Machinery & Energetics. *Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 4, 91-95*
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2019.04.091-095

УДК 631.361.022

АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ОСНОВНИМИ ПАРАМЕТРАМИ СИСТЕМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

С. В. Смолінський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція автора: s_smolinskyy@ukr.net.

Історія статті: отримано – серпень 2019, акцептовано – листопад 2019.
Бібл. 16, рис. 4, табл. 0.

Анотація. Метою дослідження є проаналізувати робочий процес та показники технічної характеристики зернозбиральних комбайнів для визначення існуючого взаємозв'язку між їх базовими параметрами. Об'єктом дослідження є робочий процес зернозбирального комбайна. Предметом дослідження є взаємозв'язок між параметрами елементів зернозбирального комбайну: жатної частини, молотильної системи, соломотряса, очисних решіт.

При русі технологічного матеріалу в зернозбиральному комбайні відбувається його взаємодія з робочими елементами. На режими роботи елементів зернозбирального комбайна впливають параметри і режими роботи попередніх елементів.

При дослідженні процесу подачі хлібної маси в молотильний апарат отримано вираз, що пов'язує параметри і режими роботи молотильного апарата, жатної частини і характеристики зернових культур. Згідно аналізу показників технічної характеристики сучасних зернозбиральних комбайнів із інформаційних проспектів фірм-виробників встановлено взаємозв'язок між основними параметрами елементів комбайнів.

Результати: встановлено взаємозв'язок між основними параметрами елементів сучасних зернозбиральних комбайнів.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, елементи комбайна, молотильний апарат, параметри, режими роботи.

Постановка проблеми

Статистичні дані показують постійне зростання як в Україні, так і у всьому світі обсягів виробництва зерна. Одночасно з цим зростає рівень технічного забезпечення галузі. Застосовується більш продуктивна і потужна техніка для вирощування і збирання зернових культур. Це сприятиме розвитку галузі та рентабельності виробництва.

Для збирання зернових культур застосовуються високоефективні самохідні зернозбиральні комбайни провідних фірм-виробників CLAAS, JOHN DEERE, NEW HOLLAND, FENDT, MESSEY FERGUESON, SAMPO та інші, які мають особливості в конструктивному виконанні та відрізняються показниками технічної характеристики. Але в цілому, зернозбиральні комбайни – це складна динамічна система, до складу якої входять елементи, кожен із яких можна також розглянути як окрему систему. Кожен із елементів зернозбирального комбайну взаємопов'язаний із іншими елементами та характеризується параметрами і режимами роботи. Одночасно із конструктивними особливостями при виборі необхідної збиральної машини звертається увага фахівців на параметри комбайна, оскільки їх величина може свідчити наскільки машина відповідає виробничим вимогам. Крім того, для ефективної і надійної роботи комбайна необхідно, щоб параметри і режими роботи окремих елементів були взаємопов'язані між собою

Аналіз останніх досліджень

Роботи багатьох авторів [1-12] містять результати досліджень процесів зернозбиральних комбайнів та аналізу взаємодії хлібної маси з робочими елементами збиральних машин. В роботі [13, 14] проаналізовано основні показники технічної характеристики зернозбиральних комбайнів та отримано функціональні і графічні залежності між ними.

Але з огляду на динамічність робочого процесу зернозбирального комбайна та мінливість величини подачі хлібної маси в молотильну систему виникла необхідність аналізу взаємозв'язку між основними параметрами комбайнів з огляду на досягнення необхідних показників ефективності виконання процесу.

Мета досліджень

Метою дослідження є проаналізувати робочий процес та показники технічної характеристики зернозбиральних комбайнів для визначення взаємозв'язку між їх базовими параметрами.

Результати досліджень

Зернозбиральний комбайн представимо як складну систему, до складу якої входять окремі взаємопов'язані елементи. Виділимо основні технологічні елементи – жатну частину (I), молотильну систему (II), соломоочисник (III) та решітну систему очистки (IV). На основі проведеного аналізу процесу роботи зернозбирального комбайна та впливу параметрів і режимів роботи окремих елементів на ефективність роботи комбайна представимо взаємозв'язок між ними у вигляді схеми (рис. 1). При цьому кожен елемент системи характеризується параметрами R_i та режимами роботи T_i.

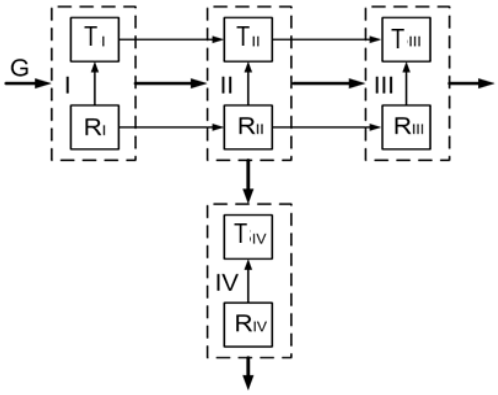

Рис. 1. Схема взаємозв'язку між параметрами і режимами роботи елементів зернозбирального комбайна: I - жатна частина, II - молотильна система, III - соломоочисник, IV - решітна система очистки

Fig. 1. Scheme of the relationship between the parameters and regimes of the combine harvester: I - header, II - thresher, III - straw wolker, IV - sieve cleaning system

Представлена схема визначає взаємний вплив між параметрами і режимами роботи молотильної системи, соломоочисника та решітної системи очистки.

Для встановлення взаємозв'язку між параметрами і режимами роботи жатної частини та молотильної системи було розглянуто умову ефективної роботи у вигляді

$$Q < q, \tag{1}$$

де Q - подача хлібної маси від жатної частини в молотильну систему, q - пропускна здатність молотильної системи.

Після аналізу складових умови (1) згідно [12, 15] та представлення їх у вигляді залежності між параметрами і режимами роботи елементів комбайна та характеристиками хлібостою отримано вираз

$$\frac{V(t)}{n\delta_0} < 30\frac{\rho_1\rho_2 DL\alpha}{[C_O(\rho_1-\rho_2)+\rho_1]}\times$$

$$\times\frac{1}{\left\{\begin{matrix}10^{-3}BK_B(t)\begin{bmatrix}U_I(x,y)+\\+K_H(H)U_{II}(x,y)\end{bmatrix}\cdot\\ \cdot(C_O(\rho_1-\rho_2)+\rho_1)\end{matrix}\right\}} \tag{2}$$

де $V(t)$ – робоча швидкість поступального руху зернозбирального комбайна; n - частота обертання молотильного барабана; δ_0 - зазор між барабаном і підбарабанням на вході в молотильний апарат; $\rho_{1,}, \rho_2$ - густина зерна і соломи; D - діаметр молотильного барабана; L - довжина молотильного барабана; α - кут обхвату молотильного барабану декою; C_O- вміст зерна у воросі, що подається у молотильний зазор; B - ширина захвату жатки; U_I, U_{II} - врожайність зерна і соломи; K_B - коефіцієнт використання ширини захвату жатки; $K_H(H)$ - коефіцієнт впливу висоти зрізу H на подачу незернової частини врожаю в молотильну систему.

Було також проведено аналіз базових показників технічної характеристики зернозбиральних комбайнів, що визначають ефективну роботу збирального агрегату. В результаті аналізу показників технічної характеристики 28 серій зернозбиральних комбайнів з класичною схемою молотарки (CLAAS, JOHN DEERE, NEW HOLLAND, FENDT, MESSEY FERGUESON та інші), 11 серій комбайнів з роторним молотильно-серпарувальним пристроєм (JOHN DEERE, CASE, NEW HOLLAND, FENDT, MESSEY FERGUESON та інші) та 7 серій збиральних машин із комбінованою (або гібридною) молотаркою [16] встановлено, що для комбайнів із класичною схемою молотарки параметри становлять: діаметр молотильного барабана - 0,45…0,8 м, довжина молотильного барабана - 1,06…1,7 м, площа деки - 0,51…2,25 м^2, площа соломотряса - 4,13…9,9 м^2, площа очисних решіт - 3…7,1 м^2, об'єм зернового бункера - 4,9…12,5 м^3, потужність двигуна комбайна - 175…449 к.с. У комбайнів із роторним молотильно-сепарувальним пристроєм діаметр ротора становить 0,559…0,762 м, довжина ротора - 2,235…4,838 м, площа очисних решіт - 5,2…6,5 м^2, об'єм зернового бункера - 10,57…14,5 м^3, потужність двигуна - 330…674 к.с. Комбайни із комбінованою / гібридною схемою молотарки обладнуються молотильними апаратами з діаметром барабана 0,45…0,6 м та довжиною 1,42…1,7 м, роторним соломоочисником з двома (в деяких марках - з одним) роторами діаметром 0,445…0,765 м, довжиною 3,2…4,2 м, а площа решіт при цьому становить 5,1…6,2 м^2, об'єм бункера - 10,0…12,3 м^3, потужність двигуна - 378…524 к.с.

На основі аналізу відомих досліджень функціонування зернозбирального комбайна і окремих його елементів [1-12] встановлено, що основними параметрами, які мають найбільший вплив на показники ефективності збирання, визначено площу молотильної системи (у тому ж числі і деки), площу соломоочисника та площу системи очистки.

На основі проведеного аналізу отримано кореляційні залежності між зазначеними параметрами:

для комбайнів з барабанною системою обмолоту:

залежність площі соломотряса S_2 від площі деки S_1:

$$S_2 = -1{,}2401S_1^2 + 5{,}9233S_1 + 1{,}9531,$$

залежність площі решіт S_3 від площі S_1 деки:

$$S_3 = -2{,}4724S_1^2 + 7{,}8772S_1 - 0{,}1704,$$

залежність площі деки S_1 від ширини захвату жатки B:

$$S_1 = 0{,}0989B + 0{,}3978,$$

залежність потужності двигуна N від площі деки S_1:

$$N = 67{,}38S_1 + 235{,}48,$$

залежність об'єму зернового бункера W від площі деки S_1:

$$W = 1{,}9131S_1 + 6{,}653,$$

залежність площі деки S_1 від площі поверхні молотильного барабана S_0:

$$S_1 = -0{,}2395S_0^2 + 1{,}7597S_0 - 1{,}9087,$$

залежність потужності двигуна комбайна N від площі деки S_1, площі соломотряса S_2 та площі решіт S_3:

$$N = -51{,}1566 + 6{,}75347S_1 + 9{,}781S_2 + 55{,}15244S_3,$$

залежність об'єму зернового бункера W від площі деки S_1, площі соломотряса S_2 та площі решіт S_3:

$$W = -0{,}87214 + 0{,}664587S_1 + 0{,}04959S_2 + 1{,}647S_3,$$

- для комбайнів з роторним МСП:

залежність площі решіт S_2 від площі поверхні ротора S_1:

$$S_2 = -0{,}021S_1^2 + 0{,}4996S_1 + 3{,}3138,$$

залежність потужності двигуна комбайна N від площі поверхні ротора S_1:

$$N = -1{,}2677S_1^2 + 49{,}547S_1 + 189{,}25,$$

залежність об'єму зернового бункера W від площі поверхні ротора S_1:

$$W = -0{,}0253S_1^2 + 0{,}591S_1 + 10{,}131.$$

Графічна інтерпретація деяких із зазначених кореляційних залежностей представлена на рис. 2, рис. 3, рис. 4. Кореляційні залежності і їх графічна інтерпретація підтверджує про існування кореляційного зв'язку між параметрами елементів зернозбиральних комбайнів.

В результаті апроксимації даних встановлено, що більшим розмірам барабана в молотильному апараті класичної схеми відповідають більші площі деки (рис. 2), а це дозволятиме більш повно здійснювати обмолот та сепарацію зерна через деку. Зменшення площі деки можна досягнути попереднім обмолотом або активізацією деки.

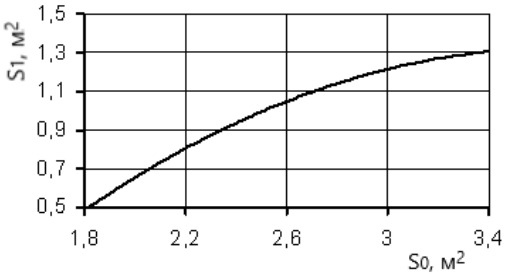

Рис. 2. Графік залежності площі деки від робочої площі поверхні молотильного барабана для зернозбиральних комбайнів барабанного типу.

Fig. 2. Graphs for the dependence of the deck area on the threshing drum surface area for drum grain harvesters.

Збільшення площі деки молотильної системи потребує і застосування соломотряса та очисних решіт більшої площі (рис. 3). Але при відповідному налаштуванні молотильної системи зменшуватиметься потреба у збільшенні площі соломотряса.

Із графічної залежності потужності двигуна від площі деки (рис. 4) випливає, що збільшення розмірів молотильного барабана, а відповідно, і соломотряса, і решітної системи очистки потребує застосування двигунів зернозбиральних комбайнів більшої потужності.

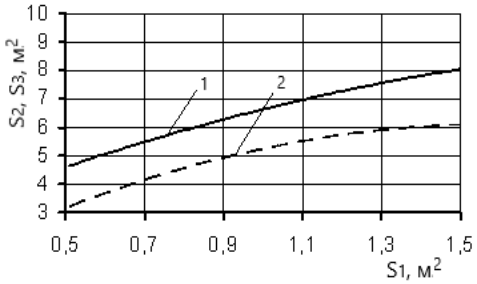

Рис. 3. Графіки залежності площі соломотряса (1) та площі решіт (2) від площі деки для зернозбиральних комбайнів барабанного типу

Fig. 3. Graphs for the dependence of the straw wolker area (1) and the sieves area (2) on the deck area for drum grain harvesters

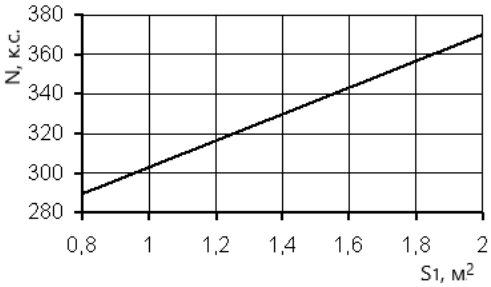

Рис. 4. Графік залежності потужності двигуна від площі деки для зернозбиральних комбайнів барабанного типу

Fig. 4. Graphs for the dependence of engine power on the deck area for drum grain harvesters

Потребу у збільшенні параметрів соломотряса, решітної системи очистки та потужності двигуна можна зменшити шляхом застосування систем адаптації, які дозволять працювати окремим елементам системи оптимально. Крім того, при проектуванні параметрів і режимів роботи елементів зернозбирального комбайна та їх адаптації до умов роботи серед основного необхідно приймати до уваги характеристики молотильної системи.

Висновки

1. В результаті проведеного аналізу робочого процесу та показників технічної характеристики сучасних зернозбиральних комбайнів встановлено існування взаємозв'язку між параметрами і режимами роботи жатної частини, молотильної системи, соломоочисника та системи очистки, які суттєво впливають на показники ефективності роботи зернозбирального комбайна в цілому.

2. До основних шляхів зменшення параметрів елементів систем слід віднести інтенсифікацію проце-

сів окремих елементів зернозбиральних комбайнів та адаптацію їх режимів роботи до умов збирання.

Список літератури

1. *Липкович Э. И.* Процессы обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов. Зерноград, 1973. 168 с.

2. *Кленин Н. И.* Исследование вымолота и сепарации зерна: дисс… докт. техн. наук. Москва, 1977. 424 с.

3. *Алферов С. А., Багринец В. С.* Обмолот и сепарация зерна в молотильных устройствах как вероятный процесс. Тракторы и сельхозмашины. 1972. №4. С. 10-13.

4. *Жалнин Э. В.* Методические вопросы построения общей теории процессов обмолота и сепарации зерна в зерноуборочных комбайнах. Науч.-тех. бюллетень ВИМ. 1982. Вып. 52. С. 22-29.

5. *Špokas L., Steponavičius D., Petkevičius S.* Impact of technological parameters of threshing apparatus on grain damage. Agronomy Research. 2008. №6. pp. 367–376.

6. *Богус Ш. Н.* Анализ и синтез молотильно-сепарирующих устройств рисо-зерноуборочных комбайнов: дисс... докт. техн. наук. Краснодар, 2005. 526 с.

7. *Демко А. А., Надточій О. В., Демко О. А.* Метод визначення пропускної здатності молотильно-сепарувального пристрою зернозбиральних комбайнів з урахуванням зміни техніко-експлуатаційних характеристик Техніка і технології АПК. 2012. №2. С. 32–35.

8. *Занько Н. Д.* Влияние технических параметров молотилки зерноуборочного комбайна с барабанным молотильно-сепарирующим устройством на ее функциональные показатели назначения. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 1999. Вип. 28. С. 174-180.

9. *Ловейкін В. С., Ляшко А. П.* Аналіз конструкції молотильно-сепаруючого пристрою тангенціального типу зернозбирального комбайна. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій. Тернопіль, 2015. С. 108–109.

10. *Bernhardt G, Bischoff L., Herlitzius T.* Maschinenuntersuchung funktionaler Baugruppen von Mähdreschern. Agrartechnische Forschung. 2 (1996). H. 2. S. 138-143.

11. *Дудак, С. М., Грицака О. М., Спірін А. В.* Кінетика процесу вимолоту зерна зернозбиральними комбайнами. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2015. №1(89). Том 1. С.53-56.

12. *Ловейкін В. С., Човнюк Ю. В., Нєдовєсов В. І., Ляшко А. П.* Обґрунтування параметрів молотильно-сепаруючого пристрою тангенціального типу зернозбирального комбайна. Київ, 2016. 238 с.

13. *Смолінський С. В.* Аналіз взаємозв'язку між базовими параметрами сучасних зернозбиральних комбайнів. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Харків, 2010. Вип. 93 Т.1. С. 182-186.

14. *Смолінський С. В.* Аналіз впливу параметрів молотильного апарату зернозбирального комбайна на процес обмолоту зернових культур. Machinery & Energetics. 2018, Vol. 9, No. 3, 271 - 174-182.

15. *Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Барановський В. М., Волянський М. С., Гуменюк Ю. О., Мартишко В. М., Онищенко В. Б., Сівак І. М., Смолінський С. В.* Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Київ, 2018. 736 с.

16. Проспекти фірм CLAAS, JOHN DEERE, MESSEY FERGUESON, NEW HOLAND, SAMPO.

References

1. *Lipkovich, E. I.* (1973). Threshing and separation processes in threshing machines of combine harvesters. Zernograd, 168.

2. *Klenin, N. I.* (1977). Research of threshing and grain separation. Moskva, 424.

3. *Alferov, S. A., & Braginetz, V. S.* (1972). Threshing and grain separation in threshing mechanism as probable process. Tractors and agricultural machinery, 4, 10-13.

4. *Zhalnin, E. V.* (1982). Methodical points for the general theory of threshing and grain separation in grain harvester combines. Scientific and technical table of the Union institute of agricultural mechanization, 52, 22-29.

5. *Špokas, L., Steponavičius, D., Petkevičius, S.* (2008) Impact of technological parameters of threshing apparatus on grain damage. Agronomy Research, 6, 367–376.

6. *Bogus, Sh. N.* (2005). Analysis and synthesis of threshing and separating devices for rice-combine harvesters. Krasnodar, 526.

7. *Demko, A. A., Nadtochyi, O. V., Demko, O. A.* (2012). The method of determining the capacity of the threshing and separating device of combine harvesters taking into account the change of technical and operational characteristic. Engineering and technology of agro-industrial complex, 2, 32–35.

8. *Zanko, N. D.* (1999). The influence of the thresher technical parameters of combine harvester with drum threshing and separating device on its functional indicators. Design, production and operation of agricultural machines, 28, 174-180.

9. *Loveikin, V. S., Lyashko, A. P.* (2015). Analysis of the design of a threshing-separating device of the tangential type of combine harvester. Fundamental and applied problems of modern technologies. Ternopil, 108-109.

10. *Bernhardt, G. Bischoff, L., Herlitzius, T.* (1996). Machine research of functional parts of combine harvesters. Agrotechnical research, 2, 138-143.

11. *Dudak, S. M., Grytzaka, O. M., Spirin, A. V.* (2015). Kinetics of the grain threshing process in combine harvesters. Scientific papers of Vinnytsia National Agricultural University, 1(89), 1, 53-56.

12. *Loveikin V. S., Chovnyuk Yu. V., Nedovesov V. I., Lyashko A. P.* (2016). Substantiation of the parameters of the threshing and separating device of the tangential type of combine harvester. Kyiv, 238.

13. *Smolinskyi, S. V.* (2010). Analysis of the relationship between the basic parameters of modern combine harvesters. Herald of Harakov National Technical P.Vasilenko University of Agriculture, 93, 1, 182-186.

14. *Smolinskyi, S. V.* (2018). Analysis of the influence of the thresher parameters of combine harvesters on the process of crops threshing. Machinery & Energetics. 2018, Vol. 9, No. 3, 271. 174-182.

15. *Voityuk D. G., Aniskevych L. V., Baranovskyi V. M., Volanskyi M. S., Humenyuk Yu. O., Martyschko V. M., Onischenko V. B., Sivak I. M Smolinskyi S. V.* (2018). Agricultural machinery. Fudamentals of theory and determination. Kyiv, 736.

16. Brochures of firms CLAAS, JOHN DEERE, MESSEY FERGUESON, NEW HOLAND, SAMPO.

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ СИСТЕМ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

С. В. Смолинский

Аннотация. Целью исследования является проанализировать рабочий процесс и показатели технической характеристики зерноуборочных комбайнов для определения существующей взаимосвязи между их базовыми параметрами. Объектом исследования является рабочий процесс зерноуборочного комбайна. Предметом исследования является взаимосвязь между параметрами элементов зерноуборочного комбайна: жатной части, молотильной системы, соломотряса, очистных решет.

При движении технологического материала в зерноуборочном комбайне происходит его взаимодействие с рабочими элементами. На режимы работы элементов зерноуборочного комбайна влияют параметры и режимы работы предыдущих элементов.

При исследовании процесса подачи хлебной массы в молотильный аппарат получено выражение, связывающее параметры и режимы работы молотильного аппарата, жатной части и характеристики зерновых культур. Согласно анализу показателей технической характеристики современных зерноуборочных комбайнов по информационным проспектам фирм-производителей установлена взаимосвязь между основными параметрами элементов комбайнов.

Результаты установлена взаимосвязь между основными параметрами элементов современных зерноуборочных комбайнов.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, элементы комбайна, молотильный аппарат, параметры, режимы работы

ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN THE MAIN PARAMETERS OF GRAIN HARVESTERS SYSTEMS

S. V. Smolinskyi

Abstract. The purpose of the research: to analyse the process and technical characteristics of combine harvesters and to determine the relationship between the basic parameters of harvesters. The object of research is the operation of combine harvester. The subject of research is the relationship between the parameters of the combine harvester elements: the header, the threshing system, the straw wolker, the sieves.

The material moves in the combine harvester and has interaction with the working elements. The parameters of the previous elements have an influence on the parameters of the next elements of the combine harvester.

During the study of material feeding into the thresher there are established an expression to unite the parameters of the thresher, the header and the characteristics of the grain crops. The relationship between the main parameters of harvester elements is established during the analysis of the technical characteristics for modern grain harvesters according to information brochures of firms.

Results: the relationship between the basic parameters for elements of the modern combine harvesters.

Key words: combine harvester, combine harvester elements, thresher, parameters, operating modes.

С. В. Смолінський ORCID 0000-0002-8186-7049.