

Analysis of explosive situations in the food industry

Natalya Volodchenkova¹, Oleksandr Hivrich¹, Oleg Levchenko²

¹ National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

² Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, Kyiv

Keywords:

Accident
Dust
Explosion
Grain
Flour

Article history:

Received 19.06.2013
Received in revised form
19.08.2013
Accepted 03.09.2013

Corresponding author:

Natalya Volodchenkova
E-mail:
volna22@bigmir.net

ABSTRACT

Introduction. Explosions and fires are the cause of destruction and damage to buildings and equipment, and the consequences - this injury and loss of food production staff of enterprises.

Materials and methods. Analysis was performed by businesses storage and processing of grains, cereals, flour and other raw materials. We analyzed the statistical data and current scientific literature.

Results. Analyzes: processes, equipment and structural elements of the food business.

Established risk of accidents in the food industry, depending on the specific operation. Reasonably possible the risk of explosions.

Results suggest use in developing measures to improve work safety and prevention of accidents.

УДК 614.8:614.83 (664)

Аналіз вибухонебезпечних ситуацій на підприємствах харчової промисловості

Наталія Володченкова¹, Олександр Хіврич¹,
Олег Левченко²

¹ Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

² Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Київ

Вступ

Для створення реальної небезпеки (небезпечної ситуації), необхідна причина або умова, своєрідний "пусковий механізм", при якому потенційна небезпека переходить в реальну. Логічним процесом розвитку небезпеки, реалізації потенційної загрози є тріада "джерело небезпеки – причина (умови) – небезпечна ситуація". Причиною виникнення аварій (аварійних ситуацій) на виробництві є можливі вибухи і пожежі, які можуть викликати нещасні та смертельні випадки серед обслуговуючого персоналу та населення, що мешкає у зоні можливого впливу таких небезпек та завдати значних матеріальних та екологічних збитків.

Матеріали і методи

Аналіз виконувався по підприємствам зберігання і переробки зерна, зернових культур, борошна та іншої сировини. При аналізі використано сучасні наукові джерела з питань охорони праці, вибухонебезпеки, та статистичні дані по охороні праці, небезпечним ситуаціям на підприємствах України та світу за 2010-13 роки.

Результати та обговорення

Виходячи з цього проблемного питання, джерелами таких небезпек на харчових виробництвах є використання в якості палива природного газу та зберігання і обертання (використання) у великій кількості зерна, зернових культур, борошна та іншої сировини. На даних підприємствах вибухи та пожежі виникають, як правило в результаті утворення горючого і вибухонебезпечного середовища, як у середині апаратів, обладнання комунікацій, так і всередині виробничих приміщень.

До основних факторів, що виникають при таких небезпеках належать:

- відкрите полум'я та високотемпературні продукти вибухового горіння;
- уламки при руйнуванні обладнання, будівельних конструкцій та споруд;
- повітряна вибухова (ударна) хвиля та надлишковий тиск в зоні вибуху і у

прилеглих зонах;

- непридатне для дихання середовище.

Газоподібні продукти вибухового горіння аеросуспензій органічного пилу мають температуру більше 1000 °С. Пряма термічна дія продуктів вибухового горіння викликає опіки різного ступеня. До важких травм приводить вдихання високотемпературних токсичних газів, що утворюються при вибуху. Займання конструкцій виробничих будівель і споруд сировини і готової продукції внаслідок дії полум'я аеросуспензії, що горить, може викликати розвиток пожежі, що приводить до додаткового матеріального збитку і інших важких наслідків. Травмування людей можуть відбуватися при руйнуванні виробничого устаткування, будівель, споруд, при розльоті осколків і уламків устаткування, будівельних конструкцій і споруд, при обваленні покриттів, перекриттів і стін будівель. [1, 2]

Розглядаючи безпосередньо вище згадуванні процеси виробництва, можна виділити, що найбільш вибухонебезпечними є силоси і бункери. Це обумовлено тим, що з силосами та бункерами часто напряму зв'язані норії, дробарки та інше вибухонебезпечне обладнання у яких під час первинної обробки сировини у наслідок тертя зерна о стінки самопливних труб, бункерів, взаємодії робочих органів машин і взаємного тертя зерна здійснюється утворення органічного пилу. У внутрішніх вільних об'ємах норій, сепараторах, в бункерах і силосах під час руху зерна постійно утворюється пилоповітряна суміш, концентрація якої знаходиться в вибухонебезпечних межах.

При вибуху в силосі можливе формування повітряної вибухової хвилі та викид значних об'ємів вибухонебезпечної суміші, полум'я та продуктів горіння у виробничі приміщення, що призводить до подальших вибухів і руйнування силосів.

Руйнівна дія вибуху багатократно зростає у разі з'єднання силосів між собою вентиляційними та перепускними вікнами.

На млинах весь процес виробництва борошна побудований на багаторазовому дробленні зерна і крупок в вальцових верстатах, бичевих машинах, при цьому також утворюється велика кількість дрібнодисперсного органічного пилу.

Дроблення і змішування відповідних компонентів складає основу технологічного процесу комбікормових заводів. При цьому продукти розмелу, комбікорм і його дрібні компоненти, рахуючись по усіх технологічних лініях утворюють пилоповітряну суміш в машинах, бункерах і самопливних трубах. Таким чином, утворення дрібнодисперсного пилу і пилоповітряної суміші – неминуче явище в технологічних процесах підприємств по зберіганню і переробці зерна, виготовлення хліба та хлібобулочних виробів.

Вміст пилу в робочій зоні машин може змінюватися у широких межах. Наприклад в оббивальній машині концентрація пилу може складати від 1 до 49 г/м³, в валкових верстатах – від 10 до 258 г/м³.

За даними обставинами технологічне обладнання вищенаведених підприємств за умовами пилоутворення можна поділити на дві групи.

До першої групи слід віднести обладнання, у якому утворення пилоповітряної суміші обумовлено технологічним регламентом і виключити її утворення практично неможливо. Це ситовіальні машини, повітряні сепаратори, аспіраційні колонки, пневмотранспортні мережі.

До другої групи слід віднести валкові верстати, дробарки, оббивальні машини, разсиви. Утворення пилоповітряної суміші у даному обладнанні є побічним явищем, яке необхідне для відповідної стадії технологічного процесу.

Пилоповітряна суміш, яка утворюється в технологічному обладнанні і бункерах в подальшому, у наслідок недостатньої герметизації, а також неефективної роботи аспіраційних систем проникає у вільні об'єми виробничих приміщень.

Пил, який міститься у повітрі, повільно осідає на стінах, підлозі, будівельних конструкціях і утворює шар пилу, який легко здіймається – аерогель. Небезпека аерогелю полягає у тому, що у наслідок пориву наскрізного вітру, струсу, обмітання аерогель піднімається у повітря і створює у локальному об'ємі вибухонебезпечну пилоповітряну суміш (аерозоль). Аналіз аварій (аварійних ситуацій) показує, що скупчення дрібнодисперсних продуктів також є джерелом утворення вибухонебезпечної суміші в об'ємі виробничих приміщень, особливо при локальних спалахах аерогелю на будь-якої ділянці виробництва.

В умовах виробництва потенційно небезпечними джерелами займання пилоповітряної суміші можуть бути електроустановки, несправне обладнання та ін. Не можна виключати небезпеку займання пилу від електроламп, що не захищені спеціальними ковпаками.

Велику небезпеку являють джерела займання, які утворюються у разі проведення вогневих робіт (електро-, газозварювання).

Іншим джерелом займання є самозаймання скупчених продуктів виробництва. Маса зерна і інших продуктів переробки, що зберігаються в силосах, бункерах і складах у наслідок біологічних процесів, поганій теплопровідності, здатності самозігріватися, утворюючи при цьому осередки, де температура може підвищуватися до температури самозаймання. Горіння в осередку, що утворився у масі продукту, особливо в силосі, в умовах обмеженого потрапляння повітря, може привести до утворення порожнечі при обрушенні якої створюються сприятливі умови для розвитку вибуху пилоповітряної суміші. [3, 4]

Найбільш частіше самозігрівання приводить до займання в масі рослинної сировини. Крім того, результати технічних розслідувань вибухів свідчать, що цей окислювальний процес при обмеженому доступі повітря у об'єм бункерів, супроводжується також виділенням горючих газів (оксиду вуглецю, водню, метану), які в свою чергу здатні утворювати вибухонебезпечні газоповітряні суміші.

Не можна виключати небезпеку спалаху пилоповітряної суміші через розряди статичної електрики. Електричні розряди можуть виникати під час дробління зерна і інших продуктів, при взаємному терті дрібних частинок і можуть накопичуватися на ізольованих частинах машин, самопливних труб, циклонах, ременях приводу, досягаючи при цьому значення потенціалу до 3000 В. Найбільшу небезпеку при цьому являють вальцові верстати і молоткові дробарки. Встановлено, що потенціал статичної електрики на продуктах дроблення досягає до 3300 В.

Пил у стані аерозолію може набути потужний заряд, який здатен викликати іскри з високою енергією (пилові блискавки), достатньою для займання пилоповітряної суміші. Пилові вихорі, при яких можливе появлення блискавки, виникають під час обрушення борошна і пилу у силосах.

Таким чином на підприємствах, які спеціалізуються на роботі з зерновими культурами і продуктами їх переробки та виготовлення хліба та хлібобулочних виробів, будь яке теплове джерело є небезпечним і повинно бути прийнятим до уваги під час розробки заходів щодо запобігання вибухам.

В умовах виробництва займання пилоповітряної суміші, як правило, відбувається усередині обладнання або бункерів і силосів, тобто у замкнутих або напівзамкнутих просторах. При цьому кількість високотемпературних газоподібних продуктів, які утворюються під час горіння суміші, а також значення надлишкового тиску буде залежить від концентрації пилу у даному об'ємі.

У випадках, коли суміш бідна, тиск може незначно підвищитися і високотемпературні гази, які будуть утворені, не викликать руйнувань оболонок технологічного обладнання. Якщо пило-повітряна суміш займається у будь-якому обмеженому об'ємі виробничого приміщення, то процес вибухоутворення на суміжні ділянки виробництва розповсюджуватися не буде, тобто у даному випадку має місце локальний вибух (хлопок).

Але у випадку, коли концентрація відповідає оптимальному співвідношенню пилу і окислювача, процес горіння пилоповітряної суміші у замкнутому об'ємі призводить до підвищення тиску до максимального рівня і як наслідок руйнуванню технологічного обладнання.

У напівзамкнутих об'ємах, при аналогічних умовах, величина тиску буде залежить від величини відкритих перетинів, через котрі будуть видалятися газоподібні продукти. А якщо процес горіння аналогічної пилоповітряної суміші буде відбуватися у вільному необмеженому просторі, тиск не буде набувати значних величин, у наслідок того, що газоподібні продукти вільно поширюються у всі сторони.

Таким чином можна констатувати, що вищенаведені процеси горіння пилоповітряної суміші, яка утворюється у технологічному процесі на підприємствах, які спеціалізуються на роботі з зерновими культурами і продуктами їх переробки та виготовлення хліба і хлібобулочних виробів, можуть завершитися, як без подальшого розвитку, так і перерости у серію потужних пилових вибухів. При цьому останнє явище буде відбуватися таким чином:

- під час спалаху, пилова хмара, що горить і продукти згорання будуть являти собою рухоме джерело займання, яке досягнувши нових вибухонебезпечних зон викликать у них пилові вибухи. При цьому високотемпературні гази, що будуть утворюватися, здатні переводити у зважений стан скупчення пилу на ділянках, що розташовані поблизу, конструкціях, технологічному обладнанні та займати їх, що у свою чергу буде призводити до вибуху пилу вже в повному об'ємі виробничого приміщення.

Аналогічна ситуація може виникати при руйнуванні будь-якого апарата або бункера, внаслідок утворення у ньому первинного вибуху, коли відбувається викид продуктів вибуху і полум'я у приміщення у котрому є скупчення пилу або дрібнодисперсних продуктів.

Аналіз причин аварій (аварійних ситуацій), пов'язаних із пилоповітряними вибухами, свідчить про те, що первинні вибухи або спалахи відбувалися в технологічному обладнанні, бункерах або силосах і тільки у декількох випадках первинний спалах відбувався безпосередньо у частині об'єму виробничого приміщення. [5, 6]

Таким чином можна виділити основні фактори, які сприяють виникненню, розвитку і розповсюдженню запалювання сировини та продуктів її переробки, ініціювання вибухів пилоповітряної суміші, газоповітряної суміші або гібридних сумішей по виробничих ділянках і переростанню первинного вибуху до серії потужних вибухів пилоповітряної суміші. До них слід віднести:

- підвищена запиленість основних і допоміжних виробничих приміщень;
- наявність розвинутого зв'язку між окремими технологічними апаратами, спорудами, приміщеннями і будівлями;
- наявність дрібнодисперсного продукту або пилу в магістралях і комунікаціях, які поєднують різноманітне технологічне обладнання і виробничі ділянки.
- відкрите полум'я;
- розжарені поверхні елементів конструкції, електрична дуга, іскри, краплі розплавленого металу тощо під час проведення вогневих робіт;
- іскри від ударів чи тертя; розжарені поверхні елементів конструкції у разі несправності обладнання чи попадання в обладнання металічних предметів, іскри в несправному електрообладнанні;
- розряди статичної електрики;
- осередки самозапалення внаслідок самозігрівання зерна та зернопродуктів;
- високотемпературні агенти сушіння зерна, осередки загоряння в зерносушарках.

Під час функціонування підприємств, які спеціалізуються на роботі з зерновими культурами і продуктами їх переробки можливі різні ситуації, що призводять до виникнення вибухів.

Так виникнення вибуху в бункері або силосі обумовлено наступним:

- під час розвантаження або очищення бункера (силосу) і потрапляння в нього джерела займання;
- під час займання пило-повітряної суміші полум'ям вибуху, що відбувся в обладнанні, яке з'єднане з цим бункером (силосом);
- при здуванні пилу зі стінок струменем продуктів горіння або повітряною вибуховою хвилею від вибуху, який відбувся зовні бункеру (силосу), наприклад в норії, самопливній трубі, аспіраційному трубопроводі або сусідньому бункері (силосі);
- під час відпуску продукту, при обрушенні зводу, як що в бункері (силосі) є осередок займання.

Як правило вибух у бункері (силосі) призводить до значних руйнувань у наслідок того, що при цьому утворюються великі об'єми газоподібних продуктів горіння, які у подальшому викидаються у виробничі приміщення.

Вибух у системі аспірації можливий у наслідок займання скупченого пилу в трубопроводах або циклонах під час проведення зварювальних робіт без зупинки

обладнання або під час тертя (биття) лопаток вентилятора о корпус, якщо вентилятор розташований на лінії нагнітання, при потраплянні продуктів вибуху із аспіраційного силосу або технологічного обладнання.

Під час вибуху в аспіраційній мережі, як правило руйнуються трубопроводи і газоподібні продукти горіння викидаються у приміщення.

Аналогічні ситуації можуть виникати і в системах пневмотранспортування.

Виникнення вибухів у дробарці, вальцювому верстаті обумовлено потраплянням в них металевих предметів, їх заклинюванням і інтенсивному іскроутворенню.

У вальцювому верстаті, крім того, займання пилоповітряної суміші може бути викликано перекосом розмельних вальців. Як свідчить статистика аварія (аварійна ситуація), як правило виникає під час роботи дробарки у холосту, при відсутності продукту в наддробарному бункері. Найбільш ймовірно, що при повному завантаженні у вільному об'ємі дробарки концентрація горючого продукту перевищує верхню концентраційну межу вибуху.

Вибухи у виробничих приміщеннях, як правило відбуваються у наслідок розвитку первинних вибухів у середині технологічного обладнання і наявності в ньому, а також на будівельних конструкціях приміщення скупчення пилу. Під час вибуху пилу у середині приміщення відбувається руйнування будівельних конструкцій. При цьому ступінь руйнування буде залежить від наявності конструкцій, що легко скидаються, їх площі та ін. У разі відсутності таких можливе повне руйнування стін і перекриттів будівлі. Як наслідок конструкції, що обрушуються можуть стати причиною травмування або загибелі виробничого персоналу, пошкодити обладнання і перекриття нижніх поверхів.

Проведений аналіз дозволяє виділити найбільш поширені місця виникнення джерел займання та вибухів в технологічних спорудах та будівлях наступні:

- норії – пробуксовка, зворотній хід, перекошення та збігання норійної стрічки, обривання та удари ковшів по викривлених трубах норій, зношення підшипників вала привідного барабана або редуктора, потрапляння сторонніх металічних предметів, розряди статичної електрики на стрічках;
- турбоповітроводуки (вентилятори) – потрапляння сторонніх металічних предметів, зношення підшипників, удари та відрив лопаток, порушення;
- зерносушарки – підвищення температури агента сушки та сировини, несправність автоматики; засміченість сировини та обладнання;
- повітропроводи (аспіраційні, гравітаційні) – розряди статичної електрики;
- матеріалопроводи (самопливи, пневмотранспорт) – розряди статичної електрики;
- силоси (бункери, мінісховища) – зберігання сировини та продуктів переробки з підвищеною вологістю та засміченістю, перевищення термінів зберігання, невиконання очисних заходів перед завантаженням, відсутність (несправність) приладів температурного та газового контролю, проведення вивантаження сировини, що самозагорялося, з порушенням заходів безпеки;
- циклони – потрапляння сторонніх металевих предметів, розряди статичної електрики;
- дробарки – потрапляння сторонніх металічних предметів, відрив молотків, зношення підшипників, запресування сировини, розряди статичної електрики;
- вальцеві станки – потрапляння сторонніх металічних предметів, перекошення валків, розряди статичної електрики.
- змішувачі – розряди статичної електрики, потрапляння сторонніх металічних предметів;

- фільтри – розряди статичної електрики;
- клітки на сходах і шахти ліфтів.

Крім пилоповітряних вибухів, характерними є вибухи паро-, газоповітряних та гібридних сумішей [7].

Наслідки вибуху визначаються залежно від умови розміщення вибухонебезпечних продуктів. Якщо продукти розміщуються поза приміщеннями, то приймається, що аварія розвивається за сценарієм вибуху у відкритому просторі.

Якщо технологічний апарат з вибухонебезпечними продуктами розміщений в будівлях, то аварія розвивається за сценарієм вибуху в замкнутому об'ємі.

Найбільш типовими аварійними ситуаціями вважаються:

- руйнування апарату або трубопроводу зі змішаними газами або рідинами;
- втрата герметичності трубопроводів (розрив зварного шва, прокладки, відрив штуцера);
- розлив рідин по підлозі приміщення або по рельєфу місцевості;

Наслідками таких аварій (аварійних ситуацій) можуть бути:

- витік газу і загазованість повітря в приміщенні;
- утворення вибухонебезпечних концентрацій газоповітряної суміші;
- загибель обслуговуючого персоналу від асфіксії;
- займання газоповітряної суміші та виникнення пожежі.
- вибух газоповітряної суміші в приміщенні або апараті.

Горючі гази можуть займатися або вибухати, якщо вони змішані в певних співвідношеннях з повітрям і нагріті не нижче температури їх займання. Займання і подальше мимовільне горіння газоповітряної суміші при певних співвідношеннях газу і повітря можливо при наявності джерела вогню (навіть іскри).

Розрізняють нижню і верхню межі вибуховості - мінімальне і максимальне процентний вміст газу в суміші, при яких може статися займання її і вибух.

При вибуховому згоранні пилоповітряної, газоповітряної або гібридної суміші в замкнутому об'ємі в дефлаграційному режимі тиск може підвищуватися від 700 кПа до 900 кПа, що перевищує його допустиме значення для устаткування і споруд більш ніж в 10, а для будівельних конструкцій будівель більш ніж в 140 разів.

Вражаюча дія повітряної вибухової хвилі визначається в основному надлишковим тиском у фронті і області стиснення, часом дії і швидкістю руху фронту хвилі. Виробничі будівлі одержують серйозні пошкодження при тиску фронту повітряної вибухової хвилі понад 5 кПа.

Імовірність вибуху газоповітряної суміші та його небезпека визначаються:

- межами вибухової концентрації парів рідин і газів у відсотках до обсягу газоповітряної суміші, наприклад, пропан 3-7%; пропілен 3,5-8,5%; етан 4,0-9,2%;
- температурою займання - нижньою межею температури, при якій можливе їх займання від стороннього джерела запалювання;
- щільністю парів і газів по відношенню до щільності повітря;
- температурою самозаймання;
- мінімальної енергією запалювання або еквівалентом критичної енергії електричної іскри, необхідної для ініціювання детонації.

Займання хмари газоповітряної суміші відбувається при наявності джерела запалювання. Спочатку швидкість поширення полум'я відносно невелика і складає для більшості вуглеводневих газів 0,32-0,40 м / с. При настільки малих швидкостях горіння утворення детонаційної хвилі в вибухових речовинах не відбувається.

Висновки

Обґрунтування небезпек об'єктів харчової промисловості та причин виникнення на них аварій (аварійних ситуацій) дозволить розробити та обґрунтовувати ефективні заходи щодо підвищення рівня безпеки праці та мінімізації ризику виникнення аварій (аварійних ситуацій).

Це актуально при удосконаленні нормативної бази в Україні з даної проблеми, а саме розробки методики визначення зон руйнувань, які використовуються під час розробки планів локалізації та ліквідації наслідків аварій (аварійних ситуацій) (ПЛАС), що в свою чергу обумовлює потребу удосконалення методичного апарату з визначення меж зон руйнувань промислових об'єктів і нормативне його затвердження.

Література

1. Giby Joseph. Combustible dusts: A serious industrial hazard / Giby Joseph, CSB Hazard Investigation Team // *Journal of Hazardous Materials*, Volume 142, Issue 3, p. 589-591.
2. Abuswer M. A quantitative risk management framework for dust and hybrid mixture explosions / Meftah Abuswer, Paul Amyotte, Faisal Khan // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 26, Issue 2, 2013, p. 283-289.
3. Левченко О.Г. Дослідження стійкості промислових об'єктів щодо дії повітряної вибухової хвилі // О.Г. Левченко, Н.В. Володченкова // *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: збірник матеріалів сьомої науково-методичної конференції*, Київ, 2012 / НТУУ "КПІ", – с. 97-99.
4. Левченко О.Г. Аналіз причин виникнення вибухів на промислових підприємствах / О.Г. Левченко, Н.В. Володченкова, О.В. Хіврич // *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки : збірник матеріалів восьмої науково-методичної конференції*. – К., 2013 / НТУУ "КПІ", – с. 76-78.
5. Калачова І. Статистичний бюллетень. Травматизм на производстве в 2010 – 2011 годах / Калачова И. –К.: Госкомстат Украины., 2012.
6. Стрелюхина, А. Н. Анализ причин аварий на объектах мукомольной промышленности / Анализируем случившееся. Извлекаем уроки / А. Н. Стрелюхина, С. А. Мачихин // *Безопасность труда в промышленности*. – 15/10/2001. – N 10. – с.19-22.
7. Evtushenko O., Volodchenkova N. The distribution of occupational injury in the food industry in Ukraine/ *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. – 2013. - Vol. 2. - Is. 2. - Pp. 138-141.

References

1. Giby Joseph (2012), Combustible dusts: A serious industrial hazard, Giby Joseph, CSB Hazard Investigation Team, *Journal of Hazardous Materials*, 142(3), pp. 589-591.
2. Abuswer M., Meftah A., Paul A., Faisal K. (2013), A quantitative risk management framework for dust and hybrid mixture explosions, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26(3), pp. 283-289.
3. Levchenko O.H., Volodchenkova N.V. (2012), Doslidzhennia stiikosti promyslovykh ob'ektiv shchodo dii povitrianoi vybukhovoi khvyli, *Problemy okhorony pratsi, promyslovoi ta tsyvilnoi bezpeky: zbirnyk materialiv somoi naukovo-metodychnoi konferentsii*, Kyiv, pp. 97-99.
4. Levchenko O.H., Volodchenkova N.V. (2013), Analiz prychyn vynyknennia vybukhiv na promyslovykh pidpryiemstvakh, *Problemy okhorony pratsi, promyslovoi ta tsyvilnoi bezpeky: zbirnyk materialiv vosmoi naukovo-metodychnoi konferentsii*, pp. 76-78.
5. Kalachova I. (2012), Statystychniy byulleten. *Travmatizm na proizvodstve v 2010 – 2011 godakh*. Goscomstat Ukrayiny.
6. Strelyukhina A. N., Machikhin C. A. (2001), Analiz prichin avariiv na obyektakh mukomol'noy promyshlennosti, *Analiziruem sluchivsheesya. Izvlekaem uroki*, *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 10, pp. 19-22.
7. Evtushenko O., Volodchenkova N. (2013). The distribution of occupational injury in the food industry in Ukraine, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(2), pp. 138-141.