

Д.Г.Войтюк, чл.-кор. НААНУ, професор,
С.В.Смолінський, канд. техн. наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Одним із способів підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів є мінімізація затрат часу на виконання побічних операцій, серед яких можна виділити вивантаження зерна із бункера у транспортний засіб. Збільшення продуктивності вивантажувального пристрою дозволить скоротити час простоїв комбайна при перевантажуванні зерна і більш ефективно використовуватимуться транспортні засоби при перевезенні зерна. Аналіз технічних характеристик сучасних зернозбиральних комбайнів доводить необхідність враховувати місткість бункера, потужність двигуна та пропускну здатність МСП при обґрунтуванні необхідної продуктивності вивантажування зерна із бункера, а іншими показниками, які не мають тісного кореляційного зв'язку зі швидкістю вивантажування зерна, можна знехтувати. Тому при проектуванні зернозбиральних комбайнів з більшою пропускну здатністю МСП та потужністю двигуна комбайна, необхідно його обладнати більш продуктивними вивантажувальними пристроями.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, бункер, вивантажувальний пристрій, час вивантаження, потужність двигуна, пропускну здатність.

Постановка проблеми. Серед основних факторів, які істотно впливають на показники ефективності механізованого збирання зернових культур, можна виділити місткість бункера і швидкість вивантажування зерна із бункера зернозбирального комбайна. Чим більше значення цих параметрів, тим менше часу простою комбайна при перевантажуванні зерна із бункера у транспортний засіб і більш ефективно використовуватимуться транспортні засоби при перевезенні зерна від комбайна. Для цього комбайни з більшою пропускну здатністю обладнуються бункерами більшої місткості і більш продуктивними вивантажувальними пристроями.

Конструкція бункерів та їх вивантажуваль-

них пристроїв переважно визначаються продуктивністю і компоновальними схемами зернозбиральних комбайнів. Щодо перевантаження зерна із бункера комбайна у транспортний засіб практично встановлено найбільш ефективне вивантажування досягається без зупинки комбайна. Хоча на даний момент часу із урахуванням стикування комбайнів із транспортними засобами переважно при перевантажуванні комбайни зупиняють (рис. 1). Для підвищення ефективності використання робочого часу збільшують місткість бункера, використовують додаткові машини - бункеро-накопичувачі або причепа до комбайна, а також комбайни обладнуються високопродуктивними вивантажувальними пристроями.



Рисунок 1. Вивантажування зерна із бункера шнековим вивантажувальним пристроєм зернозбирального комбайна у транспортний засіб при зупинці збирального агрегату

Встановлено, що зі збільшенням місткості бункера на 1 м³ маса комбайна збільшується на 250...450 кг, а потреба в потужності лише на його переміщення — на 45 кВт [1]. Додатково виникає потреба у зміцненні конструкції рами і вдосконаленні ходової системи із урахуванням умови стійкості машини.

Зернозбиральні комбайни із пропускну здатністю молотильно-сепарувального пристрою (МСП) 5...12 кг/с, які найбільш ефективні для збирання зернових культур в Україні, мають бункери місткістю 5...12 м³ і вивантажувальні пристрої продуктивності - 24...1100 л/с. При цьому час вивантажування повністю заповненого бункера

коливатиметься в межах 1,5...3,0 хв [1].

Тому, проаналізуємо швидкість вивантажування зерна із бункера зернозбирального комбайна як важливий фактор підвищення ефективності процесу збирання зернових культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Відомі дослідження вітчизняних і закордонних вчених по аналізу конструктивно-технологічних схем та основних параметрів сучасних зернозбиральних комбайнів [2-10], в яких розглядаються взаємозв'язки між основними параметрами комбайна, такими як пропускна здатність, маса машини, потужність двигуна, ширина захвату жатки, об'єм зернового бункера, параметри молотильного апарату та системи очистки, а також вплив параметрів комбайна на показники ефективності роботи. Але на даний момент часу не було проведено ґрунтовного аналізу такого показника технічної характеристики зернозбирального комбайна як швидкість вивантажування зерна із бункера.

Формулювання цілей статті. Метою даного дослідження є провести аналіз показника швидкості вивантажування зерна із бункера зернозбирального комбайна і вплив на його величину деяких основних параметрів збирального агрегату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для реалізації даного завдання було проаналізовано технічні характеристики цілого ряду сучасних зернозбиральних комбайнів із різними схемами молотильно-сепарувального пристрою (класичною, аксіально-роторною, тангенціально-роторною, комбінованою), а саме LEXION 670/650, LEXION 770/750, TUCANO, AVERO 240/160, DOMINATOR 130 - компанії CLAAS, серії S, W і T - фірми JOHN DEERE, серій ACTIVA, BETA, DELTA, T7i CENTORA - MASSEY FERGUSSON, CX, TC і CR - NEW HOLLAND, SAMPO C10/C12 і 3000, AXIAL-FLOW фірми CASE IH, CHALLENGER 646/647/652 [11]. На основі аналізу відомих досліджень та експертної оцінки встановлено, що серед показників технічної характеристики для подальшого дослідження виділимо такі фактори, які впливатимуть на швидкість вивантажування бункера, як місткість бункера, потужність двигуна та пропускна здатність МСП. Іншими показниками при цьому знехтуємо, оскільки вони мають взаємозв'язок із зазначеними факторами або відсутній кореляційний зв'язок зі швидкістю вивантажування зерна [5]. Так, наприклад, взаємозв'язок між масою комбайна і часом вивантажування зерна із бункера мають не тісного кореляційного зв'язку (рис. 2).

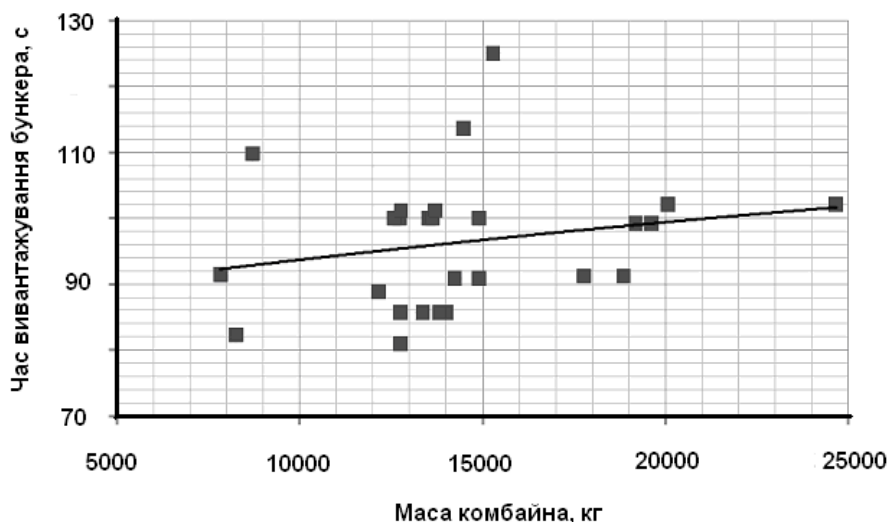


Рисунок 2. Графічна залежність між часом вивантажування зерна із бункера і масою комбайна

Оскільки виробники зернозбиральних комбайнів серед показників технічної характеристики не наводять величину пропускної здатності МСП, а відомі аналітичні залежності [5, 6, 7, 9, 10] є досить складними для практичного застосування, то при аналізі приймемо спрощену формулу для визначення теоретичної пропускної здатності МСП комбайна q_T , кг/с у вигляді [6]

$$q_T = 0,002V_K - 1. \quad (1)$$

де V_K – місткість бункера згідно технічної характеристики, л.

Залежність (1) дозволяє визначити теоре-

тичну пропускну здатність МСП зернозбирального комбайна по величині місткості бункера. Тому для подальшого аналізу швидкості розвантажування зерна доцільно використовувати такі фактори як потужність двигуна і пропускну здатність МСП, а швидкість вивантажування оцінюватимемо часом вивантаження бункера.

На основі аналізу отриманих графічних залежностей (рис.3, 4) встановлено, що існує деякий кореляційний зв'язок між зазначеними параметрами, а збільшення потужності двигуна і пропускної здатності комбайна, що характерно для сучасної збиральної техніки, потребує також збільшення швидкості вивантажування зерна із

бункера.

При проведенні аналізу отриманих графічних залежностей (рис. 3, 4) встановлено, що існують серії зернозбиральних комбайнів, які мають однакову величину часу вивантажування бункера, але потужність двигуна і пропускна здатність МСП відрізняється. Це пояснюється, насамперед, збільшенням загальної маси комбайна і параметрів МСП.

Рівняння, які апроксимуватимуть графічним залежностям, матимуть вигляд:

- між часом вивантажування зерна із бункера і потужністю двигуна комбайна (рис. 3):

$$T = 0,0002N^2 - 0,0692N + 93,544, \quad (2)$$

- між часом вивантажування зерна із бункера і теоретичною пропускною здатністю МСП комбайна (рис. 4):

$$T = 0,0977q_T^2 - 2,4314q_T + 102,35. \quad (3)$$

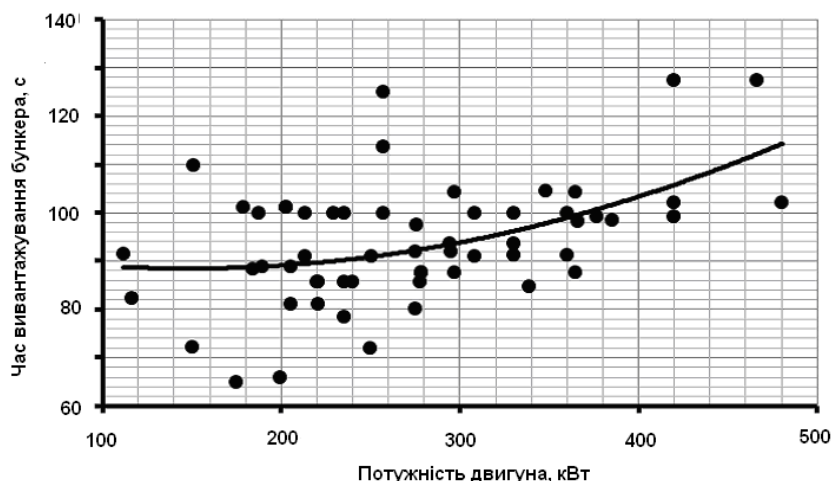


Рисунок 3 . Графічна залежність між часом вивантажування зерна із бункера і потужністю двигуна комбайна

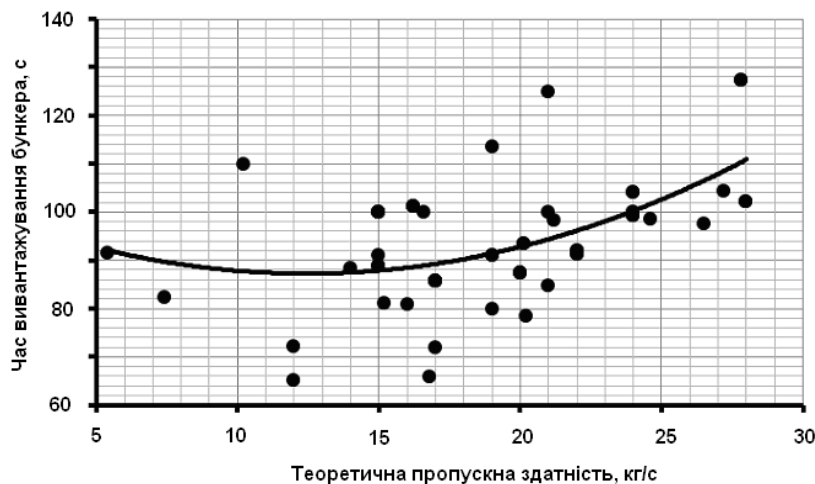


Рисунок 4 . Графічна залежність між часом вивантажування зерна із бункера і теоретичною пропускною здатністю МСП комбайна

Для встановлення аналітичної залежності між часом вивантажування зерна із бункера і об'ємом зерна у бункері V , необхідної потужності на привод вивантажувального пристрою N та подачею зерна у бункер Q , скористаємося методом розмірностей [12], згідно якого час вивантаження описуватиметься рівнянням

$$T = KV^A N^{-B} Q^{-C}, \quad (4)$$

складові якого у системі розмірностей матимуть вигляд

$$\begin{aligned} [V] &= L^3, \\ [N] &= ML^2T^{-3}, \\ [Q] &= MT^{-1}. \end{aligned} \quad (5)$$

Із урахуванням (5) рівняння (4) набуде вигляду

$$T = K(L^3)^A (ML^2T^{-3})^{-B} (MT^{-1})^{-C}, \quad (6)$$

На основі аналізу рівняння (6) отримаємо систему рівнянь, за допомогою якої визначимо показники степені A, B, C

$$\left. \begin{aligned} M: & 0 = -B - C; \\ L: & 0 = 3A - 2B; \\ T: & 1 = 3B + C. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

При розв'язуванні системи (7) значення показників степені дорівнюватимуть

$$A = \frac{1}{3}, B = -\frac{1}{2}, C = \frac{1}{2}.$$

Після підстановки показників степені A, B, C в рівняння (4) отримаємо

$$T = K \sqrt[3]{V} \sqrt{\frac{Q}{N}}. \quad (8)$$

Емпіричний коефіцієнт K , який входить у вираз (8), залежить від конструкції і режимів роботи вивантажувального пристрою, а також від зернового матеріалу та його властивостей.

Залежність (8) показує, що при збільшенні об'єму зерна у бункері і подачі зерна у бункер час вивантажування зерна із бункера збільшуватиметься, а при збільшенні потужності на привод вивантажувального пристрою – час вивантажування зменшуватиметься, оскільки збільшуватиметься при цьому і швидкість вивантажування.

Розглянемо процес накопичення зерна у бункері комбайна по величині об'єму зерна у бункері. Об'єм зерна, що подається у бункер зернозбирального комбайна при збиранні хлібної маси на деякій довжині проходу, визначимо із залежності

$$V = B \cdot L \cdot k \cdot Y(1 - P)/100\gamma, \quad (9)$$

де V - об'єм зерна у бункері зернозбирального комбайна, м³; B - ширина захвату жатки комбайна, м; L - довжина пройденого шляху, м; Y - врожайність зерна, ц/га; k - коефіцієнт пропорційності, що визначатиме співвідношення між подачею зерна у бункер комбайна і подачею зернової частини хлібної маси в жатку; P - втрати зерна у відносних масових одиницях; γ - об'ємна маса зерна, кг/м³.

При застосуванні в конструкції зернозбира-

льного комбайна вивантажувального пристрою із продуктивністю w , м³/с, час розвантаження зерна із бункера визначатиметься

$$T = V/w, \quad (10)$$

Тоді із урахуванням (9) і коефіцієнта повноти заповнення вивантажувального пристрою зерном μ час вивантажування визначатиметься

$$T = B \cdot L \cdot k \cdot Y(1 - P)/100\gamma w \mu. \quad (11)$$

Дослідженнями [1,13] встановлено, що при збиранні зернових культур із урожайністю 40 ц/га зернозбиральними комбайнами із місткістю бункера 6...8 м³, затрати часу на вивантажування зерна складають 30...38% загальних затрат робочого часу. При подальшому аналізі залежностей (2), (3), (8) і (11) та із використанням аналітичних методів буде обґрунтовано раціональні параметри вивантажувального пристрою.

Висновки. Одним із важливих параметрів зернозбирального комбайна, який істотно впливає на ефективність механізованого збирання зернових культур, є швидкість вивантажування зерна із бункера. В результаті проведеного аналізу показників технічної характеристики сучасних зернозбиральних комбайнів встановлено існування кореляційного зв'язку між швидкістю вивантажування зерна і потужністю двигуна та пропускну здатності МСП комбайна. Враховуючи світові тенденції розвитку зернозбиральної техніки по зростанню пропускну здатності МСП та потужності двигуна комбайна, можна прийти до висновку щодо подальшого зростання величини швидкості вивантажування зерна, що вимагає застосування в конструкції зернозбиральних комбайнів більш продуктивних вивантажувальних пристроїв. Внаслідок аналізу отриманої аналітичної залежності встановлено також, що при збільшенні об'єму зерна у бункері і подачі зерна у бункер час вивантажування збільшуватиметься, а при збільшенні потужності на привод вивантажувального пристрою, відповідно, зменшуватиметься.

Список використаної літератури:

1. [Погорілець О.М.](#) Зернозбиральні комбайни / О.М. Погорілець, Г.І. Живолуп // - К.: Укр. Центр духовн. культури, 2003. - 203 с.
2. Кравчук В.І. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалюка. - К.: Аграрна наука, 2004. - 396с.
3. Гольцяпин В.Я. Современные самоходные зерноуборочные комбайны / В.Я. Гольцяпин // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1997.-№3. - С. 35-40.
4. Gubsch M. Zu einigen Aspekten in der Mahdrescherentwicklung / M.Gubsch // Deutsche Agrartechnik. - 22. Jg. (1972). - Heft 3. - S.122-125.
5. Смолінський С.В. Аналіз взаємозв'язку між базовими параметрами сучасних зернозбиральних комбайнів / С.В. Смолінський // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. - Харків. - 2010. - Вип. 93 Т.1. - с. 182-186.
6. [Недовесов В. І.](#) Графічне і математичне моделювання показника „об'єм бункера зернозбирального комбайна” / В.І. Недовесов, М.Д. Занько // [Механізація і електрифікація сільського господарства](#). - 2012. - Вип. 96. - С. 240-246

7. Занько М.Д. Удосконалення методів випробувань молотарки зернозбирального комбайна: Автореферат дис. канд.техн.наук: / М.Д.Занько // Глеваха, 2008. - 20 с.
8. Недовесов В.И. Анализ экономичности технологического процесса зерноуборочного комбайна / В.И.Недовесов, Г.А.Хайлис, Н.Д.Занько // Тракторы и сельхозмашины. - №1. – 2011. – С. 27-29.
9. Ерохин Г.Н. Моделирование эксплуатационно-технологических показателей зерноуборочных комбайнов / Г.Н.Ерохин, А.С.Решетов, В.В.Коновский // Тракторы и сельхозмашины. - №1. – 2011. – С. 30-31.
10. Демко А. Метод визначення пропускної здатності молотильно- сепарувального пристрою зернозбиральних комбайнів з урахуванням змінитехніко-експлуатаційних характеристик / А. Демко, О. Надточій, О. Демко // Техніка і технології АПК. – №2. – 2012. – С. 32–35.
11. Проспекти фірм CLAAS, JOHN DEERE, MESSIEY FERGUESON, CASE, NEW HOLLAND, SAMPO, CHALLENGER
12. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1999. – 428 с.
13. Радемахер Т. Тенденции развития рынка зерноуборочной техники / Т.Радемахер // Новое сельское хозяйство, 2006.-№2.- С.76 - 82.

Войтюк Д.Г., Смолинский С.В. Анализ скорости выгрузки зерна из бункера зерноуборочного комбайна

Одним из параметров зерноуборочных комбайнов, который влияет на эффективность механизированного процесса уборки зерновых культур, является скорость выгрузки зерна из бункера комбайна. В работе проанализировано влияния на величину скорости выгрузки зерна параметров комбайнов в виде аналитических и графических зависимостей.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, бункер, выгрузное устройство, время выгрузки, мощность двигателя, пропускная способность.

Voytyuk D.G., Smolinsky S.V. Analysis of speed unloading grain from hopper combine harvesters

The unload rate of grain is the important parameters of harvesters to have an effect on the harvesting efficiency. In the paper there are analysed the unload rate of grain as the analytical and graphic dependence on the parameters of harvester.

Keyword: harvester, grain tank, unloading auger, unloading time, engine power, rate.

Стаття надійшла в редакцію: 29.09.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Топілін Г.Є.