




original article | UDC 621.867.133 | doi: 10.31210/visnyk2021.03.32

RESEARCHING RELIABILITY OF WORK OF GRAIN HARVESTERS' TRANSPORT SYSTEMS ELEMENTS
O. A. Burlaka^{1*}

 ORCID  [0000-0002-2296-7234](https://orcid.org/0000-0002-2296-7234)
*O. V. Gorbenko*¹

 ORCID  [0000-0003-2473-0801](https://orcid.org/0000-0003-2473-0801)
*A. O. Kelemesh*¹

 ORCID  [0000-0001-9429-8570](https://orcid.org/0000-0001-9429-8570)
*A. O. Burlaka*²
¹ Poltava State Agrarian University
1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

² Poltava Polytechnic Professional College, the Separated Structural Unit of National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

83a, Puskina str., Poltava, 36000, Ukraine

*Corresponding author

 E-mail: antonkelemesh@gmail.com

How to Cite

 | *Burlaka, O. A., Gorbenko, O. V., Kelemesh, A. O., & Burlaka, A. O. (2021). Researching reliability of work of grain harvesters' transport systems elements. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (3), 258–264. doi: 10.31210/visnyk2021.03.32*

The article is presented as a systemic analysis of the reasons for failures and the provision of practical scientifically grounded proposals to improve the reliability of grain transport lines of modern combine harvesters. The authors analyzed the main factors and causes that lead to premature failure and destruction of the elements of combine harvesters' grain-transport line. The object of the study were the physical phenomena that occur in the upper part of the grain and tailings elevators of the grain transport group of combine harvesters during grain transportation. The work of coupling was investigated and analyzed in detail: the working surface of the drive sprocket – the chain with scrapers of the grain and tailings combine elevator. The main reasons for the destruction of the drive sprocket teeth and accelerated wear of the chain with scrapers of grain combine elevator: abrasive wear, contact wear, plastic deformation, corrosion wear, etc. were determined. The following scientifically substantiated and practical recommendations were proposed: conducting systemic diagnostic examination of the components of grain transport group; reducing the intervals between combine maintenance in case of work under difficult conditions of harvesting; the possibility of mirror installation of a partially worn out drive sprocket by 180° turning; thorough cleaning the working bodies of combine harvester transport systems from plant residues and mud during maintenance and storage; using new construction materials, including composites, for the manufacture of new drive sprockets of the chain with scrapers of elevators of the combine harvesters' transport group. The offered advice and recommendations on the chosen research subject are expedient at using the existing constructions and designing new elements of grain transport lines of modern grain harvesters produced in Ukraine and abroad. Also, the results of the presented study should be introduced into the educational process while training students in specialties 208 Agro-engineering and 133 Industry mechanical engineering.

Key words: combine harvester, scraper elevator, sprocket, drive chain, oscillations, wear, reliability.

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

*О. А. Бурлака*¹, *О. В. Горбенко*¹, *А. О. Келемеш*¹, *А. О. Бурлака*²

¹ Полтавський державний аграрний університет

м. Полтава, Україна

² Відокремлений структурний підрозділ «Полтавський політехнічний фаховий коледж

Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

м. Полтава, Україна

Статтю викладено як системний аналіз причин відмов та надання практичних науково обґрунтованих пропозицій для покращення надійності роботи зерно-транспортних ліній сучасних зернозбиральних комбайнів. Автори проаналізували основні чинники та причини, що призводять до передчасного виходу з ладу та руйнування елементів зерно-транспортної лінії зернозбиральних комбайнів. Об'єктом дослідження обрано фізичні явища, що відбуваються у верхній частині зернового та колосового елеваторів зерно-транспортної групи зернозбиральних комбайнів під час транспортування зерна. Детально досліджено та проаналізовано роботу спряження: робоча поверхня привідної зірочки – ланцюг зі скребками зернового та колосового елеватора комбайна. Визначено основні причини руйнування зубів привідної зірочки та прискореного зносу ланцюга зі скребками елеватора зернозбирального комбайна: абразивне зношування, контактне зношування, пластична деформація, корозійне зношування та ін. Основними з науково обґрунтованих та практичних рекомендацій стали такі: проведення системного діагностичного обстеження складників зерно-транспортної групи; зменшення інтервалів між обслуговуванням комбайнів у разі роботи у складних умовах збирання врожаю; можливість дзеркального встановлення частково зношеної зірочки поворотом на 180°; ретельне очищення робочих органів транспортних систем зернозбирального комбайна від рослинних залишків і бруду при технічних обслуговуваннях та постановці на зберігання; використання нових конструкційних матеріалів, зокрема і композитів, для виготовлення нових привідних зірочок ланцюга зі скребками елеваторів зерно-транспортної групи зернозбиральних комбайнів. Пропоновані поради та рекомендації з обраної тематики дослідження доцільно застосовувати при використанні існуючих конструкцій та проектуванні нових елементів зернотранспортних ліній сучасних зернозбиральних комбайнів вітчизняного та закордонного виробництва. Також результати цього дослідження доцільно впроваджувати в навчальний процес при підготовці здобувачів вищої освіти спеціальностей 208 Агроінженерія та 133 Галузеве машинобудування.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, скребковий елеватор, зірочка, приводний ланцюг, коливання, знос, надійність

Вступ

Є безсумнівною актуальність наукового дослідження щодо вагомості та важливості підвищення надійності роботи вузлів та агрегатів сучасного зернозбирального комбайна.

Ґрунтовні наукові дослідження, тематика яких пов'язана із зернозбиральними комбайнами, технологіями збирання зернових, зернобобових культур, насіння трав, містяться у працях відомих українських учених: Погорілого Л. В., Сакуна В. А., Шейченка В. О., Погорільця О. М., Головчука А. Ф., Демко А. А., Зенко М. Д., Ліника М. К., Недовесова В. І. та ін. [8, 16, 26–28, 7].

Результати досліджень елементів технологічних процесів обмолоту та очищення зерна подано як наукові міжнародні публікації [21–24, 26–28]. Актуальність наукової тематики, дослідницькі напрями, результати дослідження з вагомості елементів систем діагностики, технічного обслуговування та ремонту відносно якості роботи сучасної зернозбиральної техніки наведено в роботах [1–6, 8, 9].

Дослідженню надійності вузлів та агрегатів зернозбиральної техніки з використанням методик системного підходу, методик оцінки ефективності діагностично-сервісних робіт присвячені наукові праці [11–15].

Пошук інноваційних підходів, методик, технологій та їх складників у сучасних виробничих системах технічного сервісу відносно діагностики, ремонту, обслуговування, техніко-економічного моніторингу зернозбиральної техніки розкрито в наукових роботах [16–19, 29–32].

Але в сучасному світі науково-технічний прогрес у напрямі розвитку техніки і технологій тільки пришвидшується. Така тенденція безперечно стосується і зернозбиральної техніки. Відповідно, подальший науковий пошук з дослідження технічних аспектів підвищення надійності та якості роботи складових систем зернозбиральних комбайнів, зокрема вузлів зерно-транспортних систем є доцільним та актуальним.

Матеріали і методи досліджень

При написанні статті використані органолептичні методи досліджень, методи прямих вимірювань [31, 32] графоаналітичні методи досліджень та методи математичного моделювання [28, 29].

Результати досліджень та їх обговорення

Під час виїзних наукових семінарів викладачів кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва в рамках взаємодії зі стейкхолдерами – провідними фахівцями аграрних підприємств, що зацікавлені в підвищенні рівня підготовки майбутніх інженерів, було детально обговорено низку однотипних залежних відмов зерно-транспортної групи зернозбиральних комбайнів. Основна причина таких відмов – прискорений знос та руйнування приводної двосторонньої зірочки (кількість зубців – 7, діаметр отвору під вал – 35 мм) ланцюга зі скребками зернового підйомного елеватора зернозбирального комбайна (рис. 1).

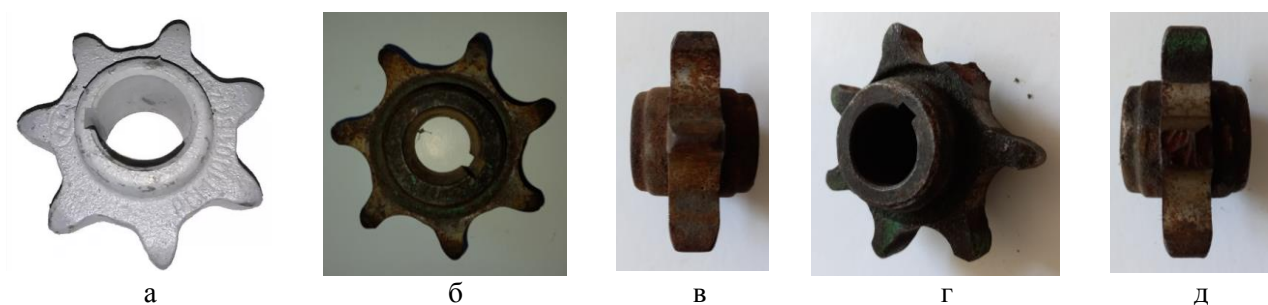


Рис. 1. Приводна двостороння зірочка скребкового зернового та колосового елеватора зернозбирального комбайна (кількість зубців – 7).

Позначення: а – нова; б, в – з граничним зносом робочих поверхонь зубців; г, д – зі зруйнованим зубом, що призвела до залежних відмов зерно-транспортної групи зернозбирального комбайна.

Вищезазначена зірочка виготовляється з ковкого чугунку марки КЧ 33-8-Ф ГОСТ 1215-79; є литою деталлю з механічно обробленими робочими поверхнями та поверхнями під посадку вала. Як правило, на зерно-транспортну лінію комбайна для забезпечення роботи ланцюга зі скребками встановлюється чотири таких зірочки. Крім посадки на привідний вал скребкового ланцюга верхньої частини зернового та колосового елеваторів, зірочка розташована на цапфах колосового та зернового шнеків зерно-транспортної групи комбайна.

Основним транспортним елементом скребкових елеваторів зернозбиральних комбайнів вітчизняного та закордонного виробництва типу «Славутич», «Дон», «Вектор», «Акрос» та інших подібних моделей є ланцюг ТРД-38-4000-2-2-6-6 ГОСТ 4267-78, додатково обладнаний гумовими скребками (рис. 2).

Розглянемо основні причини прискореного зносу спряження шарнір ланцюга – робоча поверхня зубів приводної зірочки:

1. Сухе тертя та наявність у зоні спряження шарнір ланки ланцюга – робоча поверхня зубів зірочки значної кількості абразивних часточок, тобто маємо значний абразивний знос.

2. Суттєво виражені коливання ланцюгової передачі, спричинені специфікою роботи спряження ланцюг – зірочка. Основні закономірності фізичної природи коливань ланцюгової передачі під час транспортування зерна елеватором комбайна більш детально описані у [32]. При цьому рух ланцюга зі скребками можливо визначити закономірностями руху окремого шарніру ланцюгової ланки, розглядаючи момент зачеплення такого шарніру із зубом ведучої зірочки (рис. 2; рис. 3).

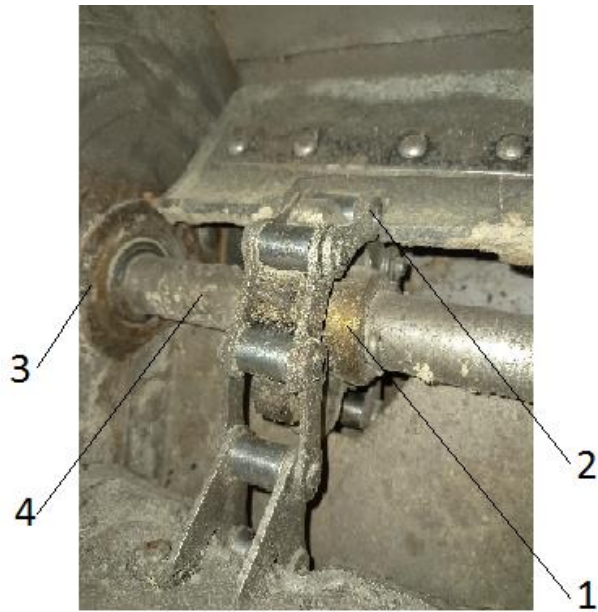


Рис.2. Верхня частина ланцюга зі скребками елеватора зернозбирального комбайна.
 Позначення: 1 – приводна зірочка, 2 – ланцюг зі скребками,
 3 – підшипниковий вузол з натяжним пристроєм; 4 – приводний вал.

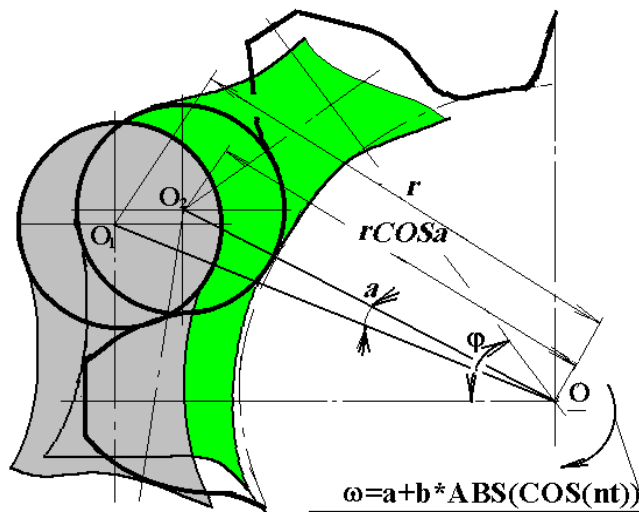


Рис. 3. Схема до обґрунтування коливань в ланцюговій передачі

Відомо, що кожна ланка під час руху переміщує ланцюг одним кутовим кроком, після чого таке переміщення здійснює наступна ланка. Значення швидкості ланцюга мають коливальну природу. Одна з причин такої природи коливань – зміна радіуса обертання центра шарніра ланцюга (від O_1 до O_2) (рис. 3) відносно центра обертання привідного вала – т. O . Максимального значення швидкості ланцюга досягає в положенні, де проведений через центр шарніра радіус ведучої зірочки стає нормаллю відносно ведучих елементів ланцюга (рис. 3). При миттєвих положеннях елементів ланцюга, що відрізняються від утворення вищеприписаної нормалі, шарнір, що увійшов у зчеплення із зірочкою і отримує навантаження від зуба зірочки, між перпендикуляром до робочої частини ланцюга OO_1 та відрізком OO_2 утворюється кут α . Повздовжню швидкість ланцюга можна обчислити за формулою:

$$V = \omega \cdot r \cos \alpha, \tag{1}$$

де ω – умовна стала кутова швидкість привідної зірочки ланцюга зі скребками елеватора;

r – радіус миттєвого положення шарніру ланцюга, що увійшов у зчеплення із зірочкою;

α – утворюваний кут між відрізками OO_1 та OO_2 . Такий кут може бути зі значенням від 0 до π/z_1 .

Тобто значення швидкості ланцюга буде варіюватися в межах від v_{max} до $V_{max} \cos(\pi / z_1)$.

У відомих методиках розрахунку елементів ланцюгових передач вважають, що сама ведуча зірочка ланцюга зі скребками рухається рівномірно за причиною суттєвих з'єднаних з нею мас інерції [32]. У разі роботи такого спряження на елеваторі зернозбирального комбайна маси контр-приводу зерно-транспортної групи зіставні або менше рухомих мас зернового елеватора (маса ланцюга зі скребками, маса зернового шнека, маса зерна, що транспортується). Тому нерівномірність руху коливальної природи лінійної швидкості елементів ланцюга зі скребками буде створювати та підсилювати коливання кутової швидкості ведучої зірочки приводу (кількість зубців – 7, діаметр отвору під вал – 35 мм) такого ланцюга. Тобто чітко виражений коливальний рух та переміщення центру шарніра з т. O_1 у т. O_2 створює додаткове коливальне навантаження ударного характеру у спряженні шарнір – зуб зірочки. Останнє призводить до появи пластичної деформації, контактного зносу в зоні робочих поверхонь зірочки та прискорює загальний знос робочих поверхонь зубів зірочки.

3. Знос опорних підшипників привідного верхнього вала зернового елеватора зернозбирального комбайна – поява та збільшення зазору між внутрішнім та зовнішнім кільцями опорних підшипників значно посилює коливальні явища у спряженні привідна зірочка – ланцюг зі скребками зернового чи колосового елеватора через виникнення можливості утворення вільного люфту центру обертання привідного вала у верхній частині елеватора.

4. Знос ланцюга зі скребками. Відомо, що за відносним видовженням ланцюга, у нашому випадку ланцюг ТРД-38-4000-2-2-6-6 ГОСТ 4267-78, необхідно встановлювати граничний термін його використання та ухвалювати інженерне рішення щодо заміни такого ланцюга на новий. Подовження відстані між шарнірами ланцюга у процесі його використання в разі такого зносу підсилює кумулятивний ефект зносу спряження зірочка – ланцюг зі скребками елеватора.

5. Неправильно виконане технічне складання елементів зернової групи та неправильно проведені технологічні регулювання зернової групи: перекося елементів верхньої частини елеватора; ступінь натягування ланцюга зі скребками. Такі фактори призводять до підсилення як абразивного зношування досліджуваного спряження, так і до збільшення контактного зношування через ударні явища та пластичну деформацію.

6. Порушення посадки привідної зірочки ланцюга зі скребками елеватора в зоні шпонкового з'єднання призводить до утворення додаткового люфту між ведучим валом та зірочкою і є ще одним фактором нерівномірності руху ланцюга зі скребками та підсилення ударного навантаження.

7. Умови збирання врожаю сільськогосподарських культур, що підлягають комбайновому обмолоту. Немає сумніву, що підбір валків, або збирання забур'яненої частково полеглої маси деяких сільськогосподарських культур часто збільшує кількість абразивного матеріалу (пил, бруд, рослинні незернові рештки). Останнє прискорює абразивний знос як елементів зерно-транспортної групи, так і робочих органів молотарки зернозбирального комбайна загалом.

Перераховані основні причини прискореного зносу спряження шарнір ланки ланцюга – робоча поверхня зубів привідної зірочки у верхній частині зернового та колосового елеваторів зерно-транспортної групи зернозбиральних комбайнів у підсумку значно прискорюють загальний знос такого спряження та призводять до руйнування зубів привідної зірочки. (рис. 1(г, д)).

Таке явище, на жаль, є залежною відмовою, і призводить до пошкодження як елементів скребкового елеватора, так і витків шнеків завантажувально-вивантажувальної лінії бункера, кожухів шнеків; а також, у випадку з руйнуванням зірочки у колосовому елеваторі – руйнуванню елементів додаткового обмолочувального пристрою. Тобто при такому руйнуванні, на перший погляд, відносно дешевої привідної зірочки ланцюга зі скребками можна отримати дороговартісний ремонт зерно-транспортної групи та елементів молотарки зернозбирального комбайна.

Висновки

Основними висновками та практичними рекомендаціями з дослідженої проблематики, крім таких загальновідомих, як якісне і вчасне технічне обслуговування комбайнів, правильне технологічне регулювання, можна визначити такі:

1. Проведення системного діагностичного обстеження складників зерно-транспортної групи: підшипникових опор на наявність люфту та вібрації.

2. Урахування темпів пришвидшеного зносу у разі роботи зернозбиральних комбайнів у складних умовах та корегування міжремонтних інтервалів та інтервалів технічного обслуговування комбайнів.

3. Досліджувана зірочка є симетричною деталлю, тому переустановлення її на валу дзеркальним відтворенням – поворотом на 180° та заміною шпонки подовжить термін використання досліджуваного спряження: робоча поверхня зірочки – ланка ланцюга із шарнірами за умови мінімально можливого зменшення коливань у ланцюговій передачі.

4. Використання нових конструкційних матеріалів, зокрема і композитів, для виготовлення нових привідних зірочок ланцюга зі скребками елеваторів зерно-транспортної групи зернозбиральних комбайнів.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження рекомендовано проводити на моделях комбайнів закордонного виробництва та скребкових елеваторах зернопереробної галузі.

References

1. Boyko, A., & Dumenko, K. (2011). Vplyv efektyvnosti sfery tekhnichnoho obsluhovuvannya na vstanovlennia funktsii hotovnosti ta vidnovlennia zernozbyralnoi tekhniki. *Tekhnika i Tekhnolohiyi APK*, 1, 11–14. [In Ukrainian].
2. Bondarenko, O., & Dumenko, K. (2011). Vykorystannia par tertia vuhletsevykh kompozytsiinykh materialiv v ekstremalnykh umovakh roboty zernozbyralnoi tekhniki. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 3 (60), 165–170. [In Ukrainian].
3. Bondar, M., Zavaloka, A., & Svyrydenko, N. (2010). Povyshenye pozharobezopasnosti ekspluatatsyy pernouborochnoho kombayna: kontseptsyya y puty ee realizatsyy. *Tekhnika i Tekhnolohiyi APK*, 8, 12–16. [In Russian].
4. Brovarets, O. O. (2014). Rehulovana vysota zrizu zernozbyralnykh kombayniv – zasib pidvyshchennya efektyvnosti roboty zernozbyralnykh kombayniv. *Khranenyie y Pererabotka Zerna*, 3, 16–19. [In Ukrainian].
5. Vasylychenko, V., & Ruzhylo, Z. (2012). Pidhotovka zbyral'noyi tekhniki do zymivli. *Ahrarna Tekhnika ta Obladnannya*, 4, 78–80. [In Ukrainian].
6. Vasylychenko, V. (2013). Pidhotovka kombayna do zhnyv. Shcho potribno zrobyty, aby minimizuvaty vtraty. *Ahronom*, 2, 202–205. [In Ukrainian].
7. Burlaka, O. A., & Yakhin, S. V. (2018). Pidvyshchennya efektyvnosti roboty skrebkovykh elevatoriv z vidtsentrovym typtom rozvantazhennya. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, 4, 195–200. doi. 10.31210/visnyk2018.04.31 [In Ukrainian].
8. Holovchuk, A. F., Marchenko, V. I., & Orlov, V. F. (2004). *Ekspluatatsiya ta remont sil's'kohospodars'koyi tekhniki: pidruch. u 3 kn. Kombayny zernozbyral'ni*. Kyiv: Hramota [In Ukrainian].
9. Demko, O. A., Demko, A. A., & Nadtochiy, O. V. (2014). Zakonomirnosti vplyvu tryvalosti ekspluatatsiyi zernozbyral'nykh kombayniv na yikh tekhnichnyy stan. *Visnyk Kharkivs'koho Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu Sil's'koho Hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 145, 161–167. [In Ukrainian].
10. Dumenko, K. M. (2011). Intehrovanyy pokaznyk efektyvnosti roboty zernozbyral'nykh kombayniv. *Visnyk Ahrarnoyi Nauky Prychornomor'ya*, 4 (61(1)), 220–224. [In Ukrainian].
11. Dumenko, K. M., & Bondarenko, O. V. (2011). Naukovi zasady formuvannya nadiynosti pidsystem zernozbyral'nykh kombayniv. *Naukovyy Visnyk Luhans'koho Natsional'noho Ahrarnoho Universytetu*, 9, 412–419. [In Ukrainian].
12. Dumenko, K. M. (2012). Statystychnyy analiz dynamiky rozpodilu vidmov pidsystem kombayniv. *Naukovyy Visnyk Luhans'koho Natsional'noho Ahrarnoho Universytetu*, 35, 113–118. [In Ukrainian].
13. Dumenko, K. M., Komisarova, L. O., & Shevchenko, K. S. (2014). Vidnovlennya pratsezdatoho stanu vitchyznyanykh zernozbyral'nykh kombayniv. *Visnyk Kharkivs'koho Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu Sil's'koho Hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 145, 21–27. [In Ukrainian].
14. Dumenko, K. M., Boyko, A. I., & Bondarenko, O. V. (2012). Funktsiyi vidnovlennya pidsystem zernozbyral'nykh kombayniv pry riznykh rivnyakh potentsialu bazy tekhnichnoho obsluhovuvannya. *Pratsi Tavriys'koho Derzhavnoho Ahrotekhnolohichnoho Universytetu*, 12 (3), 42–52. [In Ukrainian].
15. Karabynech, S., Veznyuk, V., & Demchenko, A. (2014). Servysom po barabanu. Remont i profylaktyka molotyl'noho uzla zernouborochnoho kombayna. *Zerno*, 5, 156–161. [In Russian].
16. Kravchuk, V., Zan'ko, M., & Lysak, O. (2016). Ekspluatatsiyna otsinka kombayna MF-7370PL "BETA" kompaniyi MASSEY FERGUSON na zbyrannya yachmenyu. *Tekhnika i Tekhnolohiyi APK*, 4, 10–17. [In Ukrainian].
17. Kukhtov, V. H., Znaydyuk, V. H., & Pohorilly, V. V. (2014). Do pytannya normuvannya rivnya nadiynosti novykh zernozbyral'nykh kombayniv vitchyznyanoho vyrobnytstva. *Visnyk Kharkivs'koho Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu Sil's'koho Hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 151, 5–12. [In Ukrainian].

18. Lytvyniuk, L. (2015). Deyaki osoblyvosti pidvyshchennya produktyvnosti zernozbyral'noho kombayna i pokrashchennya rodyuchosti hruntu. *Tekhnika i Tekhnolohiyi APK*, 10, 25–27 [In Ukrainian].
19. Sydorochuk, L. L. (2013). Systemnyy analiz pidprohram vykorystannya ta tekhnichnoho servisu zernozbyral'nykh kombayniv. *Mekhanizatsiya i Elektryfikatsiya Sil's'koho Hospodarstva*, 97 (2), 404–412. [In Ukrainian].
20. Smashnyuk, O. V. (2010). Zakonomirnosti vidmov zernozbyral'nykh kombayniv v umovakh ekspluatatsiyi. *Mekhanizatsiya ta Elektryfikatsiya Sil's'koho Hospodarstva*, 94, 431–437. [In Ukrainian].
21. Choi, M., Lee, K., Jang, B., Kim, Y., Chung, S., & Lee, J. (2018) Grain flow rate sensing for a 55 kW full-feed type multi-purpose combine. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11 (5), 206–210. doi: 10.25165/j.ijabe.20181105.2686
22. Fiscus, D. E., Foster, G. H., & Raufman, H. H. (1971). Physical Damage of Grain Caused by Various Handling Techniques. *Transactions of the ASAE*, 14 (3), 480–485. doi: 10.13031/2013.38319
23. Menezes, P. C. de, Silva, R. P. da, Carneiro, F. M., Girio, L. A. da S., Oliveira, M. F. de, & Voltarelli, M. A. (2018). Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations? *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22 (10), 732–738. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p732-738
24. Shahbazi, F., Valizadeh, S., & Dowlatshah, A. (2012). Mechanical damage to wheat and triticale seeds related to moisture content and impact energy. *Agricultural Engineering International : CIGR Journal*, 14 (4), 150–155.
25. Sheichenko, V., Kuzmych, A., Shevchuk, M., Shevchuk, V., & Belovod, O. (2019). Research of quality indicators of wheat seeds separated by prethreshing device. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 57 (1), 157–164.
26. Shpokas, L., Adamchuk, V., Bulgakov, V., & Nozdrovicky, L. (2016). The experimental research of combine harvesters. *Research in Agricultural Engineering*, 62, 106–112. doi: 10.17221/16/2015-RAE
27. Zielinski, A., & Mos, M. (2009). Effects of seed moisture and the rotary speed of a drum on the germination and vigour of naked and husked oat cultivars. *Cereal Research Communications*, 37 (2), 277–286. doi: 10.1556/crc.37.2009.2.16
28. Kelemesh, A., & Gorbenko, O. (2015). Research of kinematic and agricultural parameters of working tools when processing the cylinder liners. *Mechanization in Agriculture & Conserving of the resources*, 61 (12), 32–33.
29. Gorbenko, O., & Kelemesh, A. (2015) Justification of choosing recovery method for cylinder liners of autotractor engines. Proceedings of the IInd International Scientific and Practical Conference “Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions”, 24–25 Sept. 2015. 2 (2), 9–11 Dubai: UAE.
30. Vasylenko, V. S., Hramakov, N. V., Taran, I. H., & Shchekoldin, H. A. (2000). *Kombayni zernoubrochnye samokhodnye «DON-1500B» i «DON-1200B»*. *Instkruktsyya po ekspluatatsiyi i tekhnicheskomu obsluhovunya*. OAO «Rostsel'mash» [In Russian].
31. Burlaka, O. A., Gorbenko, O. V., & Kelemesh, A. O. (2021). Studying the reliability of hydraulic system elements of grain combine harvesters. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 292–301. doi: 10.31210/visnyk2021.01.37 [In Ukrainian].
32. Burlaka O.A., & Yahin S. V. (2017). Teoretichni aspekty procesu vidcentrovogo rozvantazhennya zerna u elevatori zernozbiralnogo kombajnu. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, 1-2, 133–137 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 08.08.2021 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Бурлака О. А., Горбенко О. В., Келемеш А. О., Бурлака А. О. Дослідження надійності роботи елементів транспортних систем зернозбиральних комбайнів. *Вісник ПДАА*. 2021. № 3. С. 258–264.

© Бурлака Олексій Анатолійович, Горбенко Олександр Вікторович, Келемеш Антон Олександрович, Бурлака Андрій Олексійович, 2021