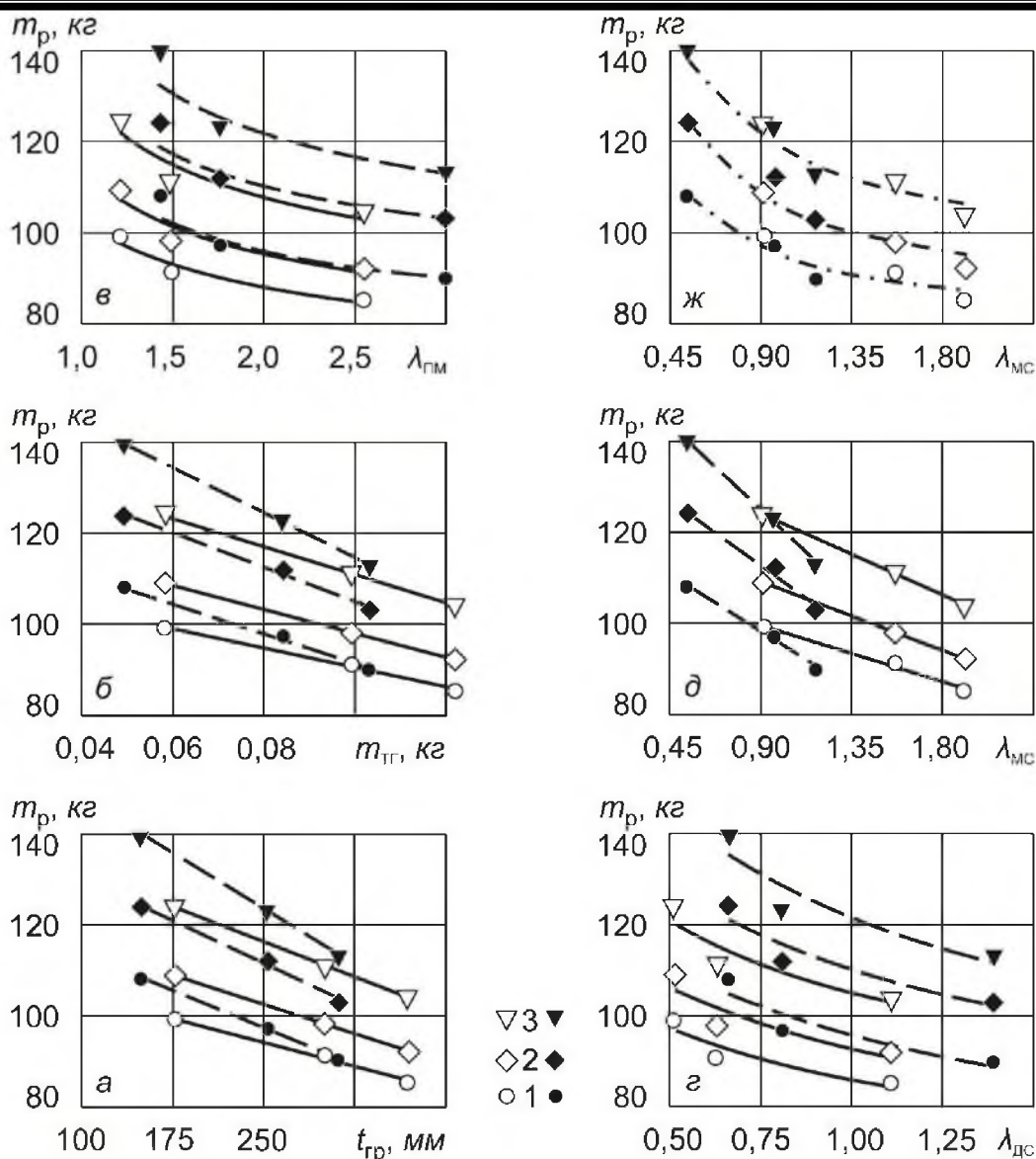


Рис 1. – Зміна маси m_p рулону формування прес-підбирачами ПР-1,2Л (суцільні лінії) і ППР-110 (пунктирні) за установки РЩР в мінімальне (1), основне (2) і максимальне (3) положення (світлі позначення – прес-підбирач ПР-11,2Л; затушовані – ППР-110) залежно від:
 а) кроку граблини $t_{гр}$ підбирального барабана; б) маси $m_{тг}$ трести, що відокремлюють і захоплюють від масиву стрічки льоносировини на полі пальці однієї граблини підбирального барабана;
 в) показника $\lambda_{гм}$ кінематичного режиму підбирального барабана; г) відношення $\lambda_{дс}$ довжини шару стебел трести в рулоні до довжини піднятої з поля стрічки льоносировини для формування упаковки;
 д) відношення $\lambda_{мс}$ лінійної маси шару стебел трести в рулоні до лінійної маси стрічки льоносировини на полі, яку піднімає прес-підбирач; ж) прогнозований узагальнений характер зміни (штрихпунктирні лінії) маси m_p рулонів формування досліджуваними прес-підбирачами залежно від відношення $\lambda_{мс}$ за установки РЩР в різні положення

Якщо простежити зміну маси рулонів формування прес-підбирачем ПР-1,2Л і прес-підбирачем ППР-110 залежно від $t_{гр}$ і $m_{тг}$ за установки РЩР в різні положення, то при використанні прес-підбирача ППР-110 у порівнянні з використанням прес-підбирача ПР-1,2Л при установці РЩР в певні положення формуються рулони більшої маси.

З рисунка і за значеннями кутових коефіцієнтів рівнянь прямих (табл. 1) простежується, що інтенсивність зменшення маси рулонів із підвищенням $t_{гр}$ і $m_{тг}$ більша в упаковках формування прес-підбирачем ППР-110.

Рівняння, що визначають кількісну зміну маси рулонів m_p (кг) залежно від режиму роботи підбирального барабана і параметрів скочуваного шару льонотрести в пресувальній камері прес-підбирачів ПР-1,2Л (чисельник) і ППР-110 (знаменник)

Оцінні показники режиму роботи підбирального барабана і параметрів скочуваного шару стебел трести в пресувальній камері прес-підбирачів	Положення регулятора щільності рулону (РЦР)*	Рівняння прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами і спадних гіпербол	R ² -коефіцієнт
Крок граблин $t_{гр}$, мм	1	$m_p = 111,90 - 0,071t_{гр}$ $m_p = 124,39 - 0,109t_{гр}$	<u>0,993</u> 0,998
	2	$m_p = 124,58 - 0,088t_{гр}$ $m_p = 143,18 - 0,126t_{гр}$	<u>0,999</u> 0,993
	3	$m_p = 142,33 - 0,103t_{гр}$ $m_p = 164,55 - 0,164t_{гр}$	<u>0,999</u> 0,999
Маса трести, що відокремлюють і захоплюють пальці однієї граблини від стрічки льоносировини на полі, $m_{тг}$, (кг)	1	$m_p = 116,75 - 215,70m_{тг}$ $m_p = 124,37 - 330,96m_{тг}$	<u>0,992</u> 0,998
	2	$m_p = 124,40 - 265,71m_{тг}$ $m_p = 143,14 - 383,16m_{тг}$	<u>0,999</u> 0,992
	3	$m_p = 142,11 - 312,77m_{тг}$ $m_p = 164,53 - 498,22m_{тг}$	<u>0,999</u> 0,999
Показник кінематичного режиму підбирального барабана $\lambda_{пм}$	1	$m_p = 72,07 + 31,33/\lambda_{пм}$ $m_p = 77,81 + 35,97/\lambda_{пм}$	<u>0,941</u> 0,666
	2	$m_p = 76,22 + 37,48/\lambda_{пм}$ $m_p = 88,52 + 43,06/\lambda_{пм}$	<u>0,894</u> 0,708
	3	$m_p = 85,43 + 44,07/\lambda_{пм}$ $m_p = 95,03 + 53,29/\lambda_{пм}$	<u>0,892</u> 0,646
Відношення $\lambda_{дс}$ довжини шару стебел трести в рулоні до довжини стрічки льоносировини, що піднята з поля для формування рулону	1	$m_p = 72,84 + 12,72/\lambda_{дс}$ $m_p = 73,47 + 21,50/\lambda_{дс}$	<u>0,936</u> 0,915
	2	$m_p = 77,16 + 15,20/\lambda_{дс}$ $m_p = 83,76 + 25,29/\lambda_{дс}$	<u>0,887</u> 0,938
	3	$m_p = 86,54 + 17,87/\lambda_{дс}$ $m_p = 88,17 + 32,14/\lambda_{дс}$	<u>0,885</u> 0,903
Відношення $\lambda_{мс}$ лінійної маси шару стебел трести в рулоні до лінійної маси стрічки льоносировини, яку піднімають з поля	1	$m_p = 111,78 - 13,74\lambda_{мс}$ $m_p = 123,21 - 27,75\lambda_{мс}$	<u>0,990</u> 0,935
	2	$m_p = 124,48 - 16,95\lambda_{мс}$ $m_p = 141,77 - 32,09\lambda_{мс}$	<u>1,000</u> 0,987
	3	$m_p = 142,21 - 19,96\lambda_{мс}$ $m_p = 162,81 - 41,79\lambda_{мс}$	<u>1,000</u> 0,998

* 1 – положення РЦР мінімальне; 2 – основне; 3 – максимальне

За умовами експерименту гранична щільність рулонів 120 кг/м^3 для належного їх вентиляції підігрітим повітрям може бути забезпечена при формуванні упаковок, маса яких не перевищує $134,7 \text{ кг}$, а мінімальна щільність 85 кг/м^3 – при формуванні рулонів масою $97,2 \text{ кг}$ [10, 11]. Виходячи з цього та аналізу графіків зміни m_p залежно від $t_{гр}$ і $m_{тг}$ (рисунок, позиції «а» і «б») доходимо висновку, що маса рулонів $134,7 \text{ кг}$ може бути забезпечена при їх формуванні прес-підбирачем ППР-110 за установки РЦР в максимальне положення та використанні його з кроком граблин 182 мм при відокремленні і

захопленні пальцями однієї граблини від масиву стрічки на полі маси трести що дорівнює 0,06 кг. Що стосується формування рулонів масою 97,2 кг, то упаковки з такою масою можуть бути отримані при використанні прес-підбирача ППР-110 за установки РЦР в максимальне положення з кроком граблин 249 мм при відокремленні і захопленні пальцями однієї граблини від масиву стрічки на полі маси трести, що дорівнює 0,082 кг. Рулони з масою 97,2 кг можуть бути сформовані і прес-підбирачем ПР-1,2Л за установки РЦР в мінімальне і основне положення з кроком граблин відповідно 207 і 311 мм при відокремленні і захопленні від масиву стрічки льоносировини на полі пальцями однієї граблини маси трести, що дорівнює в тій же послідовності 0,090 і 0,102 кг.

При використанні прес-підбирача ППР-110 10-відсоткове пошкодження стебел трести в рулоні, як вказувалося, спостерігалось за умовами досліду при його масі 96,3 кг. Така маса рулону формування прес-підбирачем ППР-110 можлива при установці РЦР в мінімальне положення, кроку граблин 258 мм і маси трести, яку відокремлюють і захоплюють від масиву стрічки на полі пальці однієї граблини, що становить 0,085 кг.

10-відсоткове пошкодження стебел трести в рулонах формування прес-підбирачем ПР-1,2Л прогнозоване за маси рулону 121,5 кг, яка можлива при установці РЦР в максимальне положення, кроку граблин 202 мм і маси трести, яку відокремлюють і захоплюють від масиву стрічки трести на полі пальці однієї граблини, що становить 0,066 кг.

На рисунку (позиція «в») наведені одержані розрахунком за коловою швидкістю пальців граблин підбиральних барабанів і поступальною швидкістю прес-підбирачів значення показників кінематичного режиму підбирального барабана та відповідні їм значення маси рулонів формування прес-підбирачами ППР-110 і ПР-1,2Л за установки РЦР в різні положення. З наведених даних простежується, що із підвищенням показника $\lambda_{\text{пм}}$ кінематичного режиму підбирального барабана маса m_r рулонів формування досліджуваними прес-підбирачами зменшується і зростає із зміщенням установки РЦР від мінімального до максимального положення. Для з'ясування характеру зміни m_r залежно від $\lambda_{\text{пм}}$ стосовно прес-підбирачів ПР-1,2Л і ППР-110 за установки їхніх РЦР в різні положення здійснено вирівнювання експериментальних значень маси рулонів рівняннями прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами та криволінійними залежностями – степеневими, логарифмічними, експоненціальними і гіперболічними. У разі вирівнювання рівняннями прямих за установки РЦР у мінімальне, основне і максимальне положення стосовно прес-підбирача ППР-110 R^2 -коефіцієнти становили відповідно 0,809 та 0,843 і 0,792, прес-підбирача ПР-1,2Л – 0,843 та 0,766 і 0,773. За значеннями кутових коефіцієнтів рівнянь прямих опосередковано можна вести мову про інтенсивність зниження маси рулонів із підвищенням показника $\lambda_{\text{пм}}$. Із зміщенням установки РЦР від мінімального до максимального положення інтенсивність зниження маси рулонів зростає і дещо більше при використанні прес-підбирача ППР-110 у порівнянні з прес-підбирачем ПР-1,2Л. За установки РЦР в мінімальне, основне і максимальне положення темп зниження маси рулонів з підвищенням $\lambda_{\text{пм}}$ на одиницю зростає і становить при їх формуванні прес-підбирачем ППР-110 відповідно 9,8 кг та 11,6 і 14,7 кг, а прес-підбирачем ПР-1,2Л у тій же послідовності 9,1 кг та 10,7 і 12,6 кг.

Серед криволінійних залежностей найкраще узгодження експериментальних значень маси рулонів формування прес-підбирачем ППР-110 з апроксимованими забезпечило вирівнювання степеневими функціями, за яких R^2 -коефіцієнти при установці РЦР у мінімальне, основне і максимальне положення становили відповідно 0,880 та 0,909 і 0,869. При формуванні рулонів прес-підбирачем ПР-1,2Л найкраще узгодження маси рулонів, що визначена експериментально, і апроксимованої забезпечило вирівнювання спадними гіперболами, за яких R^2 -коефіцієнти при установці РЦР у мінімальне, основне і максимальне положення становили відповідно 0,941 та 0,894 і 0,892. У разі апроксимації

експериментальних значень m_p формування прес-підбирачем ППР-110 рівняннями гіпербол R^2 -коефіцієнти при установці РЩР у мінімальне, основне і максимальне положення становили відповідно 0,666 та 0,708 і 0,646. Рівняння відповідних гіпербол, що визначають характер зміни m_p залежно від $\lambda_{\text{пм}}$, наведені в таблиці, а на рисунку (позиція «в») наведені криві, що побудовані за цими рівняннями. Абсциси гіпербол, що визначають можливі мінімальні значення маси рулонів, із зміщенням установки РЩР від мінімального до максимального положення зростають і дещо на більші значення при формуванні рулонів прес-підбирачем ППР-110. Маса рулонів 134,7 кг може бути отримана при їх формуванні за умовами досліду прес-підбирачем ППР-110 за установки РЩР в максимальне положення і використання прес-підбирача на швидкості, яка забезпечує одержання показника кінематичного режиму підбирального барабана, що дорівнює 1,34. Мінімальне значення маси рулонів 97,2 кг прогнозовано може бути отримане при їх формуванні прес-підбирачем ПР-1,2Л за установки РЩР в мінімальне і основне положення на режимі експлуатації з показником кінематичного режиму підбирального барабана, що дорівнює відповідно 1,25 і 1,79. Таке ж значення маси рулонів може бути отримано і при їх формуванні прес-підбирачем ППР-110 за установки РЩР в мінімальне положення за показника кінематичного режиму підбирального барабана, що становить 1,86.

За дослідженнями 10-відсоткове пошкодження стебел трести в рулонах формування прес-підбирачем ППР-110 визначене за їх маси 96,3 кг, а в рулонах формування прес-підбирачем ПР-1,2Л – за маси 121,5 кг. При використанні прес-підбирача ППР-110 масу рулонів 96,3 кг можливо отримали за установки РЩР в мінімальне положення і показника кінематичного режиму підбирального барабана 1,95. Рулони масою 121,5 кг формування прес-підбирачем ПР-1,2Л за результатами дослідження можливо отримати при установці РЩР в максимальне положення і показника кінематичного режиму підбирального барабана 1,22.

З графіків (рисунок, позиція «в») видно, що криві зміни m_p залежно від $\lambda_{\text{пм}}$ при використанні прес-підбирача ПР-1,2Л за установки РЩР в основне положення і прес-підбирача ППР-110 за установки РЩР в мінімальне положення майже збігаються. Для цих кривих характерна і незначна різниця в гіперболічних рівняннях (табл. 1) за значеннями вільних членів і коефіцієнтів при аргументі.

Експериментальні значення відношення $\lambda_{\text{дс}}$ довжини шару стебел трести в рулоні до довжини піднятої з поля стрічки льоносировини для формування рулону прес-підбирачами ППР-110 і ПР-1,2Л за установки РЩР в різні положення та відповідні їм значення маси m_p рулонів наведені на рисунку (позиція «г»). З наведених даних видно, що із збільшенням відношення $\lambda_{\text{дс}}$ маса m_p рулонів формування прес-підбирачем ППР-110 і прес-підбирачем ПР-1,2Л зменшується і зростає із зміщенням установки РЩР від мінімального до максимального положення. Для з'ясування характеру зміни m_p залежно від $\lambda_{\text{дс}}$ при формуванні рулонів досліджуваними прес-підбирачами за установки їхніх РЩР в різні положення здійснено вирівнювання експериментальних значень m_p рівняннями прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами та криволінійними залежностями – степеневими, логарифмічними, експоненціальними та гіперболічними. При вирівнюванні рівняннями прямих за установки РЩР в мінімальне, основне і максимальне положення стосовно прес-підбирача ППР-110 R^2 -коефіцієнти становили відповідно 0,807 та 0,841 і 0,789, а прес-підбирача ПР-1,2Л – 0,835 та 0,766 і 0,764.

Серед криволінійних залежностей найкраще вирівнювання експериментальних значень маси рулонів залежно від відношення $\lambda_{\text{дс}}$ забезпечила їх апроксимація рівняннями спадних гіпербол. При вирівнюванні такими рівняннями за установки РЩР в мінімальне, основне і максимальне положення стосовно прес-підбирача ПР-1,2Л R^2 -коефіцієнти становили відповідно 0,936 та 0,887 і 0,885, а прес-підбирача ППР-110 – 0,915 та 0,938 і 0,903. Рівняння відповідних гіпербол, що визначають характер зміни m_p залежно

від λ_{dc} наведені в табл. 1, а на рисунку (позиція «з») наведені криві, що побудовані за цими рівняннями. Абсиси гіпербол, що визначають можливі мінімальні значення маси рулонів, із зміщенням установки РЩР від мінімального до максимального положення зростають і дещо на більші значення при формуванні рулонів прес-підбирачем ППР-110.

Маса рулонів 134,7 кг може бути отримана при їх формуванні прес-підбирачем ППР-110 за установки РЩР в максимальне положення та забезпеченні відношення λ_{dc} , яке становить 0,69. Маса рулонів 97,2 кг може бути отримана при їх формуванні прес-підбирачем ПР-1,2Л і установці РЩР в мінімальне і основне положення, за яких забезпечується відношення λ_{dc} відповідно 0,52 і 0,76.

Вказувалося, що 10-відсоткове пошкодження стебел трести в рулонах формування прес-підбирачем ПР-1,2Л обмежується їх масою 121,5 кг, а в рулонах формування прес-підбирачем ППР-110 – 96,3 кг. Рулони формування прес-підбирачем ПР-1,2Л з масою 121,5 кг за умовами дослідів можуть бути отримані при установці РЩР в максимальне положення, якщо відношення λ_{dc} становить 0,511. У разі використання прес-підбирача ППР-110 формування рулонів масою 96,3 кг можливе при установці РЩР в мінімальне положення за відношення λ_{dc} 0,94.

Маса рулонів m_r (рисунок, позиція «д») із збільшенням відношення λ_{mc} лінійної маси шару стебел трести в рулоні до лінійної маси стрічки трести, яку піднімають з поля для формування упаковки, зменшується, а на досліджуваних рівнях λ_{mc} при використанні прес-підбирачів ППР-110 і ПР-1,2Л із зміщенням установки РЩР від мінімального до максимального положення зростає. За установки РЩР в мінімальне, основне і максимальне положення у разі апроксимації зміни m_r залежно від λ_{mc} рівняннями прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами стосовно використання прес-підбирача ППР-110 R^2 -коефіцієнти становили відповідно 0,995 та 0,987 і 0,998, а – прес-підбирача ПР-1,2Л в тій же послідовності 0,990 та 1,0 і 1,0. З графіків (рисунок, позиція «д») видно, що інтенсивність зниження m_r залежно від λ_{mc} більша в рулонах формування прес-підбирачем ППР-110, ніж в рулонах, що були сформовані прес-підбирачем ПР-1,2Л. Кутові коефіцієнти рівнянь прямих, що описують зміну m_r залежно від λ_{mc} за різних положень РЩР формування прес-підбирачем ППР-110 коливалися в межах мінус 27,7 – мінус 41,8, а прес-підбирачем ПР-1,2Л – від мінус 13,7 до мінус 19,5, тобто інтенсивність зниження m_r залежно від λ_{mc} рулонів, що були сформовані прес-підбирачем ППР-110, в середньому у 2 рази перевищує інтенсивність зниження m_r формування прес-підбирачем ПР-1,2Л. Для подальшого аналізу характеру зниження m_r залежно від λ_{mc} об'єднали в одні статистичні групи експериментальні дані про λ_{mc} і m_r формування прес-підбирачами ППР-110 і ПР-1,2Л, але за установки РЩР окремо в мінімальне, основне та максимальне положення. Виявилось, що за такого об'єднання зміну m_r залежно від λ_{mc} можна подати спадними степеневими, гіперболічними, логарифмічними та експоненціальними функціями.

З урахуванням характеру зміни маси рулонів залежно від інших факторіальних ознак, про які йшлося вище, та здійснених співставлень значень R^2 -коефіцієнтів при апроксимації зміни m_r залежно від λ_{mc} різними спадними криволінійними залежностями дійшли висновку, що доцільніше аналізовану зміну подати рівняннями спадних гіпербол, які мають вигляд за установки РЩР в положення:

– мінімальне

$$m_r = 78,48 + 16,55/\lambda_{mc} \quad (1)$$

при $r = -0,934$; $\eta = 0,968$; $R^2 = 0,928$; $\lambda_{пв} = 0,022$; $S_y = 1,86$ кг і $k_d = 0,937$;

– основне

$$m_r = 83,26 + 23,11/\lambda_{mc} \quad (2)$$

при $r = -0,969$; $\eta = 0,988$; $R^2 = 0,938$; $\lambda_{пв} = 0,026$; $S_y = 1,59$ кг і $k_d = 0,976$;

– максимальне

$$m_p = 92,86 + 26,35/\lambda_{mc} \quad (3)$$

при $r = -0,981$; $\eta = 0,987$; $R^2 = 0,963$; $\lambda_{пв} = 0,019$; $S_y = 1,83$ кг і $k_d = 0,975$,

де r – коефіцієнт кореляції між масою m_p рулонів (результативна ознака), що одержана їх формуванням прес-підбирачами за установки РЦР в певне положення, і відношенням λ_{mc} лінійної маси шару стебел трести в рулоні до лінійної маси стрічки льоносировини на полі, яку піднімає (підбирає) прес-підбирач (факторіальна ознака); η – кореляційне відношення результативної ознаки по факторіальній; R^2 – коефіцієнт, що визначає міру наближення експериментальних значень результативної ознаки до вирівняних за відповідною апроксимуючою гіперболічною функцією; $\lambda_{пв}$ – показник оцінювання вирівнювання експериментальних значень результативної ознаки, що являє відношення основної помилки вирівнювання до середнього значення результативної ознаки; S_y – помилка рівнянь (1 – 3) гіперболічних функцій, яку визначали за відповідними кореляційними відношеннями m_p по λ_{mc} і середніми квадратичними відхиленнями маси рулонів формування прес-підбирачами ПР-1,2Л і ППР-110 за установки РЦР у відповідне положення; k_d – коефіцієнт детермінації, що визначає силу впливу відношення λ_{mc} на масу рулонів формування досліджуваними прес-підбирачами за установки РЦР у відповідне положення.

Перевищення чисельних значень кореляційних відношень над коефіцієнтами кореляції досліджуваних зв'язків підтверджує їхній криволінійний характер, а визначені R^2 -коефіцієнти свідчать, що здійснена апроксимація цього характеру зміни m_p залежно від λ_{mc} рівняннями гіпербол оцінюється з вірогідністю в межах 0,928–0,963. Показники оцінювання вирівнювання експериментальних значень маси рулонів залежно від відношення λ_{mc} за установки РЦР в різні положення приймали значення від 0,019 до 0,026, що значно менші 0,1, яке прийнято за умову задовільного вирівнювання [17]. Помилки гіперболічних рівнянь (1 – 3) коливалися в межах 1,59–1,86 кг. З наведених графіків (рисунок, позиція «ж») видно, що із збільшенням відношення λ_{mc} від 1,18 темп зниження маси рулонів значно уповільнюється і знаходиться в межах помилок гіперболічних рівнянь або близько до визначених помилок. За значеннями коефіцієнтів детермінації варіація маси рулонів на 94–97 % причинно зумовлена варіацією відношення λ_{mc} .

Асимптоти рівнянь гіпербол, які апроксимують зміну m_p залежно від λ_{mc} , за установки РЦР у мінімальне, основне і максимальне положення дорівнюють відповідно 78,48 кг та 83,26 і 93,86 кг, тобто із зміщенням РЦР від мінімального до максимального положення криві зміни m_p від λ_{mc} зрушуються по осі ординат уверх (рисунок, позиція «ж»). Наведені абсциси визначають граничне зниження маси рулонів із збільшенням відношення λ_{mc} і попадають в діапазон значень маси упаковок, за якої уможливується їх формування з бажаною щільністю і допустимим пошкодженням стебел трести, але враховуючи установку РЦР у відповідне положення.

Висновки. Оцінними показниками режиму роботи підбирального барабана прес-підбирачів визначені крок граблин і маса трести, що відокремлюють і захоплюють від масиву стрічки льоносировини на полі пальці однієї граблини, та показник кінематичного режиму підбирального барабана. Що стосується параметрів шару стебел трести в рулоні, то такими прийняті довжина і маса скочуваного на упаковку шару. При цьому в дослідженні прийняті відносні показники шару – відношення його довжини і лінійної маси відповідно до довжини стрічки трести, що піднімають з поля для формування рулону, і лінійної маси цієї стрічки. Залежно від кроку граблин і маси трести, що відокремлюють і захоплюють пальці однієї граблини, зміна маси рулонів формування прес-підбирачами ПР-1,2Л і ППР-110 описується різними прямими з від'ємними кутовими коефіцієнтами стосовно кожного із досліджуваних прес-підбирачів за установки РЦР в різні положення.

Зміна маси рулонів формування різними прес-підбирачами залежно від показника кінематичного режиму підбирального барабана і відношення довжини шару стебел трести в рулоні до довжини піднятої для формування рулону стрічки льоносировини описується спадними гіперболами стосовно різних положень РЩР і досліджуваних прес-підбирачів. Розміщення сімейства кривих зміни маси рулонів залежно від кожного з двох аргументів щодо осі ординат однакове. В досліджуваних діапазонах зміни показника кінематичного режиму підбирального барабана і відношення відповідних довжин мінімальна маса рулонів характерна при їх формуванні прес-підбирачем ПР-1,2Л і установці РЩР в мінімальне положення, а максимальна – прес-підбирачем ППР-110 і установці РЩР в максимальне положення.

Залежно від відношення лінійної маси шару стебел трести в рулоні до лінійної маси стрічки льоносировини, що піднімають з поля прес-підбирачі, стосовно кожного з них при установці РЩР в певне положення маса рулонів зменшується і це зменшення відбувається за прямими з від'ємними кутовими коефіцієнтами. За умови об'єднання експериментальних значень маси рулонів формування прес-підбирачами ПР-1,2Л і ППР-110 в одну статистичну групу, але за установки РЩР в певні положення зміну результативної ознаки залежно від відношення відповідних лінійних мас можна подати спадними гіперболами з визначеними рівняннями і значеннями R^2 -коефіцієнтів.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку має бути спрямований на пошук і з'ясування залежностей, що визначають і розкривають кількісно-масовий зв'язок між густиною стеблостою льону-довгунця перед збиранням, висотою та діаметром і масою стебел, параметрами стрічки розстеленої соломи для готування рошенцевої льонотрести, шириною захвату і швидкістю руху льонозбирального комбайна.

Література:

1. Шейченко В.О. Льонозбиральна техніка: проблеми та перспективи розвитку / В.О. Шейченко // Вісн. аграр. науки. – 2010. – № 5. – С. 60–65.
2. Малиновський А. С. Стан та шляхи відродження льонарства / А. С. Малиновський // Вісн. аграр. науки. – 2006. – № 9. – С. 73–76.
3. Лімонт А. Льон-довгунець і конкурентоспроможність льонарства та його відродження / А. Лімонт // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 11 (86). – С. 14–20.
4. 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.
5. 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.
6. Приймачук Т.Ю. Розвиток галузі льонарства в Україні / Т.Ю. Приймачук, Т.А. Штанько, В.Б. Ковальов // Вісн. аграр. науки. – 2017. – № 7 – С. 68–75.
7. Климчук В. М. Теоретичні основи формування рулонів льонотрести пресами з камерами змінюваного і постійного об'ємів / В. М. Климчук // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний наук. зб. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2007. – Вип. 91. – С. 148–156.
8. 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.: міжвідомчий тематичний наук. зб. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 2008. – Вип. 92. – С. 493–500.
9. Лімонт А.С. Параметри формування рулонів і елементи технологізації використання прес-підбирачів льонотрести / А.С. Лімонт // Вісн. Харків. нац. техн. ун-ту с. г. ім. Петра Василенка: технічні системи і технології тваринництва; технічний сервіс машин для рослинництва. – Х., 2016. – Вип. 170. – С. 194–204.

10. Формування рулонів льонотрести прес-підбирачами / А.С. Лімонт, В.М. Климчук, В.В. Любченко [та ін.] // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 8. – С. 45–48.
11. Лімонт А.С. Технологічні параметри формування рулону і його товарні якості при використанні на збиранні льонотрести прес-підбирачів / А.С. Лімонт, В.М. Климчук // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: наук. журнал / Харків. нац. техн. ун-т с. г. ім. Петра Василенка. – Х., 2017. – № 9. – С. 6–20.
12. Товарні якості рулонів льонотрести сформованих прес-підбирачами / [В.О. Шейченко, А.С. Лімонт, М.М. Толстушко, В.М. Климчук] // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк: РВВ Луцького нац. техн. ун-ту, 2014. – Вип. 28. – С. 121–129.
13. Limont A. The productivity of balers under flax harvesting / A. Limont // British Journal of Science, Education and Culture. – London: «London University Press», 2014. – № 2 (6). – P. 22–27.
14. Limont A. Rolls mass of the flax stock as packing product qualities parameter/ A. Limont // Yale Journal of Science and Education. – «Yale University Press», 2016. – № 1 (18). – Vol. X. – P. 406–412.
15. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: [підруч. для підготовки фахівців з напрямку «Механізація та електрифікація с. г.»] / [Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
16. Толстушко Н.О. Аналіз транспортування стрічки льону в пресувальну камеру прес-підбирача / Н.О. Толстушко, С.Ф. Юхимчук, В.Ф. Кузьменко // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк: РВВ Луцького нац. техн. ун-ту, 2013. – Вип. 24. – С. 363–369.
17. Методика статистической обработки эмпирических данных: РТМ 44–62. – М.: Изд-во стандартов, 1966. – 100 с.

Summary

A. Limont, V. Klymchuk The effects of operating mode of the gathering cylinder of pick up balers and the parameters of the rolled flax stock layer on the mass of its rolls

The paper highlights the efficiency of using roll pickup balers for harvesting dew-retted flax stock. The research is aimed at specifying the effects of the operating mode of the gathering cylinder of ПП-1.2Л flax pickup baler with the bale chamber of accessory volume and ППП-110 hay pickup baler with constant volume bale chamber, as well as the parameters of flax stock layer rolled in bale chambers on the mass of formed rolls. Pickup balers were ganged up with МТЗ-80 tractor which work at the velocity of 4.26, 7.25 and 8.90 km per hour. Roll density controllers in the investigated pick up balers were fixed in the minimum, basic and maximum positions. The flax straw belt was spread by the flax combine which harvested Irma fibre flax variety with the coverage of 1.52m. The flax stock yielding capacity amounted to 21.7 centners per ha, and the linear mass of its belt - 0.33 kg/m. The operating mode of the gathering cylinder was evaluated by the bar step and by the flax mass which was separated and taken away from the spread belt mass by the fingers of a bar. The mode was also evaluated by the index of the gathering gathering cylinder kinematic mode. The correlations between the length and linear mass of the layer in relation to the length and linear mass of the flax stock belt which was picked up from the field to form a roll are taking as parameters of the flax stalk layer which was rolled in the gathering cylinder. The step of bars changed within the following limits: in ПП-1.2Л baler - from 177 to 313mm, and in ППП-110 baler - from 149 to 313mm. The flax stock mass which was separated and taken away by the fingers of one bar adopted the values in the following limits: in ПП-1.2Л baler - from 0.058 to 0.122 kg, and in ППП-110 baler – from 0.049 to 0.103 kg. The indices of the kinematic mode of the gathering cylinder of ПП-1.2Л

and ППП-110 balers changed within the limits off 1.22–2.56 and 1.44–3.02 respectively. The correlation between the stalk layer length in the roll and the length of the flax stock belt which was picked up from the field by ПП-1.2 and ППП-110 balers changed from 0.512 to 1.1 and from 0.664 to 1.39 respectively.

The correlation between the linear mass of flax stock layer in rolls and the linear mass of flax stock belt which was picked up by ПП-1.2Л and ППП-110 balers changed from 0.91 to 1.91 and from 0.54 to 1.18 respectively. The mass of flax stock roll formed by ПП-1.2Л and ППП-110 balers changed from 85 to 124 kg and from 90 to 140 kg respectively. Depending on the step of bars and mass of flax stock which was separated and taken from the mass of the spread flax raw belt, the change in the roll mass is described by the linear dependencies with negative slope coefficients. The change in the roll mass depending on the index of baling chamber kinematic mode is described by the equations of descending hyperbolae. The changes in the mass of rolls depending on the correlation between the length of stalk layer in the roll and the length of flax stock belt which was picked up from the field to form a roll is described by separate descending hyperbolae in relation to various pick up balers and the position of the roll density controller. Depending on the correlation between the linear mass of stalk layer in the roll and the linear mass of flax stock belt which was picked up from the field, the change in the mass of rolls is described by similar descending hyperbolae for both pick up balers, but by different hyperbolae as concerns the position of roll density controller.

Keywords: flax stock, harvesting, pick up baler, gathering cylinder, baling chamber, roll, mass.

References

1. Shejchenko V.O. L'onozbyral'na tehnik: problemy ta perspektyvy rozvytku / V.O. Shejchenko // Visn. agrar. nauky. – 2010. – № 5. – S. 60–65.
2. Malynovs'kyj A. S. Stan ta shljahy vidrodzhennja l'onarstva / A. S. Malynovs'kyj // Visn. agrar. nauky. – 2006. – № 9. – S. 73–76.
3. Limont A. L'on-dovgunec' i konkurentospromozhnist' l'onarstva ta jogo vidrodzhennja / A. Limont // Tehnika i tehnologii' APK. – 2016. – № 11 (86). – S. 14–20.
4. Luzan Ju. Ja. Kryza l'onarstva ta shljahy i'i' podolannja / Ju. Ja. Luzan, V. M. Nelep, O. M. Golovnja // Ekonomika APK. – 2008. – № 3. – S. 38–45.
5. Tehnologichni aspekty vidrodzhennja l'onarstva v Ukraini / [V. M. Nelep, O. M. Golovnja, O. V. Romanjuk, O. A. Dejneka] // Agroinkom. – 2008. – № 11–12. – S. 27–30.
6. Pryjmachuk T.Ju. Rozvytok galuzi l'onarstva v Ukraini / T.Ju. Pryjmachuk, T.A. Shtan'ko, V.B. Koval'ov // Visn. agrar. nauky. – 2017. – № 7 – S. 68–75.
7. Klymchuk V. M. Teoretychni osnovy formuvannja ruloniv l'onotresty presamy z kameramy zminjuvanogo i postijnogo ob'jemiv / V. M. Klymchuk // Mehanizacija ta elektryfikacija sil'skogo gospodarstva: mizhvidomchij tematychnyj nauk. zb. – Glevaha: NNC «IMESG» UAAN, 2007. – Vyp. 91. – S. 148–156.
8. Porivnjannja tehnologichnyh parametriv i tovarnyh jakostej ruloniv l'onotresty, sformovanyh presamy z kameramy zminjuvanogo i postijnogo ob'jemu / [V.M. Klymchuk, V.V. Ljubchenko, V.I. Kamins'kyj, G.I. Karpeka] // Mehanizacija ta elektryfikacija s. g.: mizhvidomchij tematychnyj nauk. zb. – Glevaha: NNC «IMESG» UAAN, 2008. – Vyp. 92. – S. 493–500.
9. Limont A.S. Parametry formuvannja ruloniv i elementy tehnologizacii' vykorystannja prespidbyrachiv l'onotresty / A.S. Limont // Visn. Harkiv. nac. tehn. un-tu s.-g. im. Petra Vasylenka: tehnicni systemy i tehnologii' tvarynnyctva; tehnicnij servis mashyn dlja rosljnyctva. – H., 2016. – Vyp. 170. – S. 194–204.

10. Formuvannja ruloniv l'onotresty pres-pidbyrachamy / A.S. Limont, V.M. Klymchuk, V.V. Ljubchenko [ta in.] // Visn. agrar. nauky. – 2011. – № 8. – S. 45–48.
11. Limont A.S. Tehnologichni parametry formuvannja rulonu i jogo tovarni jakosti pry vykorystanni na zbyranni l'onotresty pres-pidbyrachiv / A.S. Limont, V.M. Klymchuk // Tehnichnyj servis agropromyslovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv: nauk. zhurnal / Harkiv. nac. tehn. un-t s. g. im. Petra Vasylenka. – H., 2017. – № 9. – S. 6–20.
12. Tovarni jakosti ruloniv l'onotresty sformovanyh pres-pidbyrachamy / [V.O. Shejchenko, A.S. Limont, M.M. Tolstushko, V.M. Klymchuk] // Sil'skogospodars'ki mashyny: zb. nauk. st. – Luc'k: RVV Luc'kogo nac. tehn. un-tu, 2014. – Vyp. 28. – S. 121–129.
13. Limont A. The productivity of balers under flax harvesting / A. Limont // British Journal of Science, Education and Culture. – London: “London University Press”, 2014. – № 2 (6). – P. 22–27.
14. Limont A. Rolls mass of the flax stock as packing product qualities parameter/ A. Limont // Yale Journal of Science and Education. – «Yale University Press», 2016. – № 1 (18). – Vol. X. – P. 406–412.
15. Sil'skogospodars'ki mashyny. Osnovy teorii' ta rozrahunku: [pidruch. dlja pidgotovky fahivciv z naprjamu «Mehanizacija ta elektryfikacija s. g.»] / [D.G. Vojtjuk, V.M. Baranovs'kyj, V.M. Bulgakov ta in.]; za red. D.G. Vojtjuka. – K.: Vyshha osvita, 2005. – 464 s.
16. Tolstushko N.O. Analiz transportuvannja strichky l'onu v presuval'nu kameru pres-pidbyracha / N.O. Tolstushko, S.F. Juhymchuk, V.F. Kuz'menko // Sil'skogospodars'ki mashyny: zb. nauk. st. – Luc'k: RVV Luc'kogo nac. tehn. un-tu, 2013. – Vyp. 24. – S. 363–369.
17. Metodyka statystycheskoj obrabotky empirycheskyh dannyh: RTM 44–62. – M.: Yzd-vo standartov, 1966. – 100 s.