

Дрожжана Ольга Урешівна

старший викладач

ORCID ID (0000-0001-8214-2624)

Полтавський державний аграрний університет
м. Полтава

DOI

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА



Зберігання та переробка продукції рослинництва є важливою складовою агропромислового виробництва. На сучасних підприємствах для приймання, очищення, сушіння, транспортування, зберігання та переробки зерна використовують складні технологічні комплекси, до складу яких входять зерноочисні машини, норії,

транспортери, шнеки, вентилятори, зерносушарки, дробарки, силоси та інше обладнання. Підвищення продуктивності таких систем повинно супроводжуватися відповідним рівнем безпеки праці.

Особливістю зазначених технологічних процесів є одночасна наявність декількох небезпечних факторів. Працівники можуть зазнавати впливу рухомих і обертових частин машин, електричного струму, шуму, вібрації, пилу, підвищених температур, а також небезпек, пов'язаних із перебуванням на висоті або всередині силосів та інших замкнених просторів. Особливу увагу необхідно приділяти зерновому пилу, оскільки його накопичення за наявності джерела займання може спричинити пожежу або вибух. До небезпечних ситуацій також належить захоплення працівника рухомими робочими органами транспортерів, норій та шнеків.

В Україні вимоги до безпечного виконання робіт під час зберігання та переробки зерна визначаються Правилами охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна, затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України від 20.09.2017 № 1504. Правила є обов'язковими для роботодавців і працівників під час виконання відповідних технологічних процесів [1].

Традиційна система забезпечення безпеки значною мірою базується на періодичних оглядах обладнання, контролі параметрів працівником та виконанні встановлених інструкцій. Однак такий підхід не завжди дозволяє своєчасно виявити розвиток небезпечного процесу. Наприклад, поступове підвищення температури підшипника транспортера або норії може бути виявлене лише під час чергового огляду. За цей час несправність може перейти в аварійний режим. Тому перспективним напрямом є перехід від періодичного контролю до безперервного автоматизованого моніторингу технічного та технологічного стану обладнання [3].

Одним із варіантів такого рішення є створення інтелектуальної системи моніторингу, структура якої може бути представлена у вигляді:

датчики → контролер → обробка інформації → оцінювання рівня ризику → попередження оператора → автоматичне відключення обладнання.

Основними елементами системи можуть бути датчики температури, вологості, вібрації, швидкості обертання, положення та сходження транспортної стрічки, навантаження електродвигуна та концентрації газів. Для зерносховищ додатково доцільним є встановлення датчиків температури зернової маси, вологості та концентрації CO₂.

Використання сенсорних систем для контролю зерна вже є перспективним напрямом сучасних досліджень. Наукові роботи показують можливість застосування IoT, бездротових мереж датчиків та алгоритмів машинного навчання для моніторингу температури, вологості, газового складу та інших параметрів зернової маси в режимі реального часу [2, 3].

Запропонований підхід можна використати не лише для контролю якості зерна, а й безпосередньо для підвищення рівня безпеки праці. Наприклад, підвищення температури підшипникового вузла транспортера може свідчити про недостатнє змащування, перевантаження або початок руйнування підшипника. Одночасне збільшення температури та вібрації може бути ознакою розвитку несправності. У такому випадку система повинна спочатку сформувати попередження для оператора, а при досягненні критичного значення — автоматично зупинити обладнання.

Для стрічкових транспортерів доцільним є застосування датчиків сходження стрічки та контролю швидкості її руху. Зміщення стрічки може призвести до контакту з конструктивними елементами, нагрівання та виникнення аварійної ситуації. Автоматичне виявлення такого відхилення дозволяє зупинити транспортер до виникнення серйозної несправності [2].

Аналогічний принцип може бути застосований до норій. Контроль температури підшипників, швидкості руху стрічки та стану приводу дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормального режиму. Це особливо важливо з огляду на те, що нагріті підшипники, перегріті електродвигуни та інші джерела займання можуть становити небезпеку в середовищі з наявністю горючого зернового пилу.

Іншим важливим напрямом є автоматизація контролю умов зберігання зерна. Підвищення температури та вологості зернової маси може сприяти розвитку небажаних біологічних процесів, погіршенню якості продукції та виникненню зон самонагрівання. Сучасні сенсорні та IoT-системи дають можливість здійснювати постійний контроль параметрів і передавати інформацію оператору без необхідності регулярного ручного вимірювання в кожній зоні сховища [3].

Перспективним є поєднання такого моніторингу з автоматизованою системою керування вентиляцією. При виявленні несприятливих параметрів система може автоматично змінювати режим роботи вентиляторів або повідомляти оператора про необхідність проведення відповідних технологічних

заходів. Сучасні дослідження також розглядають інтелектуальне керування аерацією із застосуванням цифрових моделей, сенсорів та алгоритмів штучного інтелекту.

Важливим компонентом інноваційної системи безпеки повинна залишатися аспірація. Під час приймання, очищення, транспортування та переробки зерна необхідно мінімізувати утворення та накопичення пилу. Ефективне видалення пилу безпосередньо в місцях його утворення зменшує його концентрацію в робочій зоні та одночасно знижує кількість горючого матеріалу, який може брати участь у пожежі або вибуху.

Інноваційність аспіраційної системи може полягати у використанні датчиків перепаду тиску на фільтрах, контролю продуктивності повітряного потоку та автоматичного сигналізування про зниження ефективності пиловловлювання. У разі засмічення фільтра або порушення роботи вентилятора система повинна повідомити оператора та, за необхідності, зупинити відповідну ділянку технологічної лінії.

Окрему увагу необхідно приділити роботам усередині силосів та бункерів. Такі роботи пов'язані з ризиком засипання зерном, падінням, наявністю небезпечної атмосфери та випадковим запуском транспортного обладнання. Міжнародні вимоги до зернових підприємств передбачають блокування обладнання перед входом працівника в силос, контроль атмосфери, використання страхувальних засобів та присутність спостерігача [2].

У цьому напрямі також можливе використання цифрових технологій. Перед допуском працівника до небезпечної зони система може перевіряти стан технологічного обладнання, наявність блокування приводів та показники газового середовища. Таким чином, дозвіл на виконання робіт може бути пов'язаний із виконанням попередньо визначених умов безпеки.

Для практичної реалізації запропонованої системи доцільно сформувати декілька рівнів контролю:

Контрольований параметр	Засіб контролю	Запобіжний захід
Температура підшипника	температурний датчик	попередження / аварійна зупинка
Вібрація	вібраційний датчик	діагностування / зупинка
Швидкість транспортера	датчик швидкості	відключення приводу
Сходження стрічки	кінцевий або безконтактний датчик	аварійна зупинка
Температура зерна	система температурних датчиків	керування вентиляцією
Вологість зерна	датчик вологості	зміна режиму зберігання
Концентрація CO ₂	газовий датчик	попередження / вентиляція
Запиленість	датчик пилу	контроль аспірації
Стан фільтра	датчик перепаду тиску	очищення / сигналізація

Таким чином, запропонована система поєднує **контроль технологічних параметрів, діагностування технічного стану обладнання та засоби попередження небезпечних ситуацій**. Її принциповою відмінністю від традиційного підходу є можливість не лише зафіксувати факт несправності, а й виявити тенденцію до її виникнення.

Використання IoT-технологій дає можливість передавати отримані дані на автоматизоване робоче місце оператора або мобільний пристрій. Це дозволяє контролювати технологічну лінію дистанційно та зменшити необхідність постійного перебування працівника поблизу небезпечних машин. Сучасні огляди технологій зберігання зерна підтверджують перспективність безперервного сенсорного моніторингу та використання аналітичних алгоритмів для раннього виявлення небажаних змін.

Отже, інноваційний підхід до охорони праці у сфері зберігання та переробки продукції рослинництва полягає у переході від переважно реактивного контролю до **попереджувальної системи безпеки**, яка здатна постійно збирати інформацію, визначати відхилення, формувати попередження та автоматично реагувати на критичні режими.

Висновки

Підвищення рівня безпеки праці під час зберігання та переробки продукції рослинництва потребує впровадження сучасних інформаційних і технічних засобів. Одним із перспективних напрямів є створення інтелектуальної системи моніторингу, що поєднує датчики технологічних і технічних параметрів, автоматизований збір інформації, аналіз даних та систему аварійного реагування.

Запропонований підхід передбачає контроль температури та вібрації підшипникових вузлів, швидкості та положення транспортних органів, температури й вологості зернової маси, концентрації газів та ефективності аспірації. Поєднання таких засобів із автоматичним аварійним відключенням обладнання дозволяє своєчасно реагувати на небезпечні відхилення та зменшити необхідність перебування працівників у небезпечних зонах.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення алгоритму оцінювання рівня виробничого ризику на основі даних сенсорів та його інтеграція з автоматизованою системою керування технологічною лінією. Використання IoT, прогностичної аналітики та інтелектуального керування може стати основою подальшого розвитку систем безпеки підприємств зі зберігання та переробки продукції рослинництва.

Список використаних джерел

1. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна: наказ Міністерства соціальної політики України від 20.09.2017 № 1504.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1288-17> (дата звернення: 22.09.2026).

2. Про вимоги безпеки й охорони праці під час післязбиральної обробки та зберігання зернових: веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/news/pro-vymogy->

bezpeky-j-ohorony-pratsi-pid-chas-pislyazbyralnoyi-obrobky-ta-zberigannya-zernovyh.

3. Devi J., Singhrova A. A review of smart monitoring and spoilage prediction of food grains stored in grain warehouses using IoT. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 112–133. DOI: 10.1504/IJSAMI.2026.150541.