

УДК 633.521:631.172

**ВИТРАТА ПАЛИВА ПРИ ВИКОРИСТАННІ НАВАНТАЖУВАЧІВ ТА ЩІЛЬНІСТЬ УПАКОВОК ЛЬОНОТРЕСТИ**

Лімонт А.С., к.т.н., с. н. с., Климчук В.М., к. т. н., с. н. с.  
(Житомирський національний агроекологічний університет  
Інститут сільського господарства Полісся НААНУ)

*Узагальнена інформація про об'ємну масу стебел льону-довгунця та щільність упаковок льонотрести. Досліджено зміну витрати дизельного палива навантажувачами, що агрегуються з тракторами Мінського тракторного і Південного машинобудівного заводів, залежно від об'ємної маси вантажів. Зпрогнозована щільність упаковок льонотрести при використанні на її збиранні прес-підбирачів.*

**Постановка проблеми.** Завершальними операціями в технологічному процесі готування рошенцевої трести при збиранні льону-довгунця комбайнами є піднімання стрічки вилежаної трести з формуванням відповідних упаковок, навантажування останніх в транспортні засоби і транспортування до льонопереробних пунктів. Найбільш доцільними тепер вважають упаковки трести у вигляді рулонів, які формують прес-підбирачами з пресувальними камерами (ПК) змінного і сталого об'ємів. Екологічно спрямований розвиток механізованого збирання трести може бути забезпечений за умови мінімізації витрати палива на виконання окремих операцій збирального процесу і зокрема навантажування упаковок льоносировини з урахуванням їх окремих товарних якостей, які визначаються експлуатаційними режимами використання і регулюваннями прес-підбирачів. Про з'ясування деяких з цих питань і йтиметься в пропонованому повідомленні.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Однією з важливих товарних якостей рулону є його щільність [1]. Наприклад [2], відповідна щільність рулонів сіна і соломи забезпечує економічність використання прес-підбирачів, оскільки зменшуються витрати на сітку, плівку і взагалі на обмотувальний матеріал та на перевезення рулонів. Крім того, підвищена щільність рулонів сприяє зменшенню потреби в площі для зберігання продукції і підвищенню продуктивності прес-підбирачів внаслідок зменшення числа вимушених зупинок для обв'язування рулонів.

Для належного сушіння льоносировини з метою запобігання погіршенню її якості і втратам при зберіганні щільність трести в кіпі (своєрідна упаковка трести) має бути 110...120 кг/м<sup>3</sup> [3], а шару трести в рулоні – 100...120 кг/м<sup>3</sup> [4]. За даними різних джерел об'ємна маса (кг/м<sup>3</sup>) стебел льону-довгунця становить: 60...75 [5], 70...75 [6], 100 [7], 60...120 [8]; льонотрести у великих упаковках масою 0,9...1,2 т – 90...120 [9]; маса 1 м<sup>3</sup> трести при невеликому ущільненні становить 60 кг, льоносоломи – 80 кг, а при значному – відповідно 80 і 105 кг

[10]; об'ємна маса льону непресованого без упаковки –  $150 \text{ кг/м}^3$  [11]. Щільність ( $\text{кг/м}^3$ ) рулонів трести при використанні прес-підбирачів становить [12]: 120...200 (ПРП-1,6М з пристроєм ПРЛ-1), 139 (ППР-110), 80...120 (ПРЛ-150), 177...200 (фірм Riviere Casalis, Houward і Dehonott).

За дослідженнями [13, 14] льонотресту пресували до щільності  $500\text{...}600 \text{ кг/м}^3$ . Пресування трести до вказаної щільності не чинило негативного впливу на її міцність [13]. На міцність трести впливала тривалість знаходження її у пресованому стані. Тресту, що має зберігатися впродовж 9 місяців, слід пресувати до щільності не більш  $375 \text{ кг/м}^3$  за вологості при пресуванні 20%.

У першому наближенні щільність пресування  $375 \text{ кг/м}^3$  може бути визначена як граничне максимальне значення щільності рулонів трести. Проте тут варто враховувати і пошкодження трести. За вимогами до льонозбиральної техніки [15] при використанні комбайнів відкритий злам стебел з розривом волокна не повинен перевищувати 5%, а при використанні прес-підбирачів збільшення пошкодження стебел, які впливають на вихід довгого волокна, не повинна перевищувати 5%. Отже, вважаємо, що в рулонах трести пошкодження стебел з урахуванням їх пошкодження в льонозбиральному комбайні не повинно перевищувати 10%.

У працях [1, 16] наведені результати експериментальних досліджень прес-підбирачів з ПК змінного і сталого об'ємів при їх використанні на збиранні трести, що уможливили вести пошук кількісного зв'язку між щільністю рулонів і пошкодженням стебел трести в них.

З об'ємною масою матеріалів пов'язана витрата палива при їх навантажуванні в технологічних процесах механізованого виробництва. Витрата палива визначає і екологічність цих процесів. Досліджено [17], що питома витрата палива ( $\text{кг}$  на тонну навантаженого вантажу) двигунами тракторів Мінського тракторного і Південного машинобудівних заводів в складі з навантажувачами із збільшенням об'ємної маси вантажу зменшується за криволінійними залежностями із поступовим сповільненням. Варто використати результати цих досліджень для прогнозування граничної щільності рулонів за умови підвищення питомої витрати палива.

**Мета дослідження** полягала у з'ясуванні екологічно спрямованого механізованого збирання льонотрести за умови обмеження пошкодження стебел льоносировини та витрати палива на її навантажування. *Завдання дослідження:* 1) узагальнити інформацію про об'ємну масу стебел льону-довгунця та щільність упаковок льонотрести; 2) з'ясувати граничне підвищення питомої витрати палива на навантажування упаковок трести залежно від їх щільності; 3) дослідити вплив щільності упаковок трести на пошкодження її стебел у сформованих рулонах.

**Об'єкт та методика дослідження.** Об'єктом дослідження був технологічний процес збирання трести льону-довгунця з оцінюванням щільності упаковок льоносировини і пошкодження стебел та прогнозуванням витрати палива на навантажування рулонів. Дані про об'ємну масу стебел

льону-довгунця та щільність упаковок льонотрести відбирали з літературних джерел, що наведені в переліку посилань цієї статті. Витрату дизельного палива в кг на тонну навантаженого вантажу двигунами, що встановлені на тракторах Мінського тракторного і Південного машинобудівного заводів у разі агрегування таких тракторів з навантажувачами, вибирали з Типових норм виробітку і витрачання палива на навантажувальні роботи. Інформацію про об'ємну масу (щільність) вантажів ( $\text{т/м}^3$ ) вибирали з довідників про характеристики відповідних матеріалів. Зв'язок між витратою палива на навантажування вантажів і їх щільністю визначали шляхом кореляційного аналізу.

Досліджувані рулони формували за допомогою льяного прес-підбирача ПР-1,2Л з ПК змінного об'єму і сінного ППР-110 з ПК сталого об'єму. Завдяки регулюванню прес-підбирач ПР-1,2Л формував рулони за розмірами, що були однаковими з рулонами формування прес-підбирачем ППР-110. Визначали масу сформованого рулону, його діаметр і ширину та розраховували щільність упаковки і відбирали зразки стебел для визначення їх пошкодження [1, 16]. Обробка експериментальних даних здійснена з використанням стандартних комп'ютерних програм.

**Результати досліджень.** Щільність упаковок трести за умови мінімізації пошкоджень не повинна перевищувати об'ємну масу стебел. З наведеного вище випливає, що ненадмірне пошкодження стебел трести в рулонах може бути забезпечене з урахуванням можливості сушіння трести вентиляванням за щільності в межах  $60\text{...}120 \text{ кг/м}^3$ , тобто такої, яка характеризує об'ємну масу стебел чи непресованого льону.

На рис. 1, а наведено кореляційне поле зв'язку питомої витрати палива  $g_{\text{пт}}$  ( $\text{кг/т}$ ) на навантажування 1 т вантажу залежно від щільності (об'ємної маси) вантажу  $\rho_{\text{в}}$  ( $\text{т/м}^3$ ).

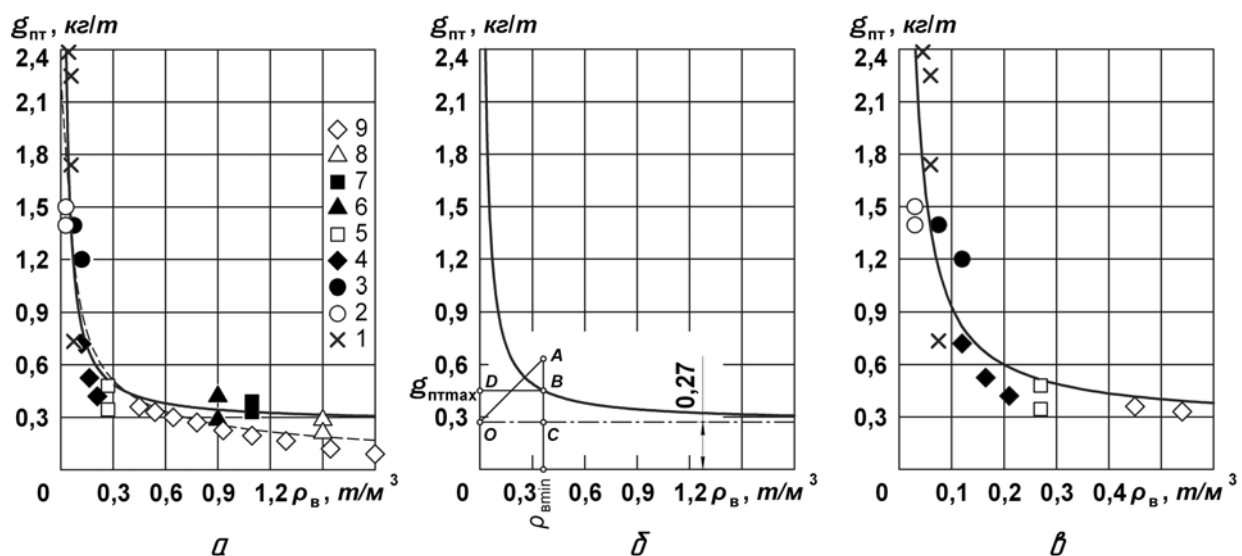


Рис. 1 – Кореляційне поле (а) зв'язку питомої витрати палива  $g_{\text{пт}}$  і об'ємної маси вантажу  $\rho_{\text{в}}$ , зміна  $g_{\text{пт}}$  від  $\rho_{\text{в}}$  за степеневою (пунктирна крива) і

гіперболічною (суцільна крива) залежностями, пошук (*б*) мінімальної щільності вантажу (для рулонів трести максимальної граничної щільності) за умови граничного зростання питомої витрати палива та (*в*) прогнозована зміна  $g_{\text{пт}}$  в діапазоні можливих щільностей упаковок трести

Дані, що вказані на рисунку, оцінюють використання навантажувачів ПФ-0,5 і ПЭ-0,8Б та ПЭА-1,0, а також екскаваторів при навантажуванні: 1 – подрібненої соломи різних культур; 2 і 3 – скиртуванні відповідно соломи і сіна; 4 – рулонів сіна і соломи; 5 – торфу на добриво; 6 – гною із буртів; 7 – мінеральних добрив; 8 – гравію, глини, ґрунту і піску; 9 – сільськогосподарських вантажів. Розрахунки [17] показали, що коефіцієнт кореляції між  $g_{\text{пт}}$  і  $\rho_{\text{в}}$  дорівнює мінус 0,501 за кореляційного відношення питомої витрати палива по об'ємній масі вантажу 0,601. Вирівнювання «експериментальних» значень  $g_{\text{пт}}$  за деякими апроксимуючими залежностями вказало на краще наближення до дослідних даних  $g_{\text{пт}}$  їх апроксимацію степеневою функцією, за якої  $R^2 = 0,863$ . Проте досліджувану зміну допустимо описати нерівнобічною гіперболою вигляду

$$g_{\text{пт}} = 0,27 + 0,0658 / \rho_{\text{в}} \quad \text{при} \quad R^2 = 0,696, \quad (1)$$

де  $g_{\text{пт}}$  – питома витрата дизельного палива в розрахунку на тону навантаженого вантажу, кг/т;  $\rho_{\text{в}}$  – об'ємна маса (щільність) вантажу, т/м<sup>3</sup>;  $R^2$  – коефіцієнт, що оцінює міру наближення вирівняних за рівнянням (1) значень результативної ознаки до її експериментальних даних.

На рис. 1, *а* наведені криві зміни  $g_{\text{пт}}$  від  $\rho_{\text{в}}$  за степеневою і гіперболічною залежностями. З рисунка видно, що ці криві двічі перетинаються при зростанні  $\rho_{\text{в}}$ . При цьому друга точка перетину кривих має координати:  $\rho_{\text{в}} = 0,38$  т/м<sup>3</sup> і  $g_{\text{пт}} = 0,44$  кг/т. Для подальшого аналізу успішніше характеризувати зміну  $g_{\text{пт}}$  залежно від  $\rho_{\text{в}}$  за гіперболічним рівнянням (1). Про можливість такого свідчать розрахунки основних помилок вирівнювання за степеневою і гіперболічною залежностями. Так, при зміні  $\rho_{\text{в}}$  від 0,03 до 0,45 т/га основна помилка вирівнювання за степеневою залежністю становила 0,45, а за гіперболічною – 0,51 кг/т. Отже, досить незначна різниця у визначених основних помилках вирівнювання дає підставу визнати вирівнювання за гіперболічною функцією доречним.

У рівнянні (1) перший член 0,27 кг/т являє його асимптоту, яка позначена на рис. 1, *б* штрихпунктирною лінією. Якщо перенести початок координат в точку на осі ординат з координатою 0,27 кг/т, то, звільнившись від вільного члена, одержують графік рівнобічної гіперболи [18], асимптоти якої співпадають з осями координат [19]. Далі використаємо напрацювання проф. М.І. Іващенко [19] щодо оцінювання властивостей рівнобічної гіперболи. Із закономірності гіперболи видно (рис. 1, *б*), що питома витрата палива різко зростає, якщо  $\rho_{\text{в}}$  сягає деякого певного значення. Для визначення граничного

зниження об'ємної маси вантажу із фокуса  $A$  гіперболи слід опустити на вісь абсцис перпендикуляр і відрізок  $OC$  представлятиме величину граничного зниження щільності вантажу, а відрізок  $OD$  – граничне підвищення питомої витрати палива.

Рівняння рівнобічної гіперболи, віднесеної до асимптот, має вигляд

$$xy = a^2 / 2, \quad (2)$$

де  $x$  і  $y$  – експериментальні дані відповідно  $\rho_v$  і  $g_{пт}$ ;  $a$  – дійсна піввісь гіперболи.

За експериментальними даними  $xy = 0,0658$ , тоді  $a = OC = 0,36$ . Отже, вважатимемо, що граничне зниження об'ємної маси вантажу за умови граничного підвищення питомої витрати палива може становити  $\rho_{v.min} = 0,36$  т/м<sup>3</sup>. Це значення майже збігається з прогнозованою максимальною щільністю упаковок льонотрести, що може становити 375 кг/м<sup>3</sup>. Усереднена щільність рулонів трести, що формують різні прес-підбирачі, становить 0,125 т/м<sup>3</sup>. За значення  $\rho_v = 0,36$  т/м<sup>3</sup>  $g_{пт.max} = 0,45$  кг/т.

При пресуванні трести в процесі її стиснення ділянки деревини своїми кромками утискаються у волокнисті частини стебла, що порушує стрічкуватість волокнистих пучків [13]. Можливі і інші пошкодження стебел, що пов'язані з переломом і розривом деревини, розплющуванням без тріщин і з тріщинами, а розрив деревини може супроводжуватися розплющуванням волокон та скручуванням. Дослідження [1, 16] показали, що у разі використання прес-підбирача ППР-110 з ПК сталого об'єму формуються рулони, які мають більшу щільність у порівнянні з рулонами формування прес-підбирачем ПР-1,2Л з ПК змінного об'єму. Із збільшенням щільності рулону пошкодження стебел трести в ньому зростає (рис. 2).

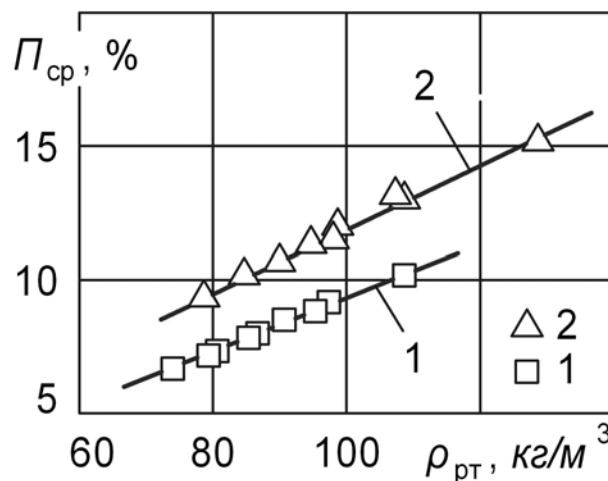


Рис. 2 – Зміна пошкодження стебел трести в рулоні  $P_{ср}$  залежно від його щільності  $\rho_{рт}$  при використанні прес-підбирачів: 1 – ПР-1,2Л з ПК змінного об'єму; 2 – ППР-110 з ПК сталого об'єму

Характер цього зростання відбувається за прямолінійними залежностями. При цьому, як видно з рис. 2, із збільшенням щільності пошкодження стебел трести інтенсивніше зростає в рулонах, що сформовані прес-підбирачем ППР-110. За умовами досліду пошкодження стебел в рулонах, що сформовані прес-підбирачем ПР-1,2Л, перевищувало 10% за щільності рулону  $108,8 \text{ кг/м}^3$ , лінійної маси шару стебел в рулоні  $0,30 \text{ кг/м}$  та максимального положення регулятора щільності рулону. В рулонах формування прес-підбирачем ППР-110 пошкодження стебел, що не перевищує 10% спостерігалось за щільності рулону  $78,9 \text{ кг/м}^3$  та лінійної маси шару стебел в рулоні  $0,39 \text{ кг/м}$  і мінімального положення регулятора щільності рулону. За щільності рулонів, які сформовані прес-підбирачем ППР-110, що коливалася в межах  $85,1 \dots 128,8 \text{ кг/м}^3$ , пошкодження стебел зростало від 10,2 до 15,2%.

**Висновки.** За умови забезпечення належного сушіння рулонів трести вентиляванню щільність упаковок льоносировини не повинна перевищувати  $120 \text{ кг/м}^3$ . Для мінімізації пошкодження стебел трести щільність її упаковок має бути сумірна з об'ємною масою стебел льону-довгунця, що коливається в межах  $60 \dots 120 \text{ кг/м}^3$ . Гранична щільність трести в упаковках за умов збереження її міцності не повинна бути більш  $375 \text{ кг/м}^3$ . За такої щільності упаковок трести на основі з'ясованої зміни питомої витрати палива на навантажування вантажів залежно від їх об'ємної маси визначене граничне підвищення витрати палива, що з урахуванням використовуваних навантажувачів становить  $0,45 \text{ кг}$  в розрахунку на навантажування  $1 \text{ т}$  трести. З підвищенням щільності рулонів на  $10 \text{ кг/м}^3$  пошкодження стебел в упаковках трести залежно від досліджуваних прес-підбирачів зростає на  $1 \dots 1,2\%$ .

**Напрямок подальших розвідок** на нашу думку має бути спрямований на оцінювання і з'ясування технологічної надійності льонозбиральних машинних агрегатів.

## Список літератури

1. Климчук В.М. Порівняння технологічних параметрів і товарних якостей рулонів льонотрести, сформованих пресами з камерами змінюваного і постійного об'єму [Текст] / 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.
2. Все дело в плотности // Современная сельхозтехника и оборудование: інформаційний щомісячник «Пропозиція». – 2011. – Вип. 1. – С. 68 – 70.
3. Егоров М.Е. Возможность сушки тресты в кипах [Текст] / М.Е. Егоров, Р.И. Моторина // Лен и конопля. – 1978. – № 8. – С. 16 – 17.

4. Дударев І.М. Дослідження впливу параметрів шару льоносировини на інтенсивність вентилявання [Текст] / І.М. Дударев // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2010. – № 1 (16). – С. 69 – 72.
5. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин [Текст]: / под ред. М.И. Клецкина в 4 т. – М.: Машиностроение, 1967. – Т. 1. – 722 с.
6. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 2 т. / [под ред. А.В. Красниченко]. – М.: Машгиз, 1962. – Т. 1. – 655 с.
7. Льноуборочные машины [Текст] / Г.А.Хайлис, Н.Н.Быков, В.Н.Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
8. Дідух В.Ф. Збирання та первинна переробка льону-довгунця: монографія [Текст] / В.Ф. Дідух, І.М. Дударев, Р.В. Кірчук. – Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького нац. техніч. ун-ту, 2008. – 215 с.
9. Сизов В.І. Механізація збирання і первинної обробки льоносоломи та трести із застосуванням великих паковок [Текст] / В.І. Сизов, М.М. Острик // Вісн. с.-г. науки. – 1986. – № 3. – С. 46 – 50.
10. Справочник льновода [Текст] / сост. В.Б. Ковалев. – М.: Москов. рабочий, 1978. – 256 с.
11. Тракторно-транспортні роботи. Методика розрахунку та норми виробітку і витрати пального. – К.: Комплекс Віта, 1995. – Кн. 5. – 486 с.
12. Залужний В. Перспективні напрямки технологій та розробки машин для приготування і піднімання лляної трести [Текст] / В.Залужний, О.Сидорчук, Ю.Проценко // Техніка АПК. – 2004. – № 10 – 11. – С. 16 – 18.
13. Егоров М.Е. Подъем льняной тресты и прессование ее в кипы [Текст] / М.Е.Егоров, Р.И.Моторина // Тр. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ льна: экономика, механизация льноводства, первичная обработка льна. – Торжок, 1972. – Вып. 10. – С. 155 – 164.
14. Моторина Р.И. К вопросу о прессовании льняного сырья в кипы [Текст] / Р.И. Моторина // Тр. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ льна: экономика, механизация льноводства, первичная обработка льна. – Торжок, 1974. – Вып. 12. – С. 246 – 253.
15. Машини для збирання зернових і технічних культур: [посіб. для підготовки фахівців з напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» в аграр. вищих навч. закл. II–IV рівнів акредитації] / [Колектив авторів]; за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 296 с.
16. Лімонт А.С. Формування рулонів льнотрести прес-підбирачами [Текст] / А.С.Лімонт, В.М. Климчук, В.В. Любченко та ін. // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 8. – С. 45 – 48.
17. Лімонт А.С. Енергомісткість навантажування льнотрести [Текст] / А.С.Лімонт // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2010. – Вип. 145. – С.

329 – 337.

18. Саакян Д.Н. Теория расчета стоимости сельскохозяйственной машинной работы по В.П. Горячкину и ее дальнейшее развитие [Текст] / Д.Н.Саакян // Земледельческая механика: сб. тр.; под ред. В.А. Желиговского. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 10. – С. 279 – 291.

19. Иващенко Н.И. Технология ремонта автомобилей [Текст]: учеб. пособие для вузов по спец. «Автомобили и автомоб. хоз-во» / Н.И.Иващенко. – К.: Вища шк., 1977. – 360 с.

## Аннотация

### РАСХОД ТОПЛИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОГРУЗЧИКОВ И ПЛОТНОСТЬ УПАКОВОК ЛЬНОТРЕСТЫ

Лимонт А.С., Климчук В.М.

*Обобщена інформація об об'ємній масі стебелів льна-долгунця і щільності упаковок льнотрести. Досліджено змінення витрати дизельного палива погрузчиками, агрегатованими до тракторів Мінського тракторного і Южного машинобудівельного заводів, в залежності від об'ємної маси вантажів. Прогнозована щільність упаковок льнотрести при використанні на її зборку прес-подборщиків.*

## Abstract

### FUEL CONSUMPTION WHEN USING LOADERS AND THE PACKING TIGHTNESS OF FLAX STRAW

A. Limont, V. Klimchuk

*The paper generalizes the information on the weight by volume of fiber flax stalks and flax straw packing tightness. It also studies the change in diesel fuel consumption by loaders unitized from the tractors manufactured by the Minsk tractor and the Yuzhny machine-building plants depending on the cargo weight by volume. The packing tightness of flax straw when harvesting it with the use of pickup balers has been predicted.*