

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ З ОЦІНКИ РИЗИКІВ БЕЗПЕЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН У КОНТЕКСТІ ВИМОГ РИНКУ ЄС

Халін С., канд. екон. наук,

<https://orcid.org/0000-0002-7510-5056>,

Погорілий В.,

e-mail: pogoriliy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6867-8120>

Сидоренко В.,

e-mail: sid_vladimir@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5988-2904>

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Фордзюн Ю., канд. техн. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-6709-9525>

Мукачівський державний університет

Анотація

Мета дослідження – забезпечення безпеки застосування сільськогосподарських машин на рівні сучасних вимог відповідно до Технічного регламенту безпеки машин та Директиви ЄС2006/42/ЄС під відповідальність виробника та мінімізації негативних наслідків залишкових ризиків.

Методи досліджень. Аналіз нормативних підходів із оцінки ризиків та адаптація методу графів у ході його застосування на основі обґрунтування безпечності конструкції зерносушарки.

Результати досліджень. Розглянуто загальні принципи оцінки ризиків і різних методів її проведення. Відзначено, що виробник перед уведенням в обіг продукції для підтвердження відповідності європейським директивам має провести низку процедур, однією з яких є оцінка ризиків. Наведені результати обґрунтування безпеки конструкції зерносушарки з використанням методу графів ризиків, що дало змогу зменшити ймовірність травм і забезпечити допустимі рівні ризиків при її використанні.

Висновки. Уведення в обіг безпечної сільськогосподарської техніки є обов'язковим на законодавчому рівні і повинне забезпечуватися проведенням оцінки ризиків, яка є обов'язковою складовою цього процесу. Українські виробники не зовсім адаптовані до змін у технічному регулюванні, при яких необхідно проводити оцінку ризиків, а існуючі методи є досить трудомісткими і не враховують їхні особливості. Запропонований метод графів є відносно нескладним і зручним у використанні, дає змогу врахувати всі параметри безпеки і є прийнятним для проведення оцінки ризиків у ході обґрунтування безпеки сільськогосподарських машин, що засвідчено проведенням цієї процедури на прикладі зерносушарки.

Ключові слова: сільськогосподарські машини, безпека, вимоги законодавства, ризики, введення в обіг, виробник, оцінка відповідності.

Вступ. За останні десятиріччя європейська сільськогосподарська техніка стосовно інноваційності, технологічності та безпечності досягла високого рівня розвитку [Reddy, 2022]. Вітчизняні виробники при постачанні своєї техніки як на внутрішній, так і на європейський ринки мають добиватися відповідності цим тенденціям [Головня, Чемерис, 2024].

Однією з основних умов постачання

продукції на ринок країн ЄС є виконання вимог Директив ЄС, які передусім спрямовані на безпеку. Стосовно українського виробника зазначимо, що він повинен виробляти продукцію, яка відповідає вимогам Директиви 2006/42/ЄС про безпеку машин. За результатами проведення процедур із оцінки відповідності та оформлення належної документації можна маркувати продукцію при постачанні на

європейський ринок значком відповідності – СЕ [Directive 2006/42/EC].

Директива прийнята з метою мінімізації ризиків для життя і здоров'я людей при експлуатації машин і механізмів. В Україні на її основі розроблений Технічний регламент безпеки машин (ТР), який повністю гармонізований із цією Директивою [Постанова ..., 2013]. При підтвердженні відповідності Технічному регламенту продукція, що реалізується на внутрішньому ринку, маркується українським знаком відповідності.

Згідно з вимогами Директиви 2006/42/ЄС та відповідно до Технічного регламенту перед розміщенням машин на ринку або введенням в експлуатацію виробник повинен забезпечити їхню відповідність вимогам безпеки та наявності технічної документації, провести процедуру оцінки відповідності, скласти декларацію відповідності відповідно до Додатка II Директиви 2006/42/ЄС (Додатку 2 ТР) та нанести маркування СЕ (українського знака відповідності).

Для підтвердження відповідності машин Директиві 2006/42/ЄС (ТР) виробник повинен мати технічну документацію (Технічний файл), що включає в себе опис машини, креслення і схеми, документацію з оцінки ризиків, вимоги щодо охорони здоров'я та безпеки, результати лабораторних випробувань, інструкції, декларації відповідності ЄС/ТР.

Постановка завдань. Відповідно до Технічного регламенту для вітчизняного ринку та Директиви ЄС 2006/42/ЄС для європейського (додаток 1), кожний виробник зобов'язаний розробляти та виробляти виключно безпечні машини [Постанова ..., 2013; Directive 2006/42/EC].

Шлях до створення безпечної продукції проходить через процедуру оцінки ризиків – важливої складової Технічного файлу, яка є стартовим моментом і основою будь-якої оцінки відповідності. Згідно із зазначеним Додатком 1 виробник повинен забезпечити проведення оцінки ризиків з метою визначення суттєвих вимог щодо безпеки й охорони здоров'я, які застосову-

ються до машини. У ході розробки та вироблення машини повинні бути враховані результати оцінки ризиків [Постанова ..., 2013; Directive 2006/42/EC].

Водночас слід зазначити, що оцінка ризику не є добровільною процедурою, це вимога законодавства відповідно України та ЄС, яку зобов'язаний виконати кожний виробник у рамках формування Технічного файлу та подальшого декларування чи сертифікації перед наданням продукції на ринок.

Оцінка ризиків відповідно до цих вимог має починатися ще на стадії проектування. При цьому слід відмітити, що навіть якщо продукція виготовляється давно, рекомендується ще раз переглянути конструкторську документацію, щоб бути впевненим у тому, що всі можливі та необхідні заходи щодо безпеки вжиті, і документально зафіксувати оцінку ризиків у повному обсязі [Ситниченко та ін., 2008].

Оцінка ризиків залежно від складності та потенційної шкоди від машини може здійснюватися різними методами, які можна поділити на якісні та кількісні. Якісна оцінка проводиться переважно експертними методами, кількісна припускає математичну оцінку рівня ризику. Сучасна методологія аналізу поєднує взаємодоповнювальні кількісний і якісний підходи. Метою якісного аналізу є ідентифікація чинників і видів ризиків. Кількісний дає змогу визначити число їхніх розмірів. Підсумкові результати якісного аналізу ризику, своєю чергою, слугують вихідною інформацією для проведення кількісного, тобто вони взаємно доповнюють один одного [Шурда, 2020].

Ці методи не охоплюють всі можливі ситуації, оскільки у реальних умовах вони різняться навіть у окремо взятих об'єктах. Вибір конкретного методу проводиться з урахуванням особливостей конкретних машин, тобто характеру пов'язаних із нею небезпек.

У європейських країнах і в Україні стандартизовані основні методи загального оцінювання ризику, які ви-

кладені у стандарті IEC/ISO 31010:2009 (український аналог — ДСТУ IEC/ISO 31010:2013). Він містить рекомендації з вибору та застосування методів оцінки ризику в широкому діапазоні ситуацій. Водночас у ньому (згідно зі сферою застосування) немає конкретних критеріїв ідентифікації потреби в аналізі ризику, і він не встановлює тип методу аналізування ризику, необхідний для конкретного випадку.

У стандарті наголошується, що він охоплює не всі методи, і якщо певний метод не подано в ньому, це не означає, що цей метод не є чинним, а якщо певний метод застосовано до конкретних обставин, це не означає, що саме цей метод треба обов'язково застосовувати. Практичні рекомендації щодо оцінки ризиків конкретно стосовно машин наведені в європейському стандарті ISO/TR 14121-2:2012, де описуються різні методи та інструменти для кожного етапу цього процесу.

Отже, можна констатувати доцільність досліджень у питанні методології проведення оцінки ризиків, спираючись на стандартизовані та загальноприйняті, використовуючи й адаптуючи ці методи, а також розробляючи на їхній основі власні методи, які можна застосовувати до процедури обґрунтування безпечності при проектуванні, виробництві та використанні техніки. Це дасть українським виробникам змогу бути успішними не тільки в Україні, а й на зовнішніх ринках, зокрема європейському.

Водночас варто зазначити, що особливістю нашого підходу з оцінки ризиків стосовно сільськогосподарських машин і виробників є її проведення з урахуванням виробничих, технологічних і фінансових можливостей конкретного підприємства. Йдеться про досягнення гнучкості методу, при якому будуть враховуватися зазначені спроможності підприємств при проведенні оцінки ризиків і їхній мінімізації, виходячи із прагнення до оптимізації витрат при розміщенні продукції на ринку.

Другим підходом є те, що згідно із загальними підходами і для досягнення мети

реалізації оцінки ризиків із урахуванням зазначених ресурсів підприємств і сегменту ринку, на який вони орієнтуються, при оцінці ризиків враховуються як особливості типу машин, так і передусім види небезпек. Це дає змогу аналізувати небезпеки не лише стосовно конкретних машин, а й об'єднувати їх залежно від типу небезпеки, джерела їхнього походження, фаз життєвого циклу, рівня проявлення в різних типах машин і виконуваних ними технологічних операцій на основі інформації про використання цих машин і статистики небезпечних подій і ситуацій, пов'язаних із ними.

Мета роботи — забезпечення безпеки застосування сільськогосподарських машин вітчизняного виробництва на рівні сучасних вимог відповідно до Технічного регламенту безпеки машин і Директиви ЄС2006/42/ЕС під відповідальність виробника, мінімізація негативних наслідків залишкових ризиків шляхом використання адаптованих методичних підходів щодо оцінки ризиків із використанням методу графів на прикладі його впровадження при обґрунтуванні безпеки конструкції зерносушарки.

Методи і матеріали. Методологічною основою процедури з оцінки ризиків як у загальному плані стосовно сільськогосподарських машин, так і щодо конкретної машини (зерносушарки) є національні гармонізовані стандарти, що використовуються для цілей застосування Технічного регламенту безпеки машин: принципи оцінювання та зменшення ризиків згідно зі стандартом ДСТУ EN ISO 12100:2016. Цей нормативний документ є стандартом типу А і забезпечує базову основу для належного застосування Технічного регламенту безпеки машин.

При апробації конкретних аспектів безпеки зерносушарки або конкретних типів захисту, що застосовуються до неї (електробезпека, застосування захисних огорож, безпечних відстаней, стаціонарних засобів доступу), використовувалися стандарти типу В — ДСТУ EN 60204-1:2015, ДСТУ EN ISO 14120:2017, ДСТУ

EN ISO 13857:2021, ДСТУ EN ISO 14122-2:2018, ДСТУ EN ISO 14122-3:2018. Застосування такого типу стандартів надає презумпцію відповідності машини суттєвим вимогам щодо безпеки ТР, які вони охоплюють при умові, що в результаті оцінки ризиків визначено, що технічні рішення, зазначені в стандарті типу В, є адекватними щодо оцінюваної машини — зерносушарки.

Ідентифікація небезпечних факторів, визначення та оцінка ризиків від них, оцінювання тяжкості шкоди при обґрунтуванні безпеки конструкції зерносушарки виконано на підставі багаторічного досвіду досліджень і випробувань УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, а також порівнянь аналогічних, потенційно небезпечних ситуацій, пов'язаних із використанням таких машин.

Результати. Стандартом ДСТУ EN ISO 12100:2016 для аналізу, оцінки та забезпечення безпеки застосування будь якої машини визначені такі терміни та поняття: *ризик* — комбінація ймовірності спричинення шкоди та важкості шкоди; *небезпека* — потенційне джерело заподіяння шкоди; *небезпечна подія* — подія, яка може завдати шкоду; *небезпечна ситуація* — умови, під час яких людина наражається принаймні на одну небезпеку.

Згідно з ДСТУ EN 12100:2016 загальні принципи, що застосовуються при вирішенні питань оцінювання та зменшення ризиків, становлять собою визначення обмежень, що накладаються на машину при її використанні за призначенням; ідентифікація небезпек і пов'язаних із ними небезпечних подій; розрахунок ризику для кожної ідентифікованої небезпеки; оцінка рівня ризику та ухвалення рішення про необхідність зниження; вжиття захисних

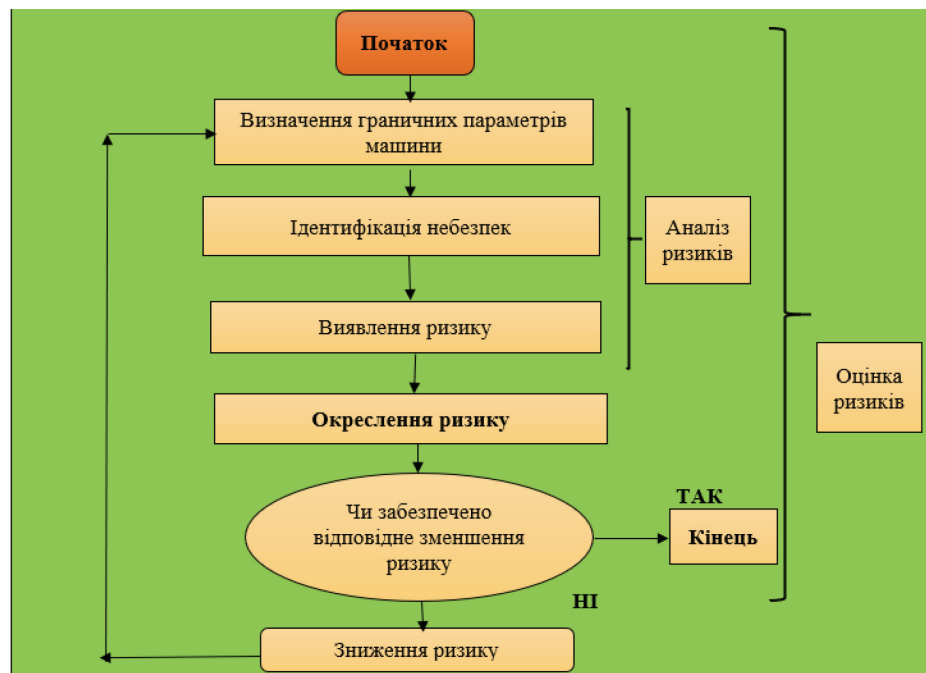
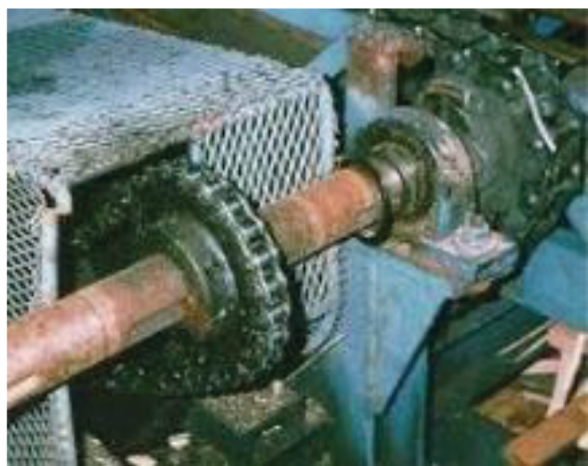


Рисунок 1 – Схематичне зображення ітеративного процесу досягнення необхідної безпеки

заходів із усунення небезпеки або зменшення рівня ризику, пов'язаного з цією небезпекою (рис. 1).

Процедура оцінки ризиків повинна містити аналіз ризику, головною метою якого є обґрунтування технічних рішень для реалізації встановлених вимог безпеки і в якому передбачається, що небезпеки мають бути ідентифіковані, і для кожного виду небезпеки має бути проведено оцінку ризику. Основні завдання аналізу ризиків — виявлення і чіткий опис усіх джерел небезпек, визначення ймовірності та частоти виникнення небезпечних ситуацій, оцінка наслідків їхнього виникнення, розробка рекомендацій щодо зменшення.

Оцінка ризику дає змогу відповісти на такі основні питання: які події можуть статися, їхня причина, які їхні наслідки та ймовірність виникнення, які заходи можуть зменшити несприятливі наслідки чи ймовірність виникнення небезпечних ситуацій, а також чи є рівень ризику прийнятним і чи потрібна його подальша обробка. У спрощеному вигляді процес оцінки та зменшення ризиків можна розглянути на прикладі механічного з'єднання двигуна і коробки передач (рис. 2) [www.hartsafety.co.uk].

**Небезпека від:**

- 1- неогородженого механізму та ланцюга;
- 2- потрапляння оливи та мастила на шкіру, очі;
- 3 - впливу шуму

Ризик отримання:

- 1- поранення, защемлення, відсічення, захоплення тощо;
- 2- дерматит, подразнення;
- 3- порушення слуху, глухота

Зменшення ризику: 1- відповідний захист за допомогою відповідного огороження механізму та ланцюга;
 2- використання засобів індивідуального засобу (рукавиці, захисний одяг, окуляри);
 3- інформація в інструкції з експлуатації про підвищений шум, відповідний захист (використання навушників)

Рисунок 2 – Приклад застосування заходів для зменшення ризиків при користуванні механічним обладнанням

Починаючи процедуру оцінки ризиків, слід розуміти, що практично будь-яка машина може становити небезпеку. Тому на першому етапі слід ідентифікувати всі можливі джерела небезпеки та скласти їхній перелік. Для цього проводиться детальний аналіз ризиків на всіх етапах життєвого циклу машини: виготовлення і транспортування, монтаж, експлуатація, технічне обслуговування, демонтаж, виведення з експлуатації та утилізація. Ризик, пов'язаний із конкретною небезпечною ситуацією, залежить від рівня тяжкості шкоди, ймовірності її заподіяння, яка визначається частотою та тривалістю впливу небезпеки, наявності технічних або людських засобів виключення чи обмеження шкоди.

У ході оцінювання рівня ризику визначається необхідність уживання заходів із його зниження. Якщо так, вибираються і застосовуються відповідні захисні заходи, а потім повторно проводиться оцінка рівня ризику. Оцінка ризику не закінчується, доки машина не буде зроблена, однак повинна розпочинатися ще на початку проектування і охоплювати всі етапи її життєвого циклу. При цьому весь процес оцінювання ризику має бути детально задокументованим.

У процесі обґрунтування безпеки конструкції машини на неї складається окремий документ, де розглядаються і аналізуються можливості машини, основні параметри та характеристики, передбачається використання (використання за призначенням, можливе використання не за призначенням), сфера використання, обмеження з використання, обслуговуючий персонал, матеріали, що використовуються, небезпечні зони, етапи життєвого циклу.

На всіх передбачуваних етапах проводиться ідентифікація небезпек, визначаються їхні види (механічні, електричні, термічні, тощо), потенційні небезпеки, ситуації і події у визначених небезпечних зонах при виконанні конкретної складової операції.

Наступний етап оцінювання ризиків після ідентифікації небезпек – визначення, оцінка та зменшення ризиків використання машини. Виходячи з основного принципу процедури оцінки ризиків, що будь-яка потенційна небезпека, пов'язана з машиною, може призвести до заподіяння шкоди, якщо не буде вжито відповідних заходів, необхідне проведення захисних мір щодо зменшення ризиків шляхом усунення небезпек або послідовного чи

одночасного зменшення кожного з елементів, що окреслюють відповідний ризик [ДСТУ EN ISO 12100:2016].

Відповідно до цього всі заходи захисту має бути використано в послідовності, окресленій як триступеневий метод: 1 рівень — невід’ємні конструктивні заходи щодо розробки безпечних конструкцій самої машини. Констатується, що лише на цьому рівні небезпеки можуть бути усунені, тим самим відпадає необхідність застосування додаткових захисних заходів; 2 рівень — застосування засобів захисту, зокрема огорож та/або можливих додаткових захисних заходів; 3 рівень — інформація для користувача щодо залишкових ризиків. При цьому інформація для користувачів не повинна замінювати заходи щодо розробки безпечних конструкцій або встановлення захисних огорож / додаткових захисних заходів.

Процес зменшення ризику може бути завершений за таких умов: небезпека усунена або ризик зменшений за допомогою конструктивних заходів; вибрані захисні заходи, які дають достатній захист у випадку їхнього застосування і коли використання конструктивних заходів неможливе або не є доцільним для усунення небезпеки/зменшення ризику; інформація в інструкції з експлуатації щодо передбачуваного використання машини достатньо зрозуміла; рекомендовані заходи безпеки, що застосовуються у ході використання машини, достатньо описані; споживач достатньо поінформований про залишкові ризики.

У результаті аналізу результатів ухвалюється рішення про достатність вжитих заходів безпеки або необхідність проведення подальших робіт із їхнього зниження. Така робота виконується доти, доки не буде отримано задовільного результату. У процесі аналізу ризиків треба враховувати можливість використання машини не за призначенням і навести відповідні застереження.

Слід звернути увагу, що отримати повністю безпечну машину практично неможливо. Тому для кожного типу машин

вибирається рівень допустимого залишкового ризику. Інформація про залишкові ризики повинна бути доведена до споживача у посібнику з експлуатації. Результат проведеної роботи є складовою технічного файлу і повинен зберігатися на підприємстві-виробнику.

Як уже зазначалося вище, розрахунок і оцінка рівня ризиків і заходи з їхнього зниження можуть здійснюватися за допомогою багатьох методів, наведених у ДСТУ IEC/ISO 31010 та інших нормативних документах: мозкова атака; структуроване опитування; попереднє аналіз небезпечних чинників; метод Делфі; з використанням матриці ризиків; за допомогою графів ризиків; балової системи; кількісний розрахунок ризику; комбінований метод тощо [ДСТУ IEC/ISO 31010:2013, ISO/TR 14121-2:2012]. Рішення про вибір конкретного методу ухвалюється на підставі багатьох різних факторів і в кожному випадку може призвести до різних результатів.

Найбільш простим і розповсюдженим методом, яким користуються виробники, є метод із використанням матриці ризиків. Він полягає у їхньому графічному представленні, що допомагає їх класифікувати й оцінити. *Матриця ризиків* складається з двох основних осей — ймовірність (частота) настання ризику та потенційний вплив цього ризику (рівень важкості шкоди, наслідки).

Використання матриці дає змогу легко ідентифікувати найбільш критичні ризики з подальшою концентрацією на ньому, ранжувати і групувати за рівнями, що сприяє ухваленню рішення про їхню допустимість [Wrzosek, 2024]. На практиці матриця ризиків має вигляд графіка або таблиці, де рядки представляють різні рівні ймовірності (наприклад, низький, середній, високий), а стовпці — різні рівні впливу (низький, середній, високий) (рис.3; табл. 1-2).

Кожен ризик розміщується у відповідній комірці матриці на основі оцінених параметрів. Така класифікація дає змогу швидко визначити ризики, які потребу-

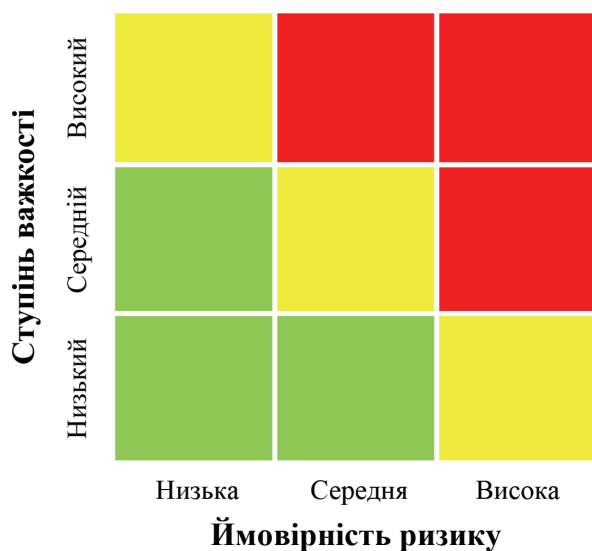


Рисунок 3 – Матриця ризиків із трьома градаціями

ють негайної уваги, а також ті, які можна відстежувати менш інтенсивно. Існує велика варіантність матриць. Вони відрізняються кількістю градацій рівня ризику – від трьох до десяти, найчастіше використовуються чотири чи п'ять.

Переваги матриць ризиків полягають у простоті та швидкості оцінки. Однак че-

рез свою суб'єктивність вони не забезпечують значної точності та відтворюваності результатів. За необхідності більш суворої оцінки рекомендується користатися точнішими методами.

Комбінований метод. Інший метод використання матриці ризиків – у комбінації з бальною системою. Рівень ризику визначається як добуток імовірності небезпечної події та тяжкості шкоди. У таблиці 3 прикладом є наведена матриця з п'ятьма градаціями, кожній із яких присвоєно відповідний бал. Найменший рівень ризику оцінюється від 1 до 2 балів, найбільший – 12-25 балів.

Якісний метод, який дає змогу визначити рівень повноти безпеки машини на основі знання факторів ризику, – це оцінка ризиків за допомогою графів ризику. Цей метод ґрунтується на рівнянні $R_L = f \cdot C$, де R_L – рівень ризику, f – частота небезпечної події; C – наслідки небезпечної події.

На параметр f впливають три основні фактори: частота та час знаходження в небезпечній зоні; можливість уникнути небезпечної події; ймовірність виникнен-

Таблиця 1 – Складові матриці ризиків із трьома градаціями

Рівень важкості шкоди оцінюється за трибальною шкалою	
Високий	Летальний кінець, отримання тяжкої травми
Середній	Середня травма, втрата працездатності на певний період.
Низький	Нещасний випадок без тілесних ушкоджень. Легке ушкодження.
Ймовірність нанесення шкоди оцінюється за трибальною шкалою	
Висока	Ризик вже неодноразово реалізовувався, є високий рівень невідомості щодо його ймовірності або внутрішні чи зовнішні передумови, що ризик реалізується протягом року
Середня	Ризик, ймовірно, реалізується протягом року
Низька	Малоймовірно, що ризик реалізується протягом року.

Таблиця 2 – Матриця ризиків (чотири градації)

Ймовірність нанесення шкоди	Рівень важкості шкоди			
	катастрофічна	важка	середня	легка
Дуже ймовірно	високий	високий	високий	середній
Ймовірно	високий	високий	середній	низький
Малоймовірно	середній	середній	низький	можна знехтувати
Неймовірно	низький	низький	можна знехтувати	можна знехтувати

Таблиця 3 – Матриця розрахунку рівнів ризиків комбінованим методом

Імовірність шкоди (бал)	Тяжкість шкоди (бал)				
	Мінімальна (1)	Незначна (2)	Середня (3)	Важка (4)	Катастрофічна (5)
Майже неімовірна (1)	Прийнятний ризик (1)	Прийнятний ризик (1)	Малий ризик (3)	Малий ризик (4)	Малий ризик (5)
Мала (2)	Прийнятний ризик (1)	Малий ризик (4)	Високий ризик (6)	Високий ризик (8)	Високий ризик (10)
Середня (3)	Малий (3)	Високий ризик (6)	Високий ризик (9)	Неприпустимий ризик (12)	Неприпустимий ризик (15)
Висока (4)	Малий (4)	Високий ризик (8)	Неприпустимий ризик (12)	Неприпустимий ризик (16)	Неприпустимий ризик (20)
Майже неімовірна (5)	Малий (5)	Високий ризик (10)	Неприпустимий ризик (15)	Неприпустимий ризик (20)	Неприпустимий ризик (25)
Прийнятний ризик – (1-2) бала			Малий ризик – (3-5) балів		
Високий ризик – (6-10) балів			Неприпустимий ризик – (12-25) балів		

ня небезпечної події.

З цих факторів впливають чотири параметри, що характеризують ризик, кожен із яких має певні межі: рівень важкості шкоди; частота і (або) тривалість впливу небезпеки; ймовірність настання небезпечної події; можливість виключення або обмеження шкоди. Ці параметри є об'єктами (вершинами) графів, які парними зв'язками пов'язані одне з одним (рис.4).

Перед початком оцінки ризику проводиться ідентифікація відповідних небезпек, небезпечних ситуацій і подій, а також можливої шкоди від них. Потім за допомогою графа обчислюються показники рівня ризику (індекса ризику) залежно від вищенаведених чотирьох параметрів.

Індекс ризику 1 або 2 відповідає найменшому пріоритету дій (пріоритет 3), індекс ризику 3 або 4 відповідає середньому пріоритету дій (пріоритет 2), індекс ризику 5 або 6 відповідає найвищому пріоритету дій (пріоритет 1).

Метод графів дає змогу проводити точну, гнучку, багатофакторну оцінку ймовірності ризику різних небезпечних ситуацій і впливу заходів із його зниження. Використання чотирьох параметрів, що характеризують ризик, сприяє кращому охопленню характеристик сце-

нарію оцінювання та зниження ризиків. Застосування методу уможливорює розгляд і аналіз різних результатів, отриманих із використанням різних захисних заходів – визначити найбільш ефективні захисні засоби й адекватність рішень зі зниження ризику, оцінити залишкові ризики.

Апробація запропонованого методу графів оцінки ризиків на прикладі обґрунтування безпеки конструкції зерносушарки виробництва ТОВ «Фенікс Технолоджі» (м. Вінниця). За результатами проведених досліджень та аналізу різних методів оцінки ризиків, стандартизованих і прийнятих в європейській практиці, в тому числі гармонізованих в Україні, запропоновано метод із використанням графів ризику. Для його апробації та адаптації до сільськогосподарської техніки обґрунтована безпека конструкції зерносушарки «ЗСК-04», яка є досить складною конструкцією і потенційно може створювати декілька видів небезпек, у тому числі пов'язаних із ураженням електричним струмом, падінням із висоти, тепловими небезпеками.

Процедура оцінки ризиків проведена УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого на замовлення ТОВ «Фенікс Технолоджі». Мета – знизити небезпечність використання зерносушарки шляхом оцінювання імо-

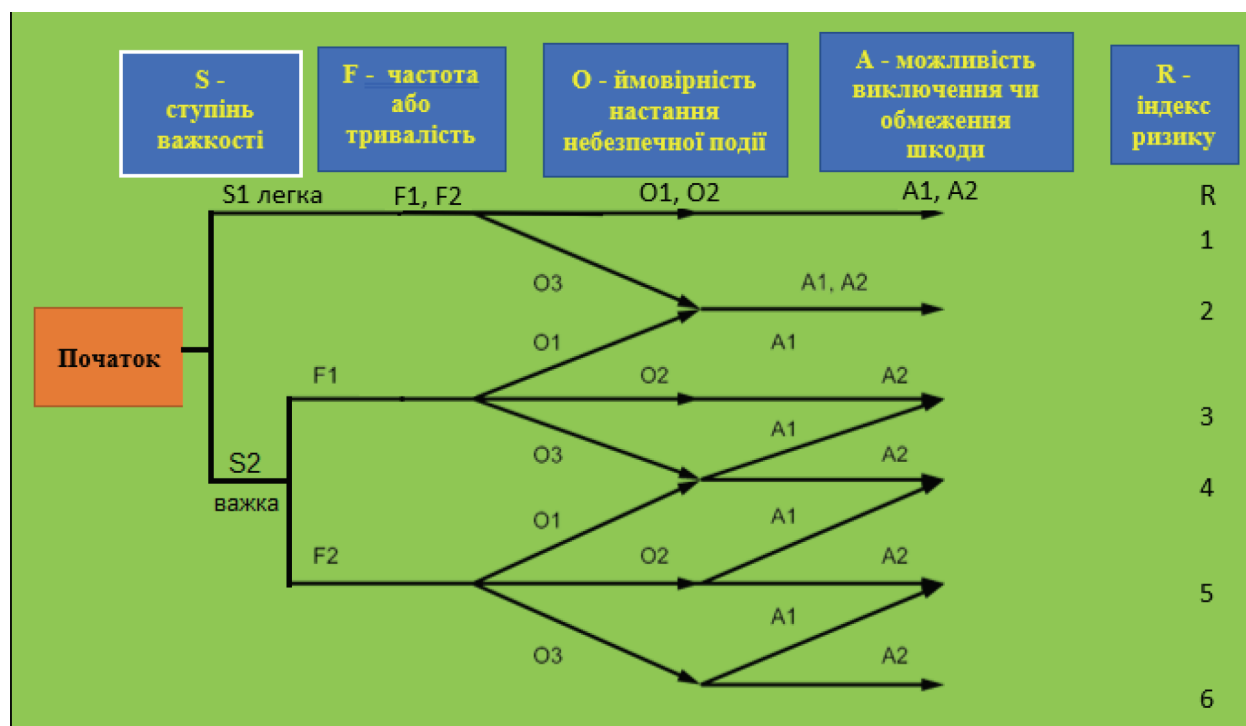


Рисунок 4 – Матриця ризиків із трьома градаціями

вірності ризиків та їхнє зниження методом графів відповідно до загальних принципів ДСТУ EN ISO 12100:2016 [Протокол випробувань № 01-09 Оп-2024].

Обґрунтування безпеки конструкції зерносушарки проведено, виходячи з фінансово-виробничих можливостей підприємства та розуміння, на яку частину ринку орієнтується виробник стосовно використання конкретних заходів із мінімізації ризиків (згідно із триступеневим методом за ДСТУ EN ISO 12100:2016) і відповідно до витрачених ресурсів. Це обумовлює пропозицію машини на ринку з точки зору її вартості та складності конструкції.

У ході виконання процедури оцінки ризиків визначаються межі використання сушарки з урахуванням усіх фаз життєвого циклу: встановлені характеристики і робочі параметри, показники кадрового ресурсу, небезпечні зони, просторові й часові обмеження, використання за призначенням і прогнозованим неправильним застосуванням, умови навколишнього середовища.

Було визначено і констатовано таке:

Базова інформація про машину. Зерносушарка (рис. 5) призначена для сушіння

зернових, зернобобових та олійних культур. Повна інформація міститься в технічній і конструкторській документації. До обслуговування допускаються особи, які пройшли відповідний інструктаж із техніки безпеки, вивчили інструкцію з експлуатації і володіють необхідними навичками.

Опис різних етапів життєвого циклу. Життєвий цикл машини складається з таких етапів: транспортування; монтаж, підключення до джерела електроживлення та газопостачання; налагодження та підготовка до експлуатації; використання за призначенням; технічне обслуговування та ремонт; зберігання; демонтаж, виведення з експлуатації, утилізація.

Головні елементи машини: бункер завантажувальний, зернові колони, механізми подачі та вивантаження, пальники, вентилятори нагрівання та охолодження, пульт керування, причіпний пристрій.

Небезпечні зони: зернові колони; завантажувальний бункер; механізми подачі й вивантаження; зони розташування вентиляторів, газового обладнання; робочі платформи для обслуговування пальників/вентиляторів, газового обладнання; засоби доступу до робочих платформ; зони розташування силового щита, елек-

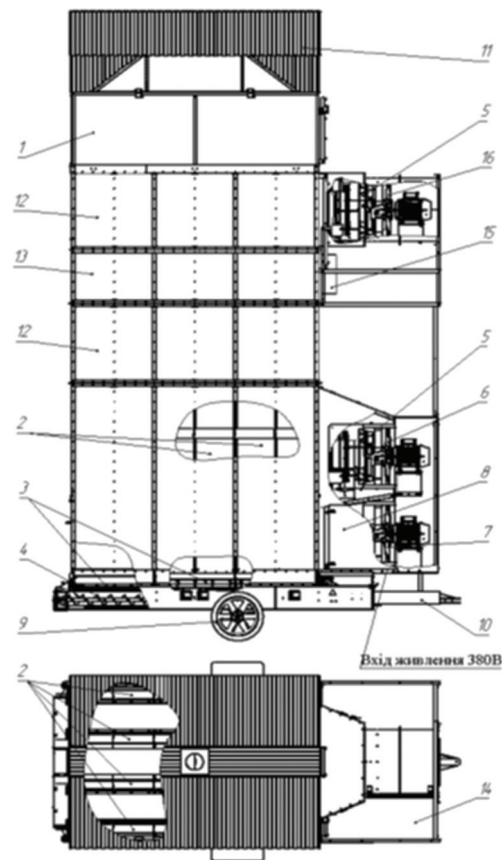


Рисунок 5 – Зерносушарка «ЗСК-04»

тричного обладнання; робоча зона, простір навколо сушарки.

Прогнозоване використання не за призначенням. Не розглядається використання машини не за призначенням та в непередбачених умовах.

Обмеження з використання. Об'єм завантаження — не більше 37 м³; продуктивність — до 20 т/год.; загальна електрична потужність — 50,1 кВт. Оператор забезпечує налаштування, регулювання, технічне обслуговування, безпечну роботу. Монтаж і введення в експлуатацію здійснюється силами виробника, однак за домовленістю з виробником може здійснюватися замовником. Підключення до джерела живлення виконується спеціалістом відповідної кваліфікації з дотриманням вимог електробезпеки. У процесі аналізу ризиків не розглядаються випадки використання сушарки особами, що не відповідають наведеним вище критеріям. Не розглядаються випадки цілеспрямованого створення ризиків для себе та оточуючих будь-якими особами.

Просторові, часові та інші обмеження. Сушарка розрахована для використання на відкритих майданчиках. Монтаж здійснюється на фундамент із передбаченою можливістю аварійного вивантаження зерна. Вона не призначена для експлуатації у місцях, де є небезпека вибуху чи пожежі. Живлення приводів виконавчих елементів здійснюється від трифазної мережі змінного струму 380 В / 50 Гц.

Технічне обслуговування здійснюється при вимкненому завантаженні та механізмі подачі зерна, вимкнених пальниках і вентиляторах, перекритій подачі газу та від'єднанні від джерела електроживлення.

Привод вентиляторів і механізмів подачі/вивантаження здійснюється від відповідних електродвигунів. Джерелами енергії для пальників є газ.

Ідентифікація небезпек, оцінка ступеня ризику та його зниження. Згідно з проведеною ідентифікацією потенційних небезпек визначено найбільш істотні: механічні, електричні, термічні, пов'язані з використанням газового обладнан-

ня. Прикладом, наведеним у таблиці 4, є фрагмент із результатами ідентифікації небезпек на етапі життєвого циклу «використання за призначенням». Розрахунок і оцінка рівня ризиків і заходи з їхнього зниження здійснені залежно від чотирьох параметрів, описаних вище.

Використовувалися такі позначення: S — ступень важкості шкоди: S_1 — легка (незначні травми); S_2 — важка (тяжкі травми, смертельні випадки); F — частота та (або) тривалість впливу: F_1 — рідко; F_2 — часто; O — ймовірність настання небезпечної події: O_1 — дуже низька; O_2 — допустима; O_3 — висока; A — можливість виключення чи обмеження шкоди: A_1 — можливо; A_2 — неможливо; R_1 — індекс ризику. Небезпечні ситуації, що отримали індекс ризику не більше 2, вважаються такими, що не становлять загрози і не вимагають подальшого зниження ризику. Прикладом, наведеним у таблиці 5 є фрагмент із результатами розрахунку й оцінкою рівня ризику та його зниження.

Зазначення залишкових ризиків, пов'язаних із машиною. Ризики травм при монтажі і підготовці до експлуатації, використанні за призначенням у випадках, пов'язаних із потенційною енергією, роботою на висоті, з небезпекою ураження електричним струмом, небезпекою пожежі і вибуху при витоку газу, розгерметизації газопровідного обладнання, отриманні опіків унаслідок контакту з поверхнями огорожень пальників, із відкритим полум'ям пальників, контакті з рухомими частинами робочих органів.

Є ризики нанесення травм стороннім особам при їхньому наближенні до робочої зони, необхідність якого відсутня з точки зору експлуатації, а також перебування поблизу робочої зони при несподіваному запуску, коли можливий контакт із рухомими частинами, зі струмопровідними елементами, гарячими поверхнями.

Оцінювання ймовірності виникнення залишкових ризиків. Ймовірність виникнення ризику отримання травм через вищезазначені небезпеки оцінюється як низька та дуже низька. Ймовірність виникнення

ризиків при передбачуваному застосуванні машини не за призначенням оцінюється як дуже низька.

Для зменшення зазначених імовірностей передбачені відповідні заходи попередження та захисту: застосування робочих платформ, поручнів; виконання настилів робочих платформ із антиковзних матеріалів; використання в електричній схемі вимикача-роз'єднувача, захисних оболонок, захисного заземлення, пристроїв автоматичного відключення, розміщення електрообладнання поза зоною досяжності; використання засобів захисту при експлуатації газового обладнання — автоматичного регулювання доступу газоподібного палива в пальники, системи регулювання температури агенту сушіння, системи автоматичного блокування пальників, пресостатів, аварійних термостатів, контролювання тиску газу; використання засобів захисту — фіксованих/знімних металевих огорож/щитків, елементів конструкції сушарки від контакту з рухомими робочими органами. Для безпечної експлуатації електричних складових і газового обладнання в інструкції з експлуатації зазначені обов'язкові вимоги дотримання Правил безпечної експлуатації та Правил улаштування електроустановок, Інструкції щодо безпечної експлуатації газового устаткування, Інструкції щодо дотримання вимог пожежної безпеки.

Окрім того, наведені чіткі застереження щодо заборони працівникам починати роботу, не перевіривши справність машини, не переконавшись, що це нікому не загрожує, перебувати поблизу рухомих робочих органів, працювати без засобів індивідуального захисту, використовувати незаземлену сушарку, здійснювати обслуговування лише при відключенні від джерела живлення. За результатами оцінювання ймовірності виникнення залишкових ризиків, існуючий ризик використання сушарки визнано сприйнятливим.

Проведена оцінка ризиків дала змогу визначити межі використання машини з урахуванням усіх фаз життєвого циклу, ідентифікувати небезпеки, провести

Таблиця 4 – Ідентифікація небезпек на етапі життєвого циклу «використання за призначенням» (фрагмент)

№ операції	Життєвий цикл	Завдання/операція	Небезпечна зона	Вид небезпеки	Небезпеки	Небезпечні ситуації і події
20	Використання за призначенням	Робота сушарки в номінальному автоматичному режимі	Сушарка в цілому/основні складові частини/зони розташування робочих органів	Механічні небезпеки. Рухомі частини в зонах розташування робочих органів	Удар, поранення, травмування. Відсічення, втягування або захоплення	Перебування оператора/сторонніх осіб у зонах розташування робочих органів. Небезпечна ситуація контакту з рухомими частинами. Небезпека викиду частин робочих органів у випадку їхнього руйнування
22				Електричні небезпеки. Контакт зі струмопровідними частинами під напругою; коротке замикання	Ураження електричним струмом	Небезпека безпосереднього контакту з конструкційними елементами, що опинилися під напругою. Опосередкований контакт із конструкційними елементами сушарки, що опинилися під напругою внаслідок несправного стану електрообладнання

розрахунок та оцінку рівня ризику. Для кожної складової операції визначена ймовірність виникнення ризиків, проведена оцінка тяжкості їхніх наслідків і заходи зі зниження. З урахуванням ризиків та ідентифікації небезпек і відповідно до технічних і технологічних можливостей підприємства визначено технічні й інформаційні рішення для їхнього застосування у процесі конструювання, виробництва й експлуатації сушарки, які забезпечать допустимі рівні ризиків. Інформація про залишкові ризики відображені в інструкції з експлуатування.

Формування технічного файлу, складовою якого є документація з оцінки ризиків, і реалізація результатів оцінки ризиків при виробництві зерносушарки, а також внутрішній контроль виробництва забезпечить виробнику презумпцію відповідності основним вимогам щодо безпеки та дасть змогу маркувати сушарку національним знаком відповідності, а в подаль-

шому при виході на європейський ринок після відповідних процедур сертифікації – європейським знаком відповідності СЕ.

Обговорення. Безпека машин – це особлива сфера у дослідженнях безпеки, яка розглядає здатність машини виконувати свої передбачувані обов’язки протягом усього життєвого циклу, коли ймовірність небезпек достатньо знижена [Chinniah, 2015].

Згідно з Chinniah et al., (2019) (Політехнічний інститут, м. Монреаль, Канада), «Безпека машин» поєднує проектні, технічні та процедурні заходи для забезпечення безпеки операторів машин. Основна мета – запобігти травмам від потенційних небезпек, наприклад, небезпечні рухомі частини, небезпечні енергії та хімікати [Chinniah et al., 2019]. Приймається спочатку безпечна конструкція з усуненням гострих країв і встановленням фіксованих огорож і блокувань. У процедурному контексті впроваджуються

Таблиця 5 – Розрахунок і оцінка рівня ризику та його зниження (фрагмент)

№ операції	Розрахунок ступеня ризику (початковий)					Зниження ризику. Захисні заходи	Розрахунок рівня ризику (після зниження ризику)					Подальше зниження ризику
	S2	F2	O2	A2	4		S1	F1	O1	A1	1	
20						Конструкційні заходи - використання засобів захисту (огородження робочих органів-фіксованих/знімних металевих/сітчастих огорож/щитків). Наведення в інструкції з експлуатації інформації та позначення небезпечних зон відповідними попереджувальними знаками, наведення інформації про запобіжні заходи. Використання засобів індивідуального захисту						Hi
22	S2	F1	O3	A2	5	Конструкційні заходи (використання в електричній схемі роз'єднувача, захисних оболонок, захисне заземлення, ізоляція проводів, автоматичне захисне відключення, розміщення поза зоною досяжності, захисне огороження. Приведення в інструкції з експлуатації та розміщення на конструкційних елементах попередження (пиктограм) про небезпеку та інформації про запобіжні заходи. Інструкції щодо правил безпечної експлуатації електроустановок. Використання засобів індивідуального захисту (діелектричні рукавички, діелектричні боти, покажчики напруги, тощо)	S2	F1	O1	A1	2	Hi

безпечні підходи експлуатації, навчання персоналу, захисні пристрої та системи блокувань/брок. Загальний підхід спрямовано на систематичне зниження ризиків у ході експлуатації та обслуговування машин, розглядаючи безпеку як невід'ємну частину повної системи машини [Del Giudice et al., 2024], однак, на нашу думку, такий поетапний підхід не повністю враховує спроможності виробника для реалізації поставлених завдань.

Безпека обладнання більше зосереджується на конкретних елементах, із яких складається машина, та їхніх захисних заходах. Деякі підходи фокусуються на проектуванні, встановленні та безпеч-

ному використанні компонентів машин. Це включає в себе встановлення захисних пристроїв, огорожень, інтегрованих пристроїв безпеки. Оператори повинні бути навчені безпечному використанню та правильному маркуванню обладнання. Мета полягає у запобіганні нещасним випадкам і захисту працівників у ході взаємодії з машиною [Del Giudice et al., 2024]. За таких умов необхідно, на нашу думку, враховувати досвід із суміжних галузей.

За даними опитування Європейського агентства з безпеки та гігієни праці, ризик нещасних випадків, пов'язаний із використанням машин, є переважною небезпекою для здоров'я та безпеки праців-

ників понад 40% європейських компаній [Overview Report, 2019].

Відмічається, що вкрай важливо розуміти взаємозв'язок між безпекою машин і нещасними випадками, щоб побіжно контекстуалізувати принципи Загальної теорії безпеки, де наголошується на профілактиці нещасних випадків і підкреслюється необхідність зниження ризиків на етапі проектування машин. Цей підхід базується на систематичному управлінні ризиками, що включає в себе виявлення та пом'якшення потенційних небезпек.

Водночас сучасні тенденції включають нові елементи вирішення проблем, пов'язаних із безпекою машин. Поведінковий підхід фокусується на обізнаності й активній участі операторів, які мають просувати безпечні методи на робочому місці. Такі передові технології, як штучний інтелект, мають потенціал перетворити безпеку машин за допомогою безперервного моніторингу та автоматизованих систем для запобігання інцидентам. На нашу думку, цей метод на нинішньому етапі впровадження українськими підприємствами систем безпеки і моніторингу є складним. Він потребує залучення додаткових ресурсів, вузькоспеціалізованих фахових працівників, що є проблематично для теперішнього рівня розвитку с.-г. машинобудівної галузі України.

Проведений тайванськими дослідниками аналіз понад 1,5 тис. нещасних випадків на підприємствах, пов'язаних із експлуатацією машин, засвідчив, що відсутність заходів безпеки або ігнорування попереджувальних знаків небезпеки є найпоширенішою причиною нещасних випадків (43%). Неправильне використання засобів індивідуального захисту – 38%. На основі аналізу зв'язку між нещасними випадками та типом працівника їх можна пояснити незнанням працівниками ризиків і протоколів безпеки, необхідних для їхнього зниження [Cheng et al., 2012].

Більше 13% нещасних випадків, проаналізованих у 106 звітах про аварії за участю рухомих частин машин у канадській провінції Квебек з 1990 по 2011 р., були

пов'язані зі зняттям існуючих захисних пристроїв та обходом механізмів безпеки [Gauthier et al., 2021]. Слід зазначити, що, на нашу думку, засоби захисту не повністю забезпечують ефективність зменшення ризиків, тому необхідно прагнути до їхньої мінімізації ще на етапі проектування.

У підході до оцінки ризику, як визначено в міжнародному стандарті ISO 12100:2010, оцінка ризику є важливим кроком, який дає розробникам машин і користувачам змогу визначити рівень ризику та виявляти найбільш критичні небезпечні ситуації [Gauthier et al., 2018]. Останні дослідження щодо забезпечення безпеки при використанні машин продемонстрували, що численні якісні інструменти, запропоновані для оцінки ризиків безпеки машин, мають різні форми, а їхні особливості можуть суттєво впливати на отриманий рівень ризику.

У цих дослідженнях оцінено вплив деяких із цих особливостей, а правила побудови щодо параметрів, що використовуються в інструментах оцінки ризику, перевірені за допомогою експериментального дослідження за участю декількох користувачів. Експериментальні результати доводять, що коли користувачі відчувають певну проблему при використанні параметра оцінки ризику, вони зазвичай можуть зв'язати її з наявністю недоліку, що впливає на параметр. Отримані результати свідчать також про те, що оцінка ймовірності шкоди є проблемним аспектом процесу оцінки ризику безпеки машин, який вимагає подальшого дослідження [Gauthier et al., 2018].

Незважаючи на те, що правила вільного обігу машин на ринку Європейського союзу існують вже понад 30 років, нещасні випадки, пов'язані з їхньою діяльністю, постійно є значними. У процесі проектування машини потрібно базуватися на оцінці ризику, де мають бути враховані всі етапи її життєвого циклу та використання. Пропонується методологія оцінки умов безпеки машин, що виходить із припущення про належне застосування

кроків оцінки ризику й ефективності зниження ризику переважно шляхом упровадження ефективних превентивних заходів.

Метою цього дослідження, застосованого у трьох операціях, була перевірка методів безпеки машин та її управління. Створена методологія оцінює рівень поточних заходів із використанням критерію наявного стану безпеки та загальної ефективності заходів безпеки. Її результатом є оцінка рівня ефективності впроваджених заходів безпеки кожної машини, а також усієї операції [Račaiová et al., 2021].

Compare et al, (2018) пропонують методологічну структуру, яка відповідає ISO 12100, для систематичного проведення повторюваних аналізів ризику на підтримку проектування промислового обладнання, в якому можуть бути введені захисні заходи для зниження ризику. Методологія спочатку пропонує схему для визначення внеску розробників машини у зниження ризику в обладнанні, що проектується, відтак класифікує захисні заходи та вибудовує чітке зіставлення між цими класами та факторами ризику, на які вони впливають. Це допомагає визначити захисні заходи, що гарантують прийнятність залишкового ризику. Після оцінки сценарію ризику, його наслідків і ймовірності виникнення він перевіряється за заздалегідь установленою матрицею ризику для визначення його прийнятності. Якщо це не спрацює, пропонуються заходи зі зниження ризику, а їхня ефективність перевіряється за допомогою нової ітерації процесу оцінки ризику [Compare et al., 2018].

На основі всього вищезазначеного констатуємо (і це підтверджується всіма авторами досліджень), що процедура оцінки ризиків є дуже важливою і необхідною складовою процесу забезпечення безпеки машин на всіх етапах їхнього життєвого циклу. Особливий акцент — на необхідності її проведення ще на початковому етапі створення машин — етапі проектування.

Наголошується на використанні різних методів оцінки ризиків, які мають базуватися на вимогах і рекомендаціях

стандарту ISO 12100 щодо оцінювання та зменшення ризиків.

Вибраний і запропонований нами метод оцінки ризиків за допомогою графів повністю відповідає основним принципам і тенденціям застосування і розвитку процедур оцінки ризиків і задовільно вирішує питання досягнення мети в галузі забезпечення безпеки у всіх її вимірах.

Висновки. Введення в обіг безпечної сільськогосподарської техніки в Україні є обов'язковим на законодавчому рівні і повинне забезпечуватися проведенням процедури оцінки ризиків, яка є першочерговою і обов'язковою складовою цього процесу. Для досягання цієї мети доцільно застосовувати досвід європейських країн із використання стандартизованих методів і підходів для забезпечення безпеки машин через оцінку ризиків.

На сьогодні українські виробники зовсім не адаптовані до змін у технічному регулюванні, коли на них покладаються зобов'язання проводити процедури з оцінки ризиків, а існуючі стандартні методи є часто досить трудомісткими. Європейські стандартизовані підходи є досить різноманітними й складними, вони з одного боку потребують високої фаховості, а з іншого — не повністю адаптовані до можливостей українських виробників і не враховують особливостей їхнього технічного, технологічного та фахового оснащення.

Запропонований метод графів є відносно нескладним, добре реалізованим і зручним у використанні, дає змогу враховувати всі параметри безпеки і є прийнятним для проведення оцінки ризиків при обґрунтуванні безпеки стаціонарних, причіпних і стаціонарних сільськогосподарських машин або бути однією зі складових методології оцінки ризиків складних машин та обладнання.

Проведена апробація запропонованого методу на прикладі зерносушарки підтвердила його ефективність, що дало молодому підприємству ТОВ «Фенікс Технолоджі» змогу (з урахуванням його техніко-технологічного забезпечення) вдосконалити конструкцію машини сто-

совно зниження та усунення потенційних небезпек. Після апробації методу він був також використаний у процесі надання послуг із оцінки ризиків продукції ТОВ «Агрегат-Агро» (м. Черкаси) та компанії «А.Том» (м. Житомир).

Продукція зазначених підприємств за результатами оцінки ризиків і випробувань в УкрНДІПВТ ім Л. Погорілого отримала український та ЄС сертифікати відповідності.

Перелік літератури

- Головня, О., Чемерис, Ю. (2024). Сучасні тренди інноваційності ринку сільськогосподарської техніки в умовах глобального середовища. *Економіка та суспільство*, (66). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-18>
- Постанова Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 р. № 62. «Про затвердження Технічного регламенту безпеки машин». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-%D0%BF#Text>.
- Протокол натурних випробувань конструкції зерносушарки (оцінка ризиків) № 01-09 Ор-2024. Дослідницьке, 2024.
- Ситниченко В.М., Палений Ю. Г., Погасій В.Д. Оцінка ризиків для виходу на ринок ЄС. <https://www.informdom.com/derevoobrabotka/2008/3/>
- Шурда К.Е. Методи якісного та кількісного аналізу ризиків. <https://journals.uran.ua/bnusing/article/view/226622>
- Cheng, C.W.; Leu, S.s.; Cheng, Y.M.; Wu, T.C.; Lin, C.C., 2012, Applying data mining techniques to explore factors contributing to occupational injuries in Taiwan's construction industry. *Accid. Anal. Prev.*, 48, 214–222. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.014>
- Chinniah, Y. Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. *Saf. Sci.* 2015, 75, 163–173. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.004>
- Chinniah, Y.; Nix, D.S.; Jocelyn, S.; Burlet-Vienney, D.; Bourbonniere, R.; Karimi, B.; Mosbah, A.B. (2019). Safety of Machinery: Significant Differences in Two Widely Used International Standards for the Design of Safety-Related Control Systems. *Saf. Sci.*, 5, 76. <https://doi.org/10.3390/safety5040076>
- Compare, M., Zio, E., Moroni, E. L. I. S. A., Portinari, G., & Zanini, T. (2018). Development of a methodology for systematic analysis of risk reduction by protective measures in tyre production machinery. *Safety science*, 110, 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.027>
- Del Giudice, M. E., Sharafkhani, M., Di Nardo, M., Murino, T., & Leva, M. C. (2024). Exploring Safety of Machineries and Training: An Overview of Current Literature Applied to Manufacturing Environments. *Processes*, 12(4), 684. <https://doi.org/10.3390/pr12040684>
- Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast). <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/42/oj/eng>
- Dominik Wrzosek. Матриця ризиків: Ключовий інструмент в управлінні проектними ризиками - <https://flexi-project.com/uk/>
- ISO/TR 14121-2:2012 Safety of machinery — Risk assessment Part 2: Practical guidance and examples of methods
- Gauthier, F., Chinniah, Y., Abdul-Nour, G., Jocelyn, S., Aucourt, B., Bordeleau, G., & Mosbah, A. B. (2021). Practices and needs of machinery designers and manufacturers in safety of machinery: An exploratory study in the province of Quebec, Canada. *Safety Science*, 133, 105011. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105011>
- Gauthier, F., Chinniah, Y., Burlet-Vienney, D., Aucourt, B., & Larouche, S. (2018). Risk assessment in safety of machinery: Impact of construction flaws in risk estimation parameters. *Safety science*, 109, 421–433. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.024>
- Pačaiová, H., Andrejiová, M., Balážiková, M., Tomaškov, M., Gazda, T., Chomov, K., ... & Salaj, L. (2021). Methodology for complex efficiency evaluation of machinery safety measures in a production organization.

Applied Sciences, 11(1), 453. <https://doi.org/10.3390/app11010453>

Reddy, R. (2022). Innovations in Agricultural Machinery: Assessing the Impact of Advanced Technologies on Farm Efficiency. *Journal of Artificial Intelligence and Big Data*, 2(1), 10-31586. <https://ssrn.com/abstract=5018057>

Third European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks (ESENER 2019): Overview Report. <https://osha.europa.eu/sites/default/files/esener-2019-overview-report.pdf>

References

Cheng, C.W.; Leu, S.s.; Cheng, Y.M.; Wu, T.C.; Lin, C.C., 2012, Applying data mining techniques to explore factors contributing to occupational injuries in Taiwan's construction industry. *Accid. Anal. Prev.*, 48, 214–222. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.014>

Chinniah, Y. Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. *Saf. Sci.* 2015, 75, 163–173. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.004>

Chinniah, Y.; Nix, D.S.; Jocelyn, S.; Burlet-Vienney, D.; Bourbonniere, R.; Karimi, B.; Mosbah, A.B. (2019). Safety of Machinery: Significant Differences in Two Widely Used International Standards for the Design of Safety-Related Control Systems. *Saf. Sci.*, 5, 76. <https://doi.org/10.3390/safety5040076>

Compare, M., Zio, E., Moroni, E. L. I. S. A., Portinari, G., & Zanini, T. (2018). Development of a methodology for systematic analysis of risk reduction by protective measures in tyre production machinery. *Safety science*, 110, 13-28. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.027>

Del Giudice, M. E., Sharafkhani, M., Di Nardo, M., Murino, T., & Leva, M. C. (2024). Exploring Safety of Machineries and Training: An Overview of Current Literature Applied to Manufacturing Environments. *Processes*, 12(4), 684. <https://doi.org/10.3390/pr12040684>

Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast). <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/42/oj/eng>

Dominik Wrzosek. Матриця ризиків: Ключовий інструмент в управлінні проектними ризиками - <https://flexi-project.com/uk/>

Gauthier, F., Chinniah, Y., Abdul-Nour, G., Jocelyn, S., Aucourt, B., Bordeleau, G., & Mosbah, A. B. (2021). Practices and needs of machinery designers and manufacturers in safety of machinery: An exploratory study in the province of Quebec, Canada. *Safety Science*, 133, 105011. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105011>

Gauthier, F., Chinniah, Y., Burlet-Vienney, D., Aucourt, B., & Larouche, S. (2018). Risk assessment in safety of machinery: Impact of construction flaws in risk estimation parameters. *Safety science*, 109, 421-433. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.024>

Golovnya, O., & Chemerys, Y. (2024). Current trends in the innovativeness of the agricultural machinery market in the global environment. *Economy and Society*, (66). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-18>

ISO/TR 14121-2:2012 Safety of machinery — Risk assessment Part 2: Practical guidance and examples of methods

Pačaiová, H., Andrejiová, M., Balažiková, M., Tomašková, M., Gazda, T., Chomov, K., ... & Salaj, L. (2021). Methodology for complex efficiency evaluation of machinery safety measures in a production organization. *Applied Sciences*, 11(1), 453. <https://doi.org/10.3390/app11010453>

Protocol of field tests of the grain dryer design (risk assessment) No. 01-09 Or-2024. Research, 2024

Reddy, R. (2022). Innovations in Agricultural Machinery: Assessing the Impact of Advanced Technologies on Farm Efficiency. *Journal of Artificial Intelligence and Big Data*, 2(1), 10-31586. <https://ssrn.com/abstract=5018057>

Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated January 30, 2013 No. 62. «On

approval of the Technical Regulations for the safety of machines». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-%D0%BF#Text>.

Shurda K.E. Methods of qualitative and quantitative risk analysis. <https://journals.uran.ua/bnusing/article/view/226622>

Sytnychenko V.M., Palenyi Yu. G., Pogashiy V.D. Risk assessment for entering the

EU market. <https://www.informdom.com/derevoobrabotka/2008/3/>

Third European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks (ESENER 2019): Overview Report. <https://osha.europa.eu/sites/default/files/esener-2019-overview-report.pdf>

UDC 631.3

METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE SAFETY RISKS OF AGRICULTURAL MACHINERY STRUCTURES IN TERMS OF EU MARKET REQUIREMENTS

Khalin S., PhD in Economic Sciences,
<https://orcid.org/0000-0002-7510-5056>,

Pogoriliy V.,

e-mail: pogoriliy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6867-8120>

Sydorenko V.,

e-mail: sid_vladimir@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5988-2904>

L. Pogoriliy UkrNDIPVT

Fordzyun Y., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-6709-9525>

Mukachevo State University

Summary

Research objective. Ensuring the safety of agricultural machinery at the level of modern requirements following the Technical Regulation on the Safety of Machinery and the EU Directive 2006/42/EC under the responsibility of the manufacturer and minimizing the negative consequences of residual risks.

Research methods. Analysis of regulatory approaches to risk assessment and adaptation of the graph method in its application based on the justification of the safety of the grain dryer design.

Research results. The general principles of risk assessment and various methods of its implementation are considered. It is noted that domestic products must undergo several procedures to comply with European directives, one of which is risk assessment. The results of substantiation of the safety of the grain dryer design using the risk graph method are presented, which allowed reducing the likelihood of injuries and ensuring acceptable levels of risks during its use.

Conclusions. The introduction of safe agricultural machinery into circulation is mandatory at the legislative level and must be ensured by conducting a risk assessment, which is a mandatory component of this process. Ukrainian manufacturers are not completely adapted to changes in technical regulation, which require risk assessment, and existing methods are quite laborious and do not take into account their features. The proposed graph method is relatively simple and easy to use, allows you to take into account all safety parameters and is acceptable for conducting a risk assessment when substantiating the safety of agricultural machinery, which was demonstrated by conducting this procedure on the example of a grain dryer.

Keywords: machinery safety, risk assessment, hazard identification, risk analysis, risk reduction