

lowest reliability. The reliability indices for the main elements of the systems of mobile machinery have been calculated as well as the reliability of the mobile machines in whole. The research has established when working on the organic fuels and lubricants all the reliability characteristics are lower than when running on the petroleum-based fuels and lubricants. The fact may be explained by the aggressive influence of biofuel methanol and light ends of organic oils on the constructional materials.

Key words: *mobile agricultural machinery, functional systems, biofuels and organic oils, reliability, biodiesel, operating costs, resort*

УДК 631.354.2.026

РОБОЧИЙ ПРОЦЕС СТЕБЛОПІДІЙМАЧІВ ЖАТОК ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ЯК ОБ'ЄКТ МОДЕЛЮВАННЯ

**С. В. Смолінський, кандидат технічних наук
e-mail: s_smolinskyu@meta.ua**

Анотація. В статті наведено механіко-технологічні принципи моделювання робочого процесу стеблепідіймачів жатки зернозбирального комбайна при взаємодії з полеглим стеблостоем зернових культур та копіювання нерівностей поверхні поля, а також обґрунтовано модель ефективного стеблепідіймача. Для забезпечення високих показників якості збирання зернових культур на ділянках з наявним полеглим стеблостоем доцільно в конструкції жатки зернозбирального комбайна встановлювати стеблепідіймачі. Але існуючі конструкції стеблепідіймачів не завжди забезпечують якісне піднімання стебел, оскільки на ефективність роботи впливатимуть як внутрішні, так і зовнішні фактори. Це вимагає проведення системних досліджень. На основі проведеного аналізу обґрунтовано механіко-технологічні принципи моделювання робочого процесу стеблепідіймачів жаток зернозбирального комбайна внаслідок взаємодії пера з полеглим стеблостоем зернових культур та копіювання дном нерівностей поверхні поля, а також запропоновано модель стеблепідіймача, при застосуванні якого забезпечуватиметься висока надійність та ефективність виконання процесу.

Ключові слова: *полеглі стебла, стеблепідіймач, піднімання, копіювання, моделювання*

© С. В. Смолінський, 2016

Постановка проблеми. Одним із шляхів забезпечення якісного збирання полеглого стеблестою зернових культур є встановлення стеблепідіймачів перед різальним апаратом жатної частини комбайна. Жатки сучасних зернозбиральних комбайнів обладнуються стеблепідіймачами різних фірм-виробників: Schumacher (Німеччина), Flexifinger, McKay Empire (Канада) і т.д., які відрізняються формою полозка, кріпленням до різального бруса тощо, а також мають обмеження в умовах застосування. Це вимагає проведення подальших досліджень робочого процесу стеблепідіймачів, у тому ж числі і з застосуванням методу моделювання.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню різних типів стеблепідіймачів і обґрунтуванню їх основних параметрів присвячені дослідження вітчизняних і закордонних вчених. Дослідженнями А. Н. Антипкина та К. З. Кухмазова [1] було обґрунтовано раціональні режими роботи вдосконаленої конструкції пасивного стеблепідіймача; О. О. Налобіною та М. М. Ковалевим [2, 3] розроблено наукові основи взаємодії стебел із подільниками збиральних машин шляхом аналізу.

Метою досліджень є проаналізувати механіко-технологічні основи процесу роботи стеблепідіймачів жаток зернозбиральних комбайнів як об'єкта моделювання.

Результати досліджень. Як відомо, стеблепідіймач в процесі роботи взаємодіє дном з поверхнею поля і точно копіює його нерівності, а пером – із стеблами, які внаслідок цієї взаємодії мають забезпечити повне підіймання стебел незалежно від напрямку та величини полеглості з компенсацією змінного мікрорельєфу, забезпечуючи при цьому якісне збирання стеблостою з мінімальними втратами врожаю (рис. 1).

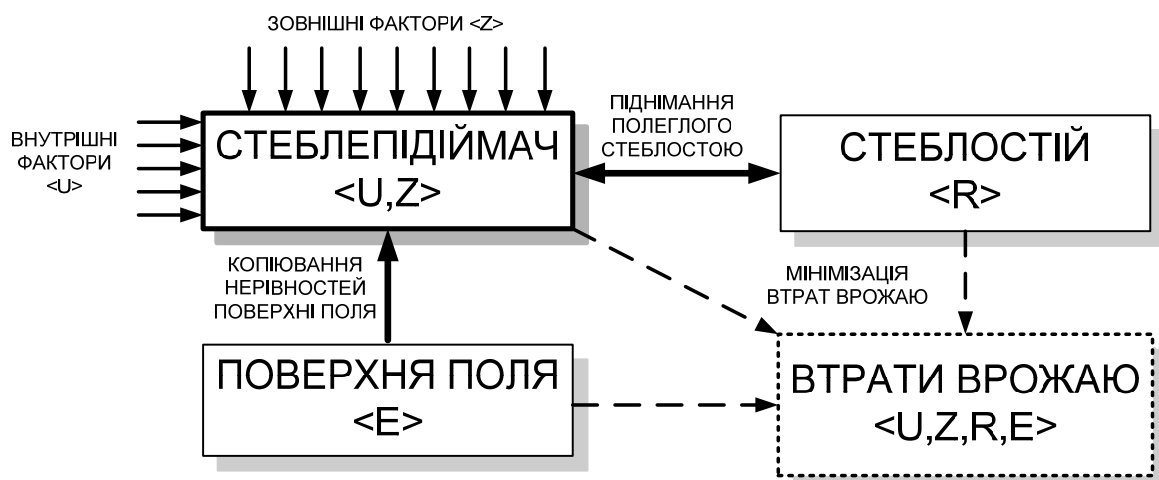


Рис. 1. Модель процесу роботи стеблепідіймача за умови його взаємодії з поверхнею поля.

Внаслідок істотного коливання висоти і полеглості стебел зернових культур вздовж гону, а також варіації мікрорельєфу поверхні поля, необхідними умовами ефективної роботи жатки є:

- точка зрізання стебла має розміщуватися нижче розміщення колоска в природному стані (тобто, значення висоти зрізання H має бути меншим множині висот розміщення колоска в природному стані $\{h_1, h_2 \dots h_K\}$: $H < \{h_1, h_2 \dots h_K\}$; виключається перевалювання стебла за межі зони захвату). Подібна задача розглядається із застосуванням методів моделювання систем автоматичного управління;

- зусилля, що діє з боку жатки на стебло, має бути меншим зусилля відгину стебла, але і достатнім для виконання попередньої умови.

При дослідженні робочого процесу стеблепідіймачів необхідно:

- обґрунтувати раціональну форму змінного профілю пера за умови збільшення величини сили опору при переміщенні вздовж робочої поверхні та зменшення часу і довжини зони контакту стебла із стеблепідіймачем. Профіль пера обґрунтовується шляхом моделювання взаємодії стебла зі стеблепідіймачем при підніманні полеглого стеблостою [4] і варіаційними методами через функціонал часу контакту стебла з пером;

- обґрунтувати раціональну форму дна стеблепідіймача або використання додаткових конструктивних елементів, що дозволить більш якісно копіювати нерівності поверхні поля. Вирішення цього завдання можливе на основі моделювання копіювання дном стеблепідіймача нерівностей поверхні поля.

Тому, при дослідженні робочого процесу стеблепідіймача і його взаємодії з полеглим стеблостоєм зернових культур необхідно реалізувати моделювання двох основних операцій: копіювання нерівностей поверхні поля; піднімання полеглих стебел.

Оптимальними умовами ефективного копіювання нерівностей поверхні поля вважатимемо співпадання (або близьке значення) частот нерівностей поверхні поля і власних коливань стеблепідіймача:

$$\frac{\psi_1}{\psi_2} \approx 1 \quad (1)$$

де: ψ_1 – частота коливань нерівностей поверхні поля, m^{-1} ; ψ_2 – частота власних коливань стеблепідіймача, m^{-1} .

При цьому одиничну нерівність представимо у вигляді функції [5]:

$$h(x) = h_0 \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l} \right), \quad (2)$$

де: h_0 – амплітуда одиничної нерівності поверхні поля; l – довжина одиничної нерівності.

У випадку розкладання $\cos \frac{2\pi x}{l}$ у степеневий ряд:

$$\cos \frac{2\pi x}{l} = 1 - \frac{\pi^2 x^2}{0,5l^2} + \frac{\pi^4 x^4}{1,5l^4} \dots$$

функція нерівностей поверхні поля функція (2) матиме вигляд:

$$h(x) = \frac{\pi^2 h_0}{1,5l^2} \left[3x^2 - \left(\frac{\pi^2}{l^2} \right) x^4 \right]. \quad (3)$$

Узагальненою координатою при моделюванні копіювання стеблелініймачем нерівностей поверхні поля приймається вертикальне переміщення підресореної частини стеблелініймача.

При дослідженні піднімання полеглих стебел розглядається динаміка повороту одиничного стебла за умови дії на нього стеблелініймача. В загальному випадку рівняння динаміки матиме загальний вигляд [6]:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_{A\dot{E}\dot{O}} - M_{i\dot{i}}^{\dot{N}\dot{O}i}, \quad (4)$$

де: J – момент інерції стебла навколо осі обертання; ω – кутова швидкість обертання стебла, максимальне значення якої при висоті прикладання сили з боку стеблелініймача l , модулі пружності Π роду

G та лінійній густині стебла γ складатиме $\omega = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{G}{\gamma}}$ [7]; $M_{A\dot{E}\dot{O}}$ – момент сили дії стеблелініймача на стебло при його обертанні; $M_{i\dot{i}}^{\dot{N}\dot{O}i}$ – сумарний момент сил опору стебла. Дія стеблестою враховуватиметься в цьому випадку через силу підпору сусідніх стебел [8].

Проведеним аналізом існуючих результатів досліджень [1–4, 6–8] встановлено, що для якісного піднімання стебел стеблелініймачами необхідно, щоб сила дії пера на стебла повинна бути більшою за мінімально допустиме значення при відгині полеглих криволінійних стебел. При цьому величина сили буде збільшуватися із збільшенням густоти стеблестою, швидкості руху машини і довжини пера та із зменшенням кута нахилу стебла до горизонту. Найбільш інтенсивна дія стеблелініймача на стебло відмічатиметься в момент початку контакту полеглих стебел із пером. Зазначені принципи [9] визначатимуть граничні умови при моделюванні.

Встановлено також, що чим нижче розміщений носок стеблелініймача, тим більше зусилля необхідно прикласти для піднімання стебел, а істотний вплив на якість протікання процесу матимуть швидкість і прискорення точок контакту стебла із поверхнею робочого органа та кут розхилу.

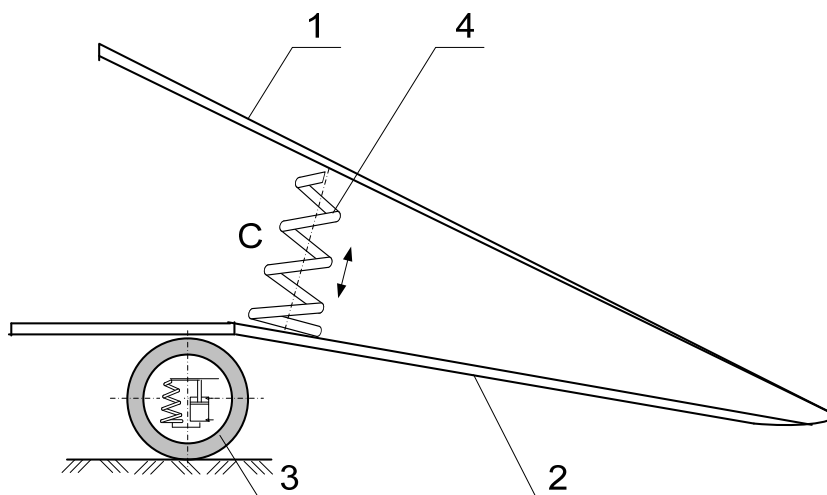


Рис. 2. Схема стеблепідіймача з підпружиненим пером: 1 – піднімальне перо; 2 – дно; 3 – опорний каток; 4 – пружний елемент.

На основі проведеного системного аналізу конструктивних особливостей стеблепідіймачів сучасних зернозбиральних комбайнів і взаємодії пера зі стеблом було обґрунтовано модель стеблепідіймача з підпружиненим пером (рис. 2), застосування якого забезпечуватиме високу надійність та ефективність виконання процесу.

Наявність в схемі стеблепідіймача опорного катка 3 забезпечуватиме більш якісне копіювання дном поверхні поля у поздовжньо-вертикальній площині 2, а встановлення компенсуючого пружного елемента 4 жорсткістю C між пером 1 і дном 2 - вібраційну дію на стебла при русі по поверхні пера, що унеможливить зависання стебел, забивання ріжучого апарату та обмежуватиме відгин пера внаслідок підпору стеблостою, особливо при значній його густоті.

Висновок. Для забезпечення високих показників якості збирання зернових культур на ділянках з наявним полеглим стеблостоєм доцільно в конструкції жатки зернозбирального комбайна встановлювати стеблепідіймачі. Але існуючі конструкції стеблепідіймачів не завжди забезпечують якісне піднімання стебел, оскільки на ефективність роботи впливатимуть як внутрішні, так і зовнішні фактори. Це вимагає проведення системних досліджень. На основі проведеного аналізу обґрунтовано механіко-технологічні принципи моделювання робочого процесу стеблепідіймачів жаток зернозбирального комбайна внаслідок взаємодії пера з полеглим стеблостоєм зернових культур та копіювання дном нерівностей поверхні поля, а також запропоновано модель стеблепідіймача, при застосуванні якого забезпечуватиметься висока надійність та ефективність виконання процесу.

Список літератури

1. *Антипкин А. Н.* Обоснование конструктивных параметров стеблеподъемника жатки зерноуборочного комбайна / *А. Н. Антипкин, К. З. Кухмазов* // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2011. – №1. – Ч.1. – С. 157–161.
2. *Налобіна О. О.* Механіко-технологічні основи процесів взаємодії робочих органів льонозбирального комбайна з рослинним матеріалом / *О. О. Налобіна* // Автореф. дис. д.т.н. – К., 2008. – 42 с.
3. *Ковалев М. М.* Технологии и машины для комбинированной уборки льна-долгунца / *М. М. Ковалев* // Автореф. дисс. д.т.н. – М., 2009. – 42 с.
4. *Сало В. М.* Обґрунтування форми стеблепідіймача сошника для прямої сівби зернових культур / *В. М. Сало, О. Р. Лузан, С. Я. Гончаров, П. Г. Лузан* // Сільськогосподарські машини. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011. – Вип. 21. – Т. II. – С. 64–74.
5. *Смолинский С.* Исследование копирования поверхности поля жаткой зерноуборочного комбайна / *С. Смолинский* // Agricultural Engineering. Research papers, Aleksandras Stulginskis University. – 2011. – Vol. 43, No 3. – P. 7–15.
6. *Шейченко В. О.* Дослідження взаємодії подільника жнивarki із стеблом соняшнику під час збирання / *В. О.Шейченко, Г. А. Хайліс, С. О. Кустов, А. Я. Кузьмич, М. М. Толстушко* // Механізація і електрифікація сільського господарства. – 2014. – Вип. 99 (1). – С. 175–183.
7. *Федоров В. В.* Снижение потерь семян подсолнечника при комбайновой уборке разработкой и применением стеблеподъемника с эластичными улавливателями / *В. В. Федоров* // Автореф. дис. к.т.н. – Пенза, 2013. – 19 с.
8. *Войтюк Д.* Обґрунтування умови якісного збирання зернових культур при збільшенні висоти зрізування / *Д. Войтюк, С. Смолінський* // Вісник ЖНАЕУ. – 2014. – № 1 (39). – Т. 1. – С. 108–114.
9. *Войтюк Д.* Аналіз можливості застосування різних типів стеблепідіймачів при збиранні полеглих зернових культур / *Д. Войтюк, С. Смолінський* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2015. – Вип. 19 (33). – С. 57–64.

References

1. *Antypkin, A. N., Kukhmazov, K. Z.* (2011). Obosnovanye konstruktivnykh parametrov stebel'pod'yemnyka zhatky zernouborochnoho kombayna [Justification construction settings tablebodylink harvester combine harvester]. Bulletin of Michurinskiy State Agricultural University, №1, Ch. 1, 157–161.
2. *Nalobina, O. O.* (2008). Mekhaniko-tekhnologichni osnovy protsesiv vzayemodiyi robochyykh orhaniv l'onozbyral'noho kombayna z roslynnym materialom [Mechanical-technological bases of processes of interaction of working bodies lionsbridge combine with plant material]. Avtoref. dys. d.t.n. K., 42.
3. *Kovalev, M. M.* (2009). Tekhnolohyy u mashyny dlya kombynyrovannoy uborky l'na-dolhun'tsa [Technology and machinery for combined harvesting of flax]. Avtoref. dyss. d.t.n. M.,42.
4. *Salo, V. M., Luzan, O. R., Honcharov, S. Ya., Luzan, P. H.* (2011). Obhruntuvannya formy stebel'pidiy'macha soshnyka dlya pryamoyi sivby zernovykh kul'tur [Justification forms stablima openers for direct seeding of grain crops]. Agricultural machines. Luts'k: Red.-vyd. viddil LNTU, Vyp. 21, T. II, 64–74.
5. *Smolynskyy, S.* (2011). Yssledovanye kopyrovannya poverkhnosty polya zhatkoy zernouborochnoho kombayna [Study copy the surface of the field by a harvester

- combine harvester]. Agricultural Engineering. Research papers, Aleksandras Stulginskis Universit, Vol. 43, No 3, 7–15.
6. Sheychenko, V. O., Khaylis, H. A., Kustov, S. O., Kuz'mych, A. Ya., Tolstushko, M. M. (2014). Doslidzhennya vzayemodiyi podil'nyka zhnyvarky iz stebлом sonyashnyku pid chas zbyrannya [Study of the interaction of the divider harvester with a stalk of sunflower during harvest]. Mechanization and electrification of agriculture, Vyp. 99 (1), 175–183.
7. Fedorov, V. V. (2013). Snyzhenye poter' semyan podsolnechnyka pry kombaynovoy uborke razrabotkoy y pryumeneniyem stebelopod'emnyka s elastychnymy ulavlyvatel'yamy [Reduction of losses of sunflower seeds with a combine harvesting in the development and application of telepathine with elastic traps]. Avtoref. dys. k.t.n. Penza, 19.
8. Voytyuk, D., Smolins'kyi, S. (2014). Obgruntuvannya umovy yakisnoho zbyrannya zernovykh kul'tur pry zbil'shenni vysoty zrizuvannya [Justification the conditions for high-quality harvesting of the crops by increasing the height of the cutting]. Herald INEU, № 1 (39), Т. 1, 108–114.
9. Voytyuk, D., Smolins'kyi, S. (2015). Analiz mozhlyvosti zastosuvannya riznykh typiv stebelidymachiv pry zbyranni polehlykh zernovykh kul'tur [Analysis of possibility of application of various types stableman were killed while harvesting grain crops]. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture. UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho. Doslidnyts'ke, Vyp. 19 (33), 57–64.

РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС СТЕБЛОПІДІЙМАЧІВ ЖАТОК ЗЕРНОУБОРОЧНИХ КОМБАЙНОВ КАК ОБЪЕКТ МОДЕЛИРОВАНИЯ С. В. Смолинский

Аннотация. *В статье приведено механико-технологические принципы моделирования рабочего процесса стеблеподъемника жатки зерноуборочного комбайна при взаимодействии пера с полеглым стеблестоем зерновых культур и копирования дном неровностей поверхности поля, а также обоснованно модель эффективного стеблеподъемника. Для обеспечения высоких показателей качества уборки зерновых культур на участках с имеющимся павшим стеблестоем целесообразно в конструкции жатки зерноуборочного комбайна устанавливать стеблеподъемники. Но существующие конструкции стеблеподъемников не всегда обеспечивают качественное поднятие стеблей, поскольку на эффективность работы влияют как внутренние, так и внешние факторы. Это требует проведения системных исследований. На основе проведенного анализа обоснованы механико-технологические принципы моделирования рабочего процесса стеблеподіймачів жаток зерноуборочного комбайна вследствие взаимодействия пера с павшим стеблестоем зерновых культур и копирования дном неровностей поверхности поля, а также предложена модель стеблеподіймача, при применении которого будет обеспечиваться высокая надежность и эффективность выполнения процесса.*

Ключевые слова: *полеглые стебли, стеблеподъемник, поднимание, копирование, моделирование*

WORKFLOW STABLIMA HARVESTERS GRAIN HARVESTERS AS OBJECT MODELING

S. V. Smolinsky

Abstract. *In paper there are the mechanical and technological principles of harvester lifter operation modelling for the lifting of laid grain-crops and the imitation of the field surface. There are grounded the effective lifter model. To ensure high levels of quality of cleaning of grain crops in areas with existing fallen stebleton useful in the design of the harvester combine harvester set stablima. But existing designs stableman not always provide high-quality lifting the stems, since the efficiency is influenced by both internal and external factors. This requires carrying out system studies. On the basis of the analysis substantiated the mechanical and technological principles of modeling workflow stableman harvesters combine harvester due to the interaction of the pen with fallen stebleton cereals and copy the bottom of the uneven surface of the field, and the proposed model stablima, which will provide high reliability and efficiency in the execution of the process.*

Key words: *laid stems, lifter, lifting, imitation, modelling*

УДК 631.24.3

СПОСІБ ПНЕВМАТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

В. А. Дідур, доктор технічних наук

О. І. Мушкевич, магістр

В. В. Паніна, кандидат технічних наук

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: didurva@mail.ru; mushkevicho@gmail.com

Анотація. *В статті наведено аналіз способів та засобів пневматичного діагностування герметичності золотникових пар гідророзподільників. Запропоновано пристрій для пневматичної експресдіагностики герметичності золотникових пар. Викладені результати експерименту з випробування пристрою. Отримано залежність швидкості падіння тиску повітря в камері гідророзподільника від сумарного зазору в золотниковій парі. Розроблено пристрій для експресдіагностування, який дозволяє*

© В. А. Дідур, О. І. Мушкевич, В. В. Паніна, 2016