

УДК 631.354.2.076-52

РОБОЧИЙ ПРОЦЕС ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ЯК ОБ'ЄКТ АДАПТАЦІЇ

Смолінський С.В

Мироненко В.Г

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглядається вплив основних факторів на ефективність робочого процесу зернозбирального комбайна та структура системи контролю та оперативного керування при адаптації до умов роботи. Наведено алгоритм реалізації адаптації у вигляді задачі параметричної оптимізації.

There is are considered the basic factors on efficiency of harvester and are observed a structure of system of monitoring and operating control in adaptation. There is proposed algorithm of adaptation as parametrichnoi optimization.

Постановка проблеми

Незважаючи на економічну ситуацію в Україні, вирощування зернових культур було і залишається стратегічною галуззю народного господарства країни. Подальше збільшення площ під зерновими культурами вимагає забезпеченості високопродуктивною і енергонасиченою технікою для вирощування та збирання цих культур.

Основними машинами для збирання зернових культур на сьогоднішній день є самохідні зернозбиральні комбайни, які дозволяють забезпечити збирання зернових культур у стислі терміни і з мінімальними втратами. На сьогодні ринок сільськогосподарської техніки України заповнюється переважно потужними і продуктивними зернозбиральними машинами закордонного виробництва.

Одним із основних напрямків подальшого вдосконалення зернозбиральних комбайнів пов'язане з одночасним підвищенням якісних показників роботи та продуктивності, тобто підвищення ефективності процесу роботи зернозбирального комбайна. Це можливо за умови забезпечення функціонування комбайнів при оптимальних параметрах за даних умов роботи. Проте, в більшості випадків робота зернозбирального комбайна здійснюється при мінливих умовах (змінних врожайності, характеристиках хлібостою, вологості хлібної маси, конфігурації і рельєфу поля тощо), що призводить до варіації показників ефективності його роботи. Досягнути стабільності показників ефективності роботи зернозбирального комбайна можливо шляхом адаптації до умов збирання внаслідок моніторингу та оперативного керування процесом роботи. Системні підходи щодо вирішення подібної задачі дозволять забезпечити підвищення ефективності технічних засобів для збирання зернових культур.

Формулювання мети доповіді

Метою досліджень є аналіз робочого процесу зернозбирального комбайна щодо можливості його адаптації до умов роботи із застосуванням систем контролю та оперативного керування.

Аналіз останніх досліджень

Сучасні зернозбиральні обладнуються різноманітними системами автоматичного контролю та регулювання параметрами роботи: системою автоматичного керування висотою зрізання, системою автоматичного регулювання подачею хлібної маси, системою автоматичного водіння комбайном, системою автоматичного вирівнювання комбайна при роботі на схилі (в т.ч. системи вирівнювання решіт), і т.д.. Переважно ці рішення мають технічний характер без чіткого фундаментального обґрунтування.

Питанню дослідження систем автоматичного управління роботою зернозбирального комбайна та регулюванням параметрів присвячені дослідження Аніскевича Л.В., Войтюка Д.Г., Кравчука В.І., Мироненка В.Г., Настенка М.М., Шаповалова В.Д. та багатьох інших вчених [1, 2, 3, 4, 5, 6], які розглядали можливість забезпечення ефективного виконання робочого процесу комбайна в реальних умовах функціонування під впливом різноманітних факторів.

В праці Паршина Д.Я. та Шевчука Д.Г. [6] проаналізовано основні фактори зовнішньої дії на зернозбиральний комбайн та їх вплив на характер руху і процес збирання. При цьому запропоновано багатопараметричний метод адаптивного управління зернозбиральним комбайном і алгоритм щодо його реалізації, а також розглядаються структура і взаємозв'язок елементів адаптивної системи управління комбайном.

Але фундаментальні основи систем адаптації зернозбирального комбайна до умов збирання, потребують подальшого розвитку системних підходів щодо їх розробки.

Тому, для комплексного вирішення задачі контролю та оперативного вікування робочим процесом зернозбирального комбайна необхідно розробити фундаментальні основи адаптації комбайнів до умов збирання та створення інформаційної елементної бази систем і алгоритмів їх функціонування, що є пріоритетними напрямками наукових досліджень в галузі сільськогосподарської техніки.

Виклад основного матеріалу

Для дослідження адаптивного управління робочим процесом зернозбирального комбайна представимо його як об'єкт із чітко вираженими взаємозв'язками між його основними факторами, в саму адаптацію як вирішення задачі оптимізації.

Розглянемо зернозбиральні комбайни як динамічну систему логічно зв'язаних між собою функціональних блоків: енергетичного модуля, що включає силову установку, ходову частину та органи керування, і технологічного модуля як сукупність робочих органів жатної частини та молотильно-сепарувального пристрою.

При збиранні біологічного врожаю зернових культур здійснюється виконання зернозбиральними комбайнами безперервного робочого процесу, який полягає у послідовному переміщенні хлібної маси по поверхні робочих органів. В цілому, робочий процес зернозбирального комбайна являє собою функціонування системи «зернозбиральний комбайн - біосередовище» (рис. 1) із активним впливом на його протікання підсистеми «людина=оператор».

Управління робочим процесом самохідних зернозбиральних комбайнів в польових і транспортних умовах забезпечується за допомогою систем автоматичного керування. Застосування засобів автоматизації на зернозбиральних комбайнах дозволяє спростити і полегшити роботу оператора, хоча при цьому істотно зростає вартість машини.

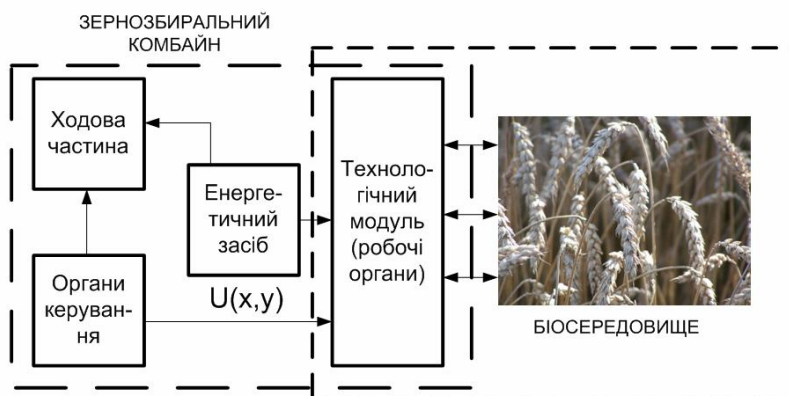


Рис. 1. Структурна схема системи «зернозбиральний комбайн - біосередовище»

Робочий процес зернозбирального комбайна як об'єкт автоматичного керування можна уявити як складну динамічну систему, на яку діють множина факторів характеристики біосередовища $\{R\}$, погодно-кліматичних умов $\{P\}$, конструктивно-кінематичних $\{S\}$ та експлуатаційних параметрів машини $\{K\}$.

На основі статистичної обробки експертної оцінки виділено найбільш суттєві фактори, що впливають на вибір умов функціонування як адаптованого процесу: висота хлібостою $h(x, y, t)$, густина стеблостою $\rho(x, y)$, урожайність $U(x, y, t)$, дійсна робоча ширина захвату жатки $B(t)$ та швидкість поступального руху зернозбирального комбайна $V(x, y, t)$. Вологість зерна при цьому є контрольованим некерованим фактором $w(x, y, t)$. Контроль за виконанням робочого процесу здійснюватиметься за показниками подачі хлібної маси до молотильно-сепарувального пристрою $q(x, y, t)$, продуктивності комбайна по площі $W(x, y, t)$ та втрат зерна $BZ(x, y, t)$. Всі зазначені параметри можуть контролюватися датчиками.

Адаптацію робочого процесу зернозбирального комбайна представимо числовим вирішення задачі параметричної оптимізації відносно функції втрат зерна, продуктивності та подачі хлібної маси

$$\left\{ \begin{array}{l} BZ = BZ(q, h, \rho, U, B, V, w, x, y, t) \leq [BZ], \\ W = W(B, V, x, y, t) \rightarrow W_{\max}, \\ q = q(W, U, x, y, t) \rightarrow q_{opt}, \\ h_{\min} \leq h(x, y, t) \leq h_{\max}, \\ \rho_{\min} \leq \rho(x, y) \leq \rho_{\max}, \\ U_{\min} \leq U(x, y, t) \leq U_{\max}, \\ B_{\min} \leq B(t) \leq B_{\max}, \\ V_{\min} \leq V(x, y, t) \leq V_{\max}, \\ w_{\min} \leq w(x, y, t) \leq w_{\max}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Перша нерівність системи (1) визначає функцію мети, два наступних рівняння – умови забезпечення ефективності роботи. В системі приводяться також вирази меж варіювання параметрів контролю і управління при виконанні робочого процесу.

Відхилення миттєвого значення подачі хлібної маси на МСП від оптимального значення пропускної здатності МСП як похибка управління визначатиметься

$$\delta = \int_{T_1}^{T_2} (q(t) - q_{opt})^2 dt, \quad \text{при} \quad \delta \rightarrow \min. \quad (2)$$

Оскільки більшість параметрів, що входять в модель (1), мають мінливий та випадковий характер, для її аналізу може бути використане імітаційне моделювання на основі збору і обробки місце визначеної інформації по характеристиці хлібостою.

Для формування безперервного контролю за режимами роботи комбайна при виконанні робочого процесу, застосовують датчики різних типів. Але дійсна забезпеченість мобільної сільськогосподарської техніки, в тому числі і зернозбиральних комбайнів, датчиками необхідного технічного рівня складає менше половини необхідного. Це пов'язано із складними умовами роботи, обмеженими можливостями джерел живлення, коротким часом експлуатації техніки протягом року, вимоги низької вартості техніки (особливо допоміжного устаткування), наявності критичних термінів виконання робіт і відповідно високих вимог до надійності техніки та кваліфікованих її експлуатації і обслуговування.

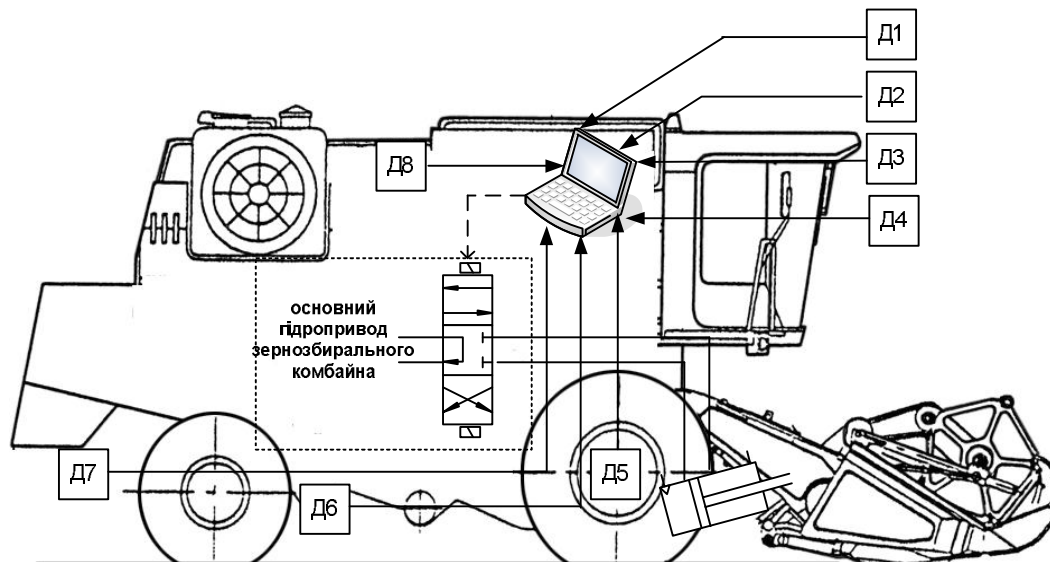


Рис. 2. Схема зернозбирального комбайна як об'єкта адаптації

Для реалізації адаптації до умов збирання зернозбиральний комбайн (рис. 2) обладнується блоками контролю та оперативного керування, що містить бортовий комп'ютер, виконавчі органи і датчики: висоти хлібостою Д1, густоти стеблостою Д2, дійсною робочою шириною захвату жатки Д3, подачі хлібної маси до МСП Д4, швидкості поступального руху зернозбирального комбайна Д5, висоти стерні після зрізання Д6, втрат зерна Д7 та вологості зерна в бункері комбайна Д8. Збирання врожаю зернових культур починається із формуванням задачі на збирання при оптимальній вологості зерна, що дозволяє забезпечити мінімізацію втрат врожаю і затрат на післязбиральний обробіток. На основі зазначених вимог завантажуються в бортовий комп'ютер модель оптимальних керуючих дій та оптимальна величина подачі хлібної маси до МСП зернозбирального комбайна.

Дослідженнями В.Г.Мироненка [4] встановлено, що застосування в складі зернозбирального комбайна системи автоматичного контролю і оперативного керування може забезпечити збільшення продуктивності більш ніж на 20%, зменшення питомої витрати палива до 8% і втрат зерна не менше ніж на 0,5%.

Висновки

Сучасні зернозбиральні комбайни є складною динамічною технічною системою, яка складається із великої кількості взаємопов'язаних робочих органів із одночасним або послідовним функціонуванням. Підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів, а також їх експлуатаційних показників, можливо досягнути на основі застосування в їх конструкції систем контролю та оперативного керування, які між собою взаємопов'язані і мають за мету контроль параметрів збиральної машини в цілому і окремих її робочих органів, вироблення на їх основі сигналу оптимальних керуючих дій та здійснення оптимального регулювання системи.

Література

1. Aniskevych L. Регулювання режимами функціонування збиральних машин за прогностичними картограмами врожайності / L.Aniskevych, D.Voityuk, S.Smolinsky // MOTROL Motoryzacja i energetyka rolnictwa. T.12 .Lublin, 2010. – P. 15-22.
2. Кравчук В.І. Наукові аспекти адаптації сільськогосподарських машин в керованих технологіях землеробства /Механізація та електрифікація сільського господарства. ННЦ "ІМЕСГ", Вип.88. Глеваха, 2004. –С.334-343.
3. Настенко Н.Н. и др. Системы автоматического регулирования зерноуборочных комбайнов. – М.: Машиностроение, 1973.
4. Мироненко В.Г. Науково-технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві: Дис... д-ра техн. наук: / В.Г.Мироненко // . - К., 2006. – 398 с.
5. Шеповалов В.Д. Автоматизация уборочных процессов. – М.: Колос, 1978. - 383 с.
6. Паршин, Д. Я. Математическая модель системы автоматического вождения зерноуборочного комбайна / Д. Я. Паршин, Д. Г. Шевчук // Вестник Донского государственного технического университета, 2011. Т. 11, № 10 (61). – С. 1817-1823.