

РОЗДІЛ «БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

УДК 629.039.58

МАХОВСЬКИЙ В.О., к.т.н, доцент
КРЮКОВСЬКА О.А., к.т.н, доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕК ТА ОЦІНКА НАСЛІДКІВ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ І АВАРІЙ НА СКЛАДАХ БЕЗТАРНОГО ЗБЕРІГАННЯ БОРОШНА ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вступ. У виробництві хлібобулочних виробів в якості сировини застосовують пожежо- та вибухонебезпечну речовину – борошно, пил якої може утворювати вибухо-пожежонебезпечні суміші з повітрям і вибухати як в замкнутих об'ємах апаратури, так і поза нею. Займання пило-повітряних сумішей ініціюється зовнішніми джерелами запалювання. Виробничі приміщення, як правило, захищені обладнанням, комунікаціями, перегородками, різними будівельними пристроями, що є перешкодами, які сприяють турбулізації потоків палаючих сумішей, багаторазовому відбиттю ударних хвиль і їх посиленню. Швидкості підвищення тиску в цих випадках сягають високих значень, при яких скидання тиску через спеціально передбачені ослаблені елементи, вікна та двері неможливе, що призводить до руйнування даху і стін будівлі. Руйнівна здатність вибухів пило-повітряних сумішей істотно залежить від форми та обмежених об'ємів приміщень, апаратури, трубопроводів і т.д. [1].

Вибух пилу відбувається при миттєвому поєднанні горючої частини пилу з киснем повітря з виділенням великої кількості тепла і газоподібних продуктів, які, нагріваючись, розширюються і утворюють вибухову хвилю. Сила та інтенсивність вибуху пилу залежать від багатьох факторів і сягають максимальних значень при відповідному співвідношенні горючої маси і кисню. Процес окислення киснем протікає на поверхні твердих частинок пилу. Залежно від структури й властивостей вихідної речовини і умов утворення пилу її частинки можуть мати різну форму, бути гладкими, шорсткими, мати різні розміри, що обумовлює займистість і вибуховість пилу.

Швидкість утворення вибухонебезпечної суміші зростає зі збільшенням поверхні контакту повітря і твердих частинок пилу, тому небезпека вибуху залежить від розміру частинок пилу і вмісту кисню в системі. Дрібнодисперсний пил з розвиненою поверхнею характеризується більшою активністю, більш низькою температурою самозаймання та широким інтервалом між нижньою і верхньою концентраційними межами вибуховості.

При низьких концентраціях пилу відстань між частинками, що знаходяться у зваженому стані, значна, перекидання полум'я від частинки до частинки не відбувається, отже, вибух не поширюється на весь об'єм. Надмірно велика кількість пилу також перешкоджає виникненню і поширенню вибухів, так як в цьому випадку в суміші міститься занадто мало кисню для згорання пилу.

Велика поверхня частинок обумовлює також високий ступінь адсорбції газів на їх поверхні. Внаслідок більш високої температури кипіння кисню, порівняно з азотом, повітря, що оточує тверді частинки пилу, ущільнюється і збагачується киснем, при цьому його хімічна активність, а, отже, і вибухонебезпечність зростають. Пил, що осів на поверхні твердих предметів, має більш низьку температуру самоспалахування, так як концентрація частинок в ньому зростає, і поліпшуються умови акумуляції тепла.

Вибухонебезпечні аеродисперсні системи можуть виникати ситуативно, наприклад, при струшуванні відкладень пилу. У замкнутому об'ємі технологічного апарата горіння, яке розпочалося і розповсюджується в повітряній суміші, викликає швидке пі-

двищення тиску, що може призвести до розриву апарата, а потім – до вибуху в оточуючих приміщеннях. Тому проблема запобігання та флегматизації вибухів пилоповітряних сумішей в технологічному обладнанні і виробничих будівлях є досить актуальною.

Суспензії борошняного пилу характеризуються широким інтервалом концентраційних меж поширення полум'я: від десятків грамів до кілограмів у 1 м^3 повітря. Верхні концентраційні межі поширення полум'я пилу зазвичай досить великі і досягти їх у виробничих приміщеннях навіть при аварійних ситуаціях практично неможливо. Саме тому найбільш важливою є нижня межа, а також більш високі концентрації, при яких досягається максимальна об'ємна щільність енерговидалення.

Займання суміші пилу з повітрям є однією з важливих властивостей пилу, що горить. Вона визначає його здатність поширювати полум'я по всьому об'єму зваженого пилу в повітрі при визначеній мінімальній концентрації цього пилу. Під тиском, що виникає при самозайманні суміші пилу з повітрям, в повітря піднімається стільки пилу, який осів поблизу місця займання, що вибух може поширитися далеко за межі осередку виникнення спалаху [2].

При аналізі наслідків вибухів пилу різноманітних продуктів було встановлено, що найбільші руйнування відбувалися в будівлях старої споруди. Більшість з цих приміщень не мали необхідних площ легкоскидних конструкцій, а в ряді випадків віконні прорізи, які могли в деякій мірі компенсувати легкоскидні вибухові покриття, були закладені міцними стінними матеріалами [3].

Щоб запобігти руйнуванню будівель від вибуху пилоповітряних сумішей, слід передбачати легкоскидні площі будівель, які забезпечать необхідний викид продуктів вибуху пилу, та уникати створення каналів і приміщень на нульових поверххах або у підвалах, в яких можливо скупчення вибухонебезпечного пилу, а також передбачати системи вентиляції та вживати заходів з попередження скупчення в них пилоповітряних сумішей і утворення джерел ініціювання вибуху.

Вибухи пилу можуть відбуватися при трьох обов'язкових умовах: достатній обсяг виваженої або осілої пилоповітряної суміші, наявність окислювача та джерело займання достатньої потужності. Аналіз причин виникнення вибухів показує, що вибухам в приміщеннях передують локальні хлопки в обладнанні і спалахи на окремих ділянках будівлі, що викликає струшування пилу, який осів на підлозі, стінах та інших будівельних конструкціях і обладнанні. Це призводить до утворення вибухонебезпечних концентрацій пилу в приміщенні, вибух якого викликає сильні руйнування. Тому не можна допускати скупчення пилу на підлозі чи обладнанні, так як він може швидко перейти у зважений стан.

Пил, що осідає на нагрітих поверхнях, розігрівається і з плином часу починає тліти. Встановлено, що товщина шару, при якій найшвидше відбувається займання пилу, знаходиться в межах 10-20 мм. Для практичних цілей займистість пилу, що осів на нагрітих поверхнях, визначається мінімальною тривалістю знаходження пилу на поверхні при заданій температурі до моменту його займання або найбільш низькою температурою поверхні, при якій починається тління осілого пилу.

Самозаймання пилу залежить не тільки від товщини його шару, напрямку потоків повітря та їх сили, вологості повітря, а й від ваги й структури частинок пилу, величини зовнішньої і внутрішньої поверхонь пор. На самозаймання пилу можуть суттєво впливати різні домішки. Наприклад, потрапляння мастильних та жиромістких речовин в масу пилу роблять його більш займистим.

Навіть при дуже слабкому струсі осілий тліючий пил може викликати небезпечні спалахи або вибухи. Пил, що має низьку температуру спалаху в виваженому стані, може спалахнути, якщо температура тління осілого пилу вища від температури займання зваженого пилу. Займання тліючого пилу може призвести до утворення відкритого

полум'я. Для прийняття необхідних запобіжних заходів слід своєчасно визначати температуру тління і займання виваженого пилу.

Небезпека займання і вибуху пилу обумовлюється поєднанням двох факторів: наявністю виваженого або осілого пилу і досить міцним джерелом займання. Тому вибуховість пилу в значній мірі визначається характером і силою джерела запалювання, з яким він стикається [4].

Аналіз подій спалахів та вибухів борошняного пилу показав, що слід звертати увагу на наступні джерела займання: відкрите полум'я; іскри; нагріті й гарячі матеріали, поверхні; гарячі простори; теплоту тертя; самозаймання; хімічні реакції; сумарну дію теплових променів; теплоту спалювання.

У кожному конкретному випадку слід вживати заходів з попередження впливу джерела енергії на займання пилу.

Аналіз аварій, що сталися за останні 10 років на підприємствах харчової галузі показав, що найбільша кількість вибухів (28%) припадає на агрегати, в яких відбуваються розмел і перемішування подрібнених продуктів; значна кількість аварій (22%) пов'язана з вибухами в сушильних установках, в яких для сушки продуктів застосовують нагрів; 25% вибухів припадає на агрегати, в яких завжди мається пилоповітряна суміш. Значна кількість вибухів припадає на електрофільтри, пилопроводи, а також локальні об'єми окремих приміщень. Джерелами запалювання пилу були іскри удару і тертя, нагріті поверхні устаткування, відкрите полум'я, самоспалах, іскри статичної електрики і замикання (розмикання) електричних ланцюгів.

Найбільша кількість вибухів відбувається від теплових джерел механічного походження (57%). Електричне обладнання було причиною вибухів в 4,4% випадках, а статична електрика – в 2%. Значна кількість вибухів відбувається з не встановлених причин.

Постановка задачі. Метою роботи є аналіз ймовірних аварійних ситуацій та аварій, кількісна оцінка масштабів зон ураження, їх наслідків при порушенні герметичності обладнання і трубопроводів складів безтарного зберігання (СБЗ) борошна.

Результати роботи. В якості об'єкта дослідження обрано склад безтарного зберігання борошна, який мається на будь-якому хлібопекарському підприємстві.

Склад безтарного зберігання борошна призначений для прийому, зберігання та видачі борошна у виробничий процес.

Борошно надходить на підприємство в спеціально обладнаних автомобілях для перевезення борошна з максимальною місткістю 8 т борошна.

На багатьох підприємствах борошно вивантажується з автомобіля за допомогою пневмотранспортера і надходить у склад борошна силосного типу (силоси). Передбачено також прийом борошна у мішках. Далі борошно з силосів норіями подається у відділення просіювання борошна, обладнане віяльними машинами. Після віяння борошно надходить у вагове відділення, де розташовані ваги. Далі борошно подається у виробничий процес.

Обладнання складу безтарного зберігання борошна призначене для прийому, зберігання та видачі борошна і запускається в дію за допомогою кнопки керування. Кожен з силосів СБЗ обладнаний датчиками верхнього рівня та витяжною вентиляцією.

Небезпеки об'єкта дослідження обумовлені наявністю обладнання та трубопроводів з борошном.

Борошно пшеничне – горючий порошок вологістю від 12,0 до 15,0% (мас.), щільністю 650 кг/м³, теплотою згорання 13961 кДж/кг. Дисперсність досліджуваного зразка менша 100 мкм.

Пожежовибухонебезпечні властивості борошна наступні. Сухе борошно характеризується вихороподібним горінням по поверхні та високими язиками полум'я. Суміш борошна з повітрям вибухонебезпечна. Температура займання складає 250°C. Тем-

пература самозаймання 380°C. Температура тління 310°C. Борошняний пил схильний до самозаймання. Нижня концентраційна межа поширення полум'я становить 10-35 г/м³. Максимальний тиск вибуху 520 кПа. Швидкість наростання тиску: середня – 8 МПа/с; максимальна – 10,6 МПа/с.

Мінімальна енергія запалювання борошняного пилу – 6,4 мДж при вологості 2% (мас.) та 29 мДж при вологості 11% (мас.) [5, 6].

Потенційна небезпека об'єкта дослідження обумовлена створенням вибухонебезпечної концентрації пилоповітряної суміші в технологічному обладнанні або при порушенні герметичності обладнання, руйнуванні арматури і трубопроводів в приміщеннях відділень СБЗ борошна, що може призвести до вибуху, пожежі і пов'язаного з ними переходу аварії на інші технологічні блоки підприємства.

Характеристика складу безтарного зберігання борошна наведена в табл.1, а пшеничного борошна згідно з ГОСТ 26574-85 – у табл.2.

Таблиця 1 – Характеристика складу безтарного зберігання

Найменування виробничих приміщень	Категорія вибухопожежної і пожежної небезпечності за НАПБ Б.03.002-2007	Клас вибухонебезпечності або пожежної небезпеки за ПУЕ (ДНАОП 0.00-1.32-01)	Група виробничого процесу за санітарною характеристикою (СНіП 2.09.04-87)
Приміщення СБЗ	В	22	1б

Параметри технологічного процесу безтарного зберігання борошна, установок і одиниць обладнання характеризуються показниками, зумовленими для прийому, зберігання та видачі даного продукту у виробничий процес. Технологія випічки борошняних виробів передбачає ведення технологічного процесу при атмосферному тиску і температурі навколишнього середовища. Процес прийому та видачі борошна характеризується застосуванням пневмотранспорту з використанням повітряних компресорів, норій і шнекових живильників. Небезпека параметрів даного технологічного процесу більшою мірою залежить від стану і працездатності обладнання.

Таблиця 2 – Характеристика властивостей пшеничного борошна

Найменування показника	Характеристика і норма для борошна		
	Вищий	Перший	Другий
Колір	Білий або білий з кремівим відтінком	Білий або білий з жовтим відтінком	Білий з жовтуватим або з сіруватим відтінком
Запах	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів (не затхлий)		
Смак	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків (не кислий, не гіркий)		
Зміст мінеральної домішки	При розжовуванні борошна не повинно відчуватись хрускоту		
Вологість, %, не більше	15,0	15,0	15,0
Зольність в перерахунку на суху речовину, %, не більше	0,55	0,75	1,25
Клейковина сира: кількість, %, не менше	28,0	30,0	25,0
Металомагнітна домішка, мг на 1 кг борошна, не більше	3,0	3,0	3,0

Небезпечною складовою технологічного середовища хлібопекарських підприємств є мука. Виходячи з цього, основною небезпекою для них є вибух та пожежа пиллоповітряної суміші в обладнанні та відділеннях.

У разі порушення герметичності силосів, конвеєрів та іншого обладнання відбудеться викид борошна у виробничі приміщення складу.

Причинами руйнування (пошкодження) обладнання можуть бути: механічні пошкодження, обумовлені корозією матеріалу; помилки ремонтного та обслуговуючого персоналу; зовнішні чинники.

Найбільш небезпечним випадком за своїми наслідками є порушення герметичності силосу для борошна, в результаті якого викид борошна у силосному відділенні буде максимальним. Це може призвести до створення вибухонебезпечної концентрації в приміщенні, вибуху та пожежі.

Аналіз ймовірних небезпек представлено кількісною оцінкою можливих наслідків передбачуваних аварій, схемами побудови сценаріїв виникнення і розвитку можливих аварій, схемами постадійного аналізу умов виникнення і розвитку аварій, картками безпеки обладнання.

При аналізі небезпек на складі безтарного зберігання борошна встановлено, що до аварійних ситуацій відносяться створення вибухонебезпечних концентрацій в обладнанні (автоцистерна з борошном, силос для борошна) і порушення герметичності основного обладнання, що може призвести до вибуху, пожежі повітряно-борошняної суміші в приміщенні.

Автомобільні цистерни для перевезення борошна відрізняються від технологічного обладнання тим, що є транспортним засобом, і при їх зупинці, русі та розвантаженні існує небезпека мимовільного їх руху під ухил або по інерції. Неконтрольований рух автоцистерн з борошном також небезпечний можливими зіткненнями і, як результат, ушкодженнями (руйнуваннями) резервуарів автоцистерн і викидом борошна.

Вузол розвантаження автоцистерн передбачає застосування пневмотранспорту, використання повітряних компресорів і трубопроводу.

Вибух, пожежа в автоцистерні та основному технологічному обладнанні може статися у разі утворення у вільному обсязі вибухонебезпечної концентрації і наявності джерела вибуху. Утворення ініціатора вибуху всередині обладнання можливо в результаті електростатичного розряду, при відсутності або несправності заземлення, а також у разі порушень правил пожежної безпеки. Таке поєднання несприятливих факторів можна вважати маловірогідним, однак повністю виключати такий випадок не можна.

Порушення герметичності одного з силосів та трубопроводу призводить до викиду борошна в приміщення СБЗ. Це може призвести до створення вибухонебезпечної концентрації повітряно-борошняної суміші. Вона залежить від об'єму приміщення та кількості розсипаної муки з силосу або кількості борошна з пневмотранспортної системи, яка подається до моменту її зупинки (час до моменту зупинки, приймаємо 300 сек.). Тому розрахунок параметрів ймовірного вибуху виконано для зазначених припущень. Розрахунки виконано за стандартною методикою, викладеною в „Загальних правилах вибухобезпеки” [7].

Для розрахунків параметрів вибуху в автоцистерні та силосі приймаємо наступні вихідні дані:

- максимальне завантаження автоцистерни – 8 т борошна;
- температура навколишнього повітря – плюс 25°C;
- теплота згоряння повітряно-борошняної суміші – 13961 кДж/кг;
- нижня концентраційна межа поширення полум'я становить 10-35 г/м³;
- кількість борошна, задіяна у вибуху в автоцистерні, – 420 г;
- об'єм силосу – 51,45 м³;

- кількість борошна, задіяна у вибуху в силосі, – 1800 г.

Для розрахунків параметрів вибуху в приміщенні під силосами при розгерметизації силосу (трубопроводу) приймаємо наступні вихідні дані: розглянутий об'єм приміщення ~ 1150 м³ (об'єм вільного простору – 80%); кількість борошна, задіяна у вибусі – 32200 г.

Схему постадійного аналізу умов виникнення і розвитку аварій в СБЗ наведено в табл.3, результати кількісної оцінки можливих наслідків ймовірних аварій в СБЗ – в табл.4.

Таблиця 3 – Схема постадійного аналізу умов виникнення та розвитку аварії

№ з/п	Найменування стадії розвитку аварійної ситуації (аварії)	Основний принцип аналізу умов виникнення (переходу на іншу стадію) аварійної ситуації (аварії) та її наслідків	Способи і засоби попередження, локалізації аварії
1	2	3	4
1	Механічний і корозійний знос обладнання (автоцистерна, бункер)	Матеріал, з якого виготовлені цистерни та силоси відповідає ТУ. Контроль технічного стану проводиться згідно з відповідними вимогами безпечної експлуатації.	Контроль технічного стану обладнання.
2	Помилки обслуговуючого персоналу	Помилки персоналу можуть призвести до неконтрольованого руху автоцистерни та транспортної аварії з руйнуванням резервуара автоцистерни. Порушення вимог пожежної безпеки можуть призвести до вибуху обладнання (автоцистерна, силос).	Дотримання вимог щодо періодичної перевірки знань персоналу з ТБ та ОП. Навчання та стажування новоприйнятих працівників. Дотримання правил безпечної експлуатації обладнання.
3	Вплив зовнішніх факторів	До зовнішніх факторів, які можуть призвести до аварійної ситуації і створенню вибухонебезпечної концентрації, слід віднести аварії транспортного характеру, нагрів обладнання ззовні, явища природного характеру (землетрус, урагани, переміщення ґрунту), терористичні акти.	Принципом роботи автоцистерни, силосів та проектом підприємства не передбачено будь-яких заходів щодо запобігання небезпечного впливу зовнішніх факторів.
4	Порушення герметичності обладнання (автоцистерна, силос)	Порушення герметичності обладнання можливе через механічний знос матеріалу, помилки обслуговуючого персоналу та вплив зовнішніх чинників. Перекидання автоцистерни можливе в результаті впливу зовнішніх факторів.	Дотримання норм безпечної експлуатації. Контроль технічного стану обладнання.
5	Утворення вибухонебезпечної суміші в автоцистерні, силосі	Утворення вибухонебезпечної суміші в автоцистерні, силосі можливе при розвантаженні автоцистерни, наповненні силосів, веденні технологічного процесу.	Контроль і запобігання утворенню в автоцистерні і силосах вибухонебезпечної суміші не передбачені.

Продовження таблиці 3

1	2	3	4
6	Викид борошна	Викид борошна відбувається в результаті розгерметизації основного устаткування блоку як на відкритому площадку, так і в приміщення.	Дотримання норм технологічного режиму та безпечної експлуатації обладнання.
7	Утворення вибухонебезпечної суміші на відкритому майданчику або в приміщенні	Утворення вибухонебезпечної концентрації на відкритому майданчику або в приміщенні можливе при розгерметизації обладнання внаслідок невеликої величини нижньої межі вибуховості пилоповітряної суміші.	Контроль утворення вибухонебезпечної суміші не передбачений. Для запобігання утворення вибухонебезпечної суміші в приміщенні передбачена аспіраційна система.
8	Вибух, пожежа	Вибух суміші борошна з повітрям можливий тільки при наявності ініціатора вибуху і при концентрації пилоповітряної суміші не менше 10-35 г/м ³ .	Виняток джерел вибуху. Негайна оцінка аварійної ситуації; оповіщення персоналу підприємства та посадових осіб відповідно до схеми оповіщення.
9	Руйнування будівельних конструкцій, обладнання. Травмування людей	З метою попередження руйнування і розгерметизації устаткування і трубопроводів проводяться періодичні перевірки технічного стану згідно з відповідними вимогами.	Необхідна негайна оцінка аварійної ситуації, видалення людей, не зайнятих ліквідацією аварії та її наслідків, з небезпечної зони.

Таблиця 4 – Результати розрахунку показників вибухонебезпечності пилоповітряної суміші

№ з/п	Найменування параметру, позначення	Од. вим.	Вибух пилоповітряної суміші в автоцистерні	Вибух пилоповітряної суміші у приміщенні	Вибух пилоповітряної суміші у силосі
1	Енергетичний потенціал вибухонебезпечності, E	кДж	5864	359635	24774
2	Відносний енергетичний потенціал вибухонебезпечності, Q _в	—	1,09	4,30	1,76
3	Загальна приведена маса пилу, m	кг	0,13	7,82	0,54
4	Тротиловий еквівалент вибуху, W _т	кг	0,05	3,22	0,22
5	R ₁	м	0,04	0,56	0,09
6	R ₂	м	0,05	0,83	0,14
7	R ₃	м	0,09	1,42	0,24
8	R ₄	м	0,27	4,15	0,70
9	R ₅	м	0,47	7,27	1,22

R_1 – радіус зони повного руйнування будівель і смертельної небезпеки для людей, на межі якої надлишковий тиск по фронту ударної хвилі, $\Delta P \geq 100$ кПа;

R_2 – радіус зони сильних руйнувань будівельних конструкцій, обвалення цегляних стін і смертельної небезпеки для людей, $\Delta P = 70$ кПа;

R_3 – радіус зони слабких руйнувань будівельних конструкцій, для відновлення яких потрібно їх часткове розбирання, і смертельної небезпеки для людей на відкритій місцевості, $\Delta P = 28$ кПа;

R_4 – радіус зони слабких руйнувань (руйнування віконних прорізів, покриттів, які легко скидаються) і важкого травмування людей на відкритій місцевості, $\Delta P = 14$ кПа;

R_5 – радіус зони часткового руйнування скління, нижній поріг ураження людей на відкритій місцевості, $\Delta P = 5$ кПа.

Висновки. Результати розрахунків свідчать про те, що найбільшу потенційну небезпеку об'єкта обстеження становить руйнування силосу з борошном в силосному відділенні. При цьому утворюється пилоповітряна суміш з вибухонебезпечною концентрацією. При наявності джерела вибуху можливі вибух, пожежа, які призведуть до руйнування виробничого обладнання, будівельних конструкцій і травмування людей. Рівень аварії – об'єктовий.

Основним напрямком попередження вибухів пилу повинна бути максимальна герметизація технологічних систем і устаткування, а також систематичне і якісне прибирання виробничих приміщень, що виключають накопичення пилу до небезпечних меж.

Методи попередження вибухів пилу в апаратурі необхідно застосовувати з урахуванням характеру технологічних процесів. До найбільш ефективних з них відносяться організація процесів поза областю поширення полум'я, зниження концентрації кисню в сумішах, уникнення появи як внутрішніх, так і зовнішніх джерел запалювання. На технологічних об'єктах з великими енергетичними потенціалами повинні здійснюватися також заходи, що обмежують масштаби руйнувань і тяжкість наслідків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Файнхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический поход / Файнхельт Ф., Франкен П. – М.: Радио и связь, 1988. – 220с.
2. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / Бесчастнов М.В. – М.: Химия, 1991. – 360с.
3. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики: справ очник / Кузьмичев В.Е. – Киев: Наукова думка, 1989. – 260с.
4. Краткая химическая энциклопедия. Т.5. / гл. ред. Кнунянц И.Л. – М.: Советская энциклопедия, 1967. – 288с.
5. Дослідження пожеж: довідк.-метод. посіб. / [Степаненко С.Г., Білкун Д.Г., Яник Я.М., Тимошук Ю.Т.]. – К.: Пожінформтехніка, 1999. – 224с.
6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2 книгах / [А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н.Кравчук и др.]. – М.: Химия, 1990. – 496с.
7. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: НАОП 1.3.00-1.01-88. – М.: Металлургия, 1988. – 60с.

Надійшла до редколегії 06.10.2014.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА НЕБЕЗПЕК ГАЗОВОГО ГОСПОДАРСТВА ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вступ. В більшості міст або населених пунктів працюють хлібопекарські підприємства, які забезпечують населення хлібобулочними та кондитерськими виробами. Виробництво хлібобулочних виробів пов'язано з використанням автономного газового господарства, що включає систему газопроводів, котельню та виробничі печі, які належить хлібопекарні. Небезпека таких підприємств, що розташовані біля житлових будівель та інших комунальних об'єктів та забудов, полягає у ймовірності аварій та аварійних ситуацій, пов'язаних з газовим господарством, і, як наслідок, утворення небезпечних газоповітряних сумішей.

Аварії, пов'язані з вибухом газоповітряних сумішей, в більшості випадків супроводжуються викидами з апаратури значної кількості вибухонебезпечних речовин, руйнуваннями обладнання або конструкцій, пожежами. Аварії, як правило, є наслідком відхилення параметрів технологічного режиму від нормальних. Цьому сприяють раптове припинення подачі тепло- або електроенергії, вихід з ладу устаткування, засобів контролю і управління процесами, а також порушення правил або помилкові дії обслуговуючого персоналу. Аналіз аварій, що завершуються вибухом газоповітряних сумішей в приміщеннях і на відкритих установках, показує, що більшість з них є наслідком помилок або неправильних дій обслуговуючого персоналу, несправності або недосконалості обладнання, контрольно-вимірювальних приладів та приладів автоматики [1].

Найбільш частими причинами утворення вибухонебезпечної концентрації газоповітряної суміші на хлібопекарських підприємствах можуть бути: недостатнє вентилявання топки і газоходів; подача газу в пальник до внесення або утворення запального факела; відрив полум'я переносного запального пристрою в топці при включенні пальників; спроба розпалювання сусіднього пальника від працюючого без застосування запального факела; повторне включення пальників після відриву запального або основного факела без попередньої вентиляції топки і газоходів; неправильне або передчасне відкриття кранів перед пальниками; неправильне продування газопроводів перед пуском котла в роботу.

Причинами вибухів і загазованості при включенні пальникових пристроїв також є: несправність запальника або неправильна його установка; помилки обслуговуючого персоналу в фіксації положення запірної газової арматури та її нещільності; включення пальникових пристроїв при відключеній або несправній автоматичній контролі полум'я; неправильна оцінка показань контрольно-вимірювальних приладів або їх несправність.

Під час експлуатації котла причинами згасання факела, загазованості топки і вибуху від розжарених поверхонь обмурівки можуть бути: короткочасне припинення подачі газу; відрив полум'я в результаті різкого зростання розрідження в топці; згасання факела в разі несправності регулятора тиску газу або клапана «газ-повітря», засмічення газовихідних отворів, зупинка димососа або вентилятора, а також неправильні дії персоналу при регулюванні теплової потужності пальників.

Навіть незначні витоки газів в погано вентиляваному приміщенні можуть створювати вибухонебезпечні суміші.

Причинами аварій і несправностей котлів на хлібопекарських підприємствах найчастіше є: заводський брак в котлі, що не виявлений при внутрішньому огляді і гідравлічному випробуванні; незадовільний стан обладнання внаслідок неякісного монта-

жу або ремонту, а також через зношування або погану якість матеріалу, з якого виготовлені окремі вузли; відкладення накипу, міжкристалічна і хімічна корозія; технічна несправність показників рівня води, продувальної і поживної арматури, живильних і сигнальних пристроїв; порушення режиму роботи пальників; вібрація арматури, гарнітури і трубної системи котла.

Причинами загазованості і вибухів при розпалюванні пальників можуть також бути: неправильна установка або несправність запального пристрою; нещільність запірних пристроїв і помилки персоналу в фіксації їх положення; несправність способів вимірювання або неправильна оцінка їх показань; включення пальників при несправній або відключеній автоматиці контролю полум'я; зрив, відрив, проскакування полум'я.

Причинами згасання факела можуть бути: короткочасне припинення подачі газу; зрив полум'я при різкому зростанні розрідження в топці; зміна концентрації газу менше нижньої або більше верхньої меж займання; неправильна дія експлуатаційного персоналу при регулюванні теплової потужності пальників.

Пошкодження котлів, що призводять до вибуху: перевищення робочого тиску в котлі; спуск води з котла; зайва підпитка котла водою та її спінювання; надмірний перегрів окремих місць поверхонь нагріву в топці при великій довжині факела.

Постановка задачі. Проаналізувати ймовірні аварійні ситуації та аварії, кількісно оцінити масштаби зон ураження, їх наслідки при порушенні герметичності газопроводів заводської мережі, при гасінні полум'я в горілці парового котла у разі розгерметизації газопроводу природного газу в приміщенні виробничих печей.

Результати роботи. В якості об'єкта дослідження обрано газове господарство хлібопекарського підприємства, що включає систему газопроводів, котельню та виробничі печі. Функціями газового господарства є забезпечення природним газом підрозділів підприємства, а саме: котельні, що працюють на газовому паливі, та виробничі печі хлібного цеху.

Котли та печі обладнані системою автоматичного керування і регулювання, а також автоматикою безпеки, які забезпечують безаварійну роботу котлів та пальників. Подача газу на котел або піч негайно припиняється пристроєм захисту (здвоєний електромагнітний клапан) при: неприпустимому підвищенні або зниженні тиску газу; згасанні полум'я пальника; неприпустимому зниженні тиску повітря; зниженні рівня води в барабані парового котла (для котельні); відсутності тяги. Для безпечної експлуатації обладнання та газопроводів передбачено продувальні газопроводи.

В якості палива в газовому господарстві хлібопекарських підприємств використовується природний газ. Основним паливим елементом у складі природних газів є метан CH_4 , вміст якого в природному газі сягає 75-98%. Інші газоподібні сполуки вуглеводнів входять до складу газу в кількості від 0,5 до 10%. Нижча теплота згоряння сухого природного газу для більшості родовищ України становить 33600-35700 кДж/м³. Характеристики котельної наведено у табл.1. Деякі фізичні властивості метану наведено в табл.2.

Таблиця 1 – Характеристика котельної

Категорія вибухопожежної та пожежної небезпечності відповідно до НАПБ Б.03.002-2007	Класифікація зон всередині і зовні приміщення для вибору та встановлення електрообладнання		Група виробничого процесу за санітарною характеристикою (СНіП 2.09.04-87)
	Клас вибухонебезпечності або пожежної небезпеки за ПУЕ* (ДНАОП 0.00-1.32-01)	Категорія й група вибухонебезпечної суміші за ГОСТ 12.1.011-78	
Г	2	ПА-ГІ	2а

*ПУЕ – правила устаткування електрообладнання

Таблиця 2 – Фізичні характеристики метану [2]

Характеристики	Значення
Молекулярна маса	16,04
Щільність	0,7168 кг/м ³ при 0°C
Температура кипіння	-161,58°C
Коефіцієнт дифузії газу в повітрі	0,196 см ² /с
Теплота:	
- утворення	74,8 кДж/моль
- згорання	802 кДж/моль
Температура:	
- горіння	2043°C
- спалаху	645-800°C
- самоспалаху	537°C
Концентраційні межі поширення полум'я:	
- у повітрі	5,28-14,1% (об.)
- у кисні	5,1-61% (об.)
Максимальний тиск вибуху	706 МПа
Максимальна швидкість підвищення тиску	18 МПа/с
Нормальна швидкість поширення полум'я	0,338 м/с
Мінімальна енергія загорання:	
- у повітрі	0,28 мДж
- у кисні	0,0027 мДж

Порушення герметичності ділянки газопроводу небезпечно створенням вибухопожежонебезпечної ситуації і загазованості території, поблизу якої прокладено газопровід.

Найбільш вірогідним і поширеним варіантом порушення герметичності фланцевих з'єднань є відсутність герметичності між поверхнями прокладки і фланця. Такі порушення герметичності не становлять небезпеки на відкритому майданчику, так як природний газ легший за повітря і при незначних витоках не здатний накопичуватися і створювати вибухонебезпечні газоповітряні суміші.

Велику небезпеку становить так зване «видавлювання» прокладки, тобто витік газу утворюється в результаті порушення цілісності прокладки і викиду сегмента прокладки з фланцевого з'єднання. Така ситуація можлива для фланцевих з'єднань трубопроводів та арматури природного газу з дефектною прокладкою. Витоки і викиди горючих газів, які відбуваються в разі «видавлювання» прокладок, небезпечні утворенням вибухонебезпечної суміші в районі витоку.

Порушення цілісності зварних швів може бути незначним (точковим або у вигляді невеликої тріщини), так звані «свищі» і, навпаки, з повним або частковим руйнуванням зварного шва.

Руйнування зварних швів обумовлені наявністю внутрішніх напружень в неправильно призначеному звареному шві і, як правило, трапляються під час зміни температури газопроводів. Руйнування зварних швів небезпечні інтенсивним витоком горючих газів з утворенням вибухонебезпечної газоповітряної суміші в районі витоку.

Порушення цілісності тіла труби або трубопровідної арматури можливе в результаті корозійного або утомного зносу металу, а також у разі неякісного виготовлення. Ступінь порушення цілісності може бути як незначним, що супроводжується витоком газу, нездатним утворити вибухонебезпечну газоповітряну суміш, так і вельми значним і небезпечним утворенням потужного факела або вибухонебезпечної хмари.

Руйнування газопроводу можливе в результаті зовнішнього механічного впливу під час проведення ремонтних робіт або аварії транспортного характеру. Механічні руйнування газопроводів і газової трубопровідної арматури відрізняються високою небезпекою, так як характеризуються значними викидами горючих газів, які можуть супроводжуватися утворенням потужного факела або вибухонебезпечної хмари.

Виникнення ініціатора вибуху або пожежі може статися з наступних причин: порушення правил пожежної безпеки; виконання ремонтних робіт іскроутворюючим інструментом; проведення вогневих робіт.

У разі порушення герметичності ділянки трубопроводу відбудеться викид газу, який може призвести до утворення пожежовибухонебезпечної суміші газу з повітрям, вибуху або пожежі з утворенням факела. Вибух суміші газу з повітрям або масштаби пожежі, утворення вогняного факела, можливі тільки при наявності зовнішнього ініціатора.

Обсяг газу, який видаляється, залежить від розмірів отвору, що утворився при порушенні герметичності газопроводу, тривалості виходу газу з отвору і надлишкового тиску в ушкодженому трубопроводі.

Розглядаючи причини порушення герметичності ділянки газопроводу природного газу, слід зазначити, що в трубопроводі в процесі його експлуатації не створюється такий тиск, що здатний призвести до порушення герметичності трубопроводу по тілу труби. Тому найбільш ймовірним порушенням герметичності газопроводу з причини виходу технологічних параметрів за межі критичних значень слід вважати порушення герметичності фланцевих з'єднань і сальникових ущільнень запірної арматури.

Порушення герметичності ділянки газопроводу з причини корозійного зносу найбільш ймовірне в результаті впливу на нього ззовні (атмосферні фактори). В результаті помилок обслуговуючого персоналу, а також в результаті впливу зовнішніх факторів можливе руйнування трубопроводу природного газу по всьому перетину.

Ґрунтуючись на результатах обстеження об'єкта, очевидно, що аварія з руйнуванням трубопроводу по всьому перетину набагато менш ймовірна, ніж порушення герметичності по фланцевих з'єднаннях та сальникових ущільненнях арматури. Однак, така аварія найбільш небезпечна за своїми масштабами і тому кількісні характеристики аварії на трубопроводі природного газу розглядаються для випадку руйнування газопроводу по всьому перетину. Схему постадійного аналізу умов виникнення і розвитку аварії наведено в табл.3.

Таблиця 3 – Схема постадійного аналізу умов виникнення і розвитку аварійної ситуації (аварії) при розгерметизації ділянки газопроводу природного газу та при гасінні полум'я в горілці парового котла

Стадії розвитку аварійної ситуації (аварії)	Основний принцип аналізу умов виникнення аварійної ситуації (перехід на іншу стадію) та її наслідки	Засоби та заходи попередження, локалізації аварії
1	2	3
Порушення герметичності фланцевих з'єднань та сальникових ущільнень запірної арматури	Старіння матеріалу прокладки призводить до розшарування і руйнування фланцевих прокладок. Старіння матеріалу зварних швів призводить до утворення «свищів» та до розтріскування і руйнування швів.	Своєчасне, з використанням необхідних методів контролю, проведення огляду та випробувань газоліну. Ремонт та розвиток арматури. Дотримання графіку періодичних ремонтів.

Продовження таблиці 3

1	2	3
Помилки ремонтного та обслуговуючого персоналу	Обслуговуючий персонал в достатній мірі підготовлений та забезпечений експлуатаційно-технічною документацією. До помилок персоналу слід віднести порушення при ремонті та ревізії запірної арматури, при ущільненні фланцевих з'єднань.	Дотримання графіків періодичної перевірки знань персоналу, проведення інструктажів та підвищення кваліфікації прийнятих працівників. Контроль якості виконання ремонтних робіт.
Корозійний знос матеріалу	Враховуючи інертність природного газу, корозія газопроводу вірогідніша ззовні. Ступінь корозії контролюється періодичними оглядами.	Огляди, випробування і ревізія трубопроводів проводяться відповідно до нормативних вимог.
Дія зовнішніх факторів	Транспортні аварії, природні фактори.	Заздалегідь неможливо передбачити будь-які міри щодо попередження небезпечного впливу зовнішніх факторів.
Порушення герметичності ділянки газопроводу природного газу до газорозподільної підстанції	З метою попередження порушення герметичності газопроводу необхідно проводити його періодичні огляди і випробування згідно з нормативними вимогами.	Контроль технічного стану газопроводу. Своєчасне, з використанням необхідних методів контролю, проведення оглядів і випробувань.
Створення вибухонебезпечної концентрації. Вибух, пожежа. Руйнування будівельних конструкцій. Травмування людей.	Утворення вибухонебезпечної концентрації природного газу можливе при його вмісті в повітрі від 5 до 15%. Вибух суміші природного газу з повітрям можливий тільки при наявності джерела вибуху.	Необхідне негайне оповіщення диспетчера, охорони, керівництва і персоналу підприємства. Виклик підрозділів газової та пожежно-рятувальної служб, швидкої допомоги.
Вихід аварії за територію підприємства	Сила вибуху та його руйнівна дія залежить від кількості викидів, погодних умов і тривалості викиду від моменту руйнування до вибуху.	Необхідно негайне оповіщення керівництва і персоналу підприємства. Виклик підрозділів газової та пожежно-рятувальної служб, швидкої допомоги, рятувальних підрозділів, оперативної групи МНС.

Розрахунок радіусів зон руйнувань різного ступеня у разі вибуху суміші природного газу з повітрям проводився за затвердженою методикою [7]. Результати розрахунків радіусів руйнування і кількісна оцінка показників вибухонебезпечності при порушенні герметичності газопроводів заводської мережі, при гасінні полум'я в горілці парового котла, у разі розгерметизації газопроводу природного газу в приміщенні виробничих печей наведено в табл.4-6.

Таблиця 4 – Кількісна оцінка показників вибухонебезпечності при розгерметизації газопроводу

№ з/п	Найменування параметра, позначення	Од. вим.	Показник
1	Енергетичний потенціал вибухонебезпечності, E	кДж	626263
2	Відносний енергетичний потенціал вибухонебезпечності, Q_v	–	5,17
3	Загальна приведена маса пилу, m	кг	13,61
4	Троїловий еквівалент вибуху, W_T	кг	3,74
5	R_1	м	0,62
6	R_2	м	0,92
7	R_3	м	1,57
8	R_4	м	4,62
9	R_5	м	8,04

Таблиця 5 – Кількісна оцінка показників вибухонебезпечності при гасінні полум'я в горіщі парового котла

№ з/п	Найменування параметра, позначення	Од. вим.	Показник
1	Енергетичний потенціал вибухонебезпечності, E	кДж	11075
2	Відносний енергетичний потенціал вибухонебезпечності, Q_v	–	1,35
3	Загальна приведена маса пилу, m	кг	0,24
4	Троїловий еквівалент вибуху, W_T	кг	0,55
5	R_1	м	0,17
6	R_2	м	0,26
7	R_3	м	0,44
8	R_4	м	1,31
9	R_5	м	2,20

Таблиця 6 – Кількісна оцінка показників вибухонебезпечності при розгерметизації газопроводу природного газу в приміщенні виробничих печей

№ з/п	Найменування параметра, позначення	Од. вим.	Показник
1	Енергетичний потенціал вибухонебезпечності, E	кДж	43674
2	Відносний енергетичний потенціал вибухонебезпечності, Q_v	–	2,13
3	Загальна приведена маса пилу, m	кг	0,95
4	Троїловий еквівалент вибуху, W_T	кг	2,18
5	R_1	м	0,43
6	R_2	м	0,64
7	R_3	м	1,10
8	R_4	м	3,20
9	R_5	м	5,60

R_1 – радіус зони повного руйнування будівель і смертельної небезпеки для людей, на межі якої надлишковий тиск по фронту ударної хвилі, $\Delta P \geq 100$ кПа;

R_2 – радіус зони сильних руйнувань будівельних конструкцій, обвалення цегляних стін і смертельної небезпеки для людей, $\Delta P = 70$ кПа;

R_3 – радіус зони слабких руйнувань будівельних конструкцій, для відновлення яких потрібно їх часткове розбирання, і смертельної небезпечності для людей на відкритій місцевості, $\Delta P = 28$ кПа;

R_4 – радіус зони слабких руйнувань (руйнування віконних прорізів, покриттів) і важкого травмування людей на відкритій місцевості, $\Delta P = 14$ кПа;

R_5 – радіус зони часткового руйнування скління, нижній поріг ураження людей на відкритій місцевості, $\Delta P = 5$ кПа.

Висновки. 1. Основною складовою технологічного середовища хлібопекарських підприємств є природний газ, а також пара. Виходячи з цього, основними небезпеками є:

- загазованість топки печі і приміщення внаслідок розгерметизації газопроводу і згасанні полум'я пальника, що може стати джерелом вибуху і пожежі;

- викид пари і гарячої води при порушенні герметичності барабана або руйнуванні паропроводу, а також водяного контура котлів.

2. Чинники, що впливають на обладнання котельної, можуть бути внутрішніми і зовнішніми.

Внутрішні чинники:

- надмірне підвищення тиску і температури при порушеннях норм технологічного процесу;

- зміни рівнів в обладнанні вище або нижче обумовлених в регламенті;

- вибух газу в топці печі або в приміщенні;

- корозія металу.

Зовнішні чинники:

- пожежа поблизу обладнання;

- вибух поблизу обладнання;

- падіння предметів, що летять, включаючи літаки;

- землетрус.

3. Аналіз інформації про аварії в котельних показує, що вони (аварії) відбувалися із-за порушення норм технологічного режиму (тиск, температура, рівень води в котлі), вибухів всередині обладнання і на території виробництва.

4. У результаті аналізу технологічної схеми, обладнання, систем контролю і регулювання виявлено, що вони відповідають вимогам регламенту і нормам по проектуванню котельних і пічних установок, що працюють на газовому паливі, а саме:

- у разі згасання (обриву) полум'я в топках котлів або печей, розгерметизації газопроводу, зміні тиску газу, підвищенні тиску пари, що призводять як до загазованості топки котлів і приміщення, так і дії ударної хвилі, а також руйнування барабана, котельна і виробничі печі обладнані системою безпеки;

- котельна і виробничі печі забезпечені системою безпеки для відключення подачі палива до пальників при відхиленні параметрів безпеки за допустимі межі.

Аварії, пов'язані з подачею природного газу до пальників.

При виникненні даних аварійних ситуацій спрацьовує система автоматичного блокування по газу.

Механічне пошкодження, корозійний і втомний знос можливі в разі порушень термінів технічного огляду і неруйнівного контролю властивостей металу (діагностики), що у свою чергу можливо за відсутності контролю за термінами огляду і діагностики з боку Держгірпромнагляду.

Заходи, передбачені нормами і правилами по запобіганню механічному пошкодженню котлів і обладнання, випробування і огляд котлів і трубопроводів, значно знижують ймовірність порушення герметичності обладнання внаслідок зносу або під впливом зовнішніх чинників. Проте, оскільки стан котлів і допоміжного устаткування

багато в чому залежить від сумлінності обслуговуючого персоналу, повністю виключити можливість ушкоджень не можна.

Аварії, пов'язані з паровим середовищем.

Для створення даних аварійних ситуацій, при недотриманні термінів огляду і діагностики обладнання, потрібний збіг одночасно трьох причин: відсутність оператора, несправність живильних пристроїв, відсутність або несправність сигналізатора граничних рівнів і водовказівного приладу, що маловірогідно.

5. Відповідно до розрахунків аварії із вибухом газоповітряної суміші можуть виходити за межі підприємства, що несе загрозу поблизу розташованим будівлям і населенню.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / Бесчастнов М.В. – М.: Химия, 1991. – 360с.
2. Краткая химическая энциклопедия. Т.5. / гл. ред. Кнунянц И.Л. – М.: Советская энциклопедия, 1967. – 288с.
3. Дослідження пожеж: довідк.-метод. посіб. / [Степаненко С.Г., Білкун Д.Г., Яник Я.М., Тимошук Ю.Т.]. – К.: Пожінформтехніка, 1999. – 224с.
4. Файнхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Файнхельт Ф., Франкен П. – М.: Радио и связь, 1988. – 220с.
5. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики: справочник / Кузьмичев В.Е. – К.: Наукова думка, 1989. – 260с.
6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2 книгах / [А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н.Кравчук и др.]. – М.: Химия, 1990. – 496с.
7. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: НАОП 1.3.00-1.01-88. – М.: Металлургия, 1988. – 60с.

Надійшла до редколегії 01.12.2014.

УДК 613.81:663.41

ЛЕВЧУК К.О., к.е.н., доцент
РОМАНЮК Р.Я., к.т.н., ст. викладач

Дніпродзержинський державний технічний університет

ПІДЛІТКОВИЙ АЛКОГОЛІЗМ: ПРИЧИНИ, ОЗНАКИ ТА НАСЛІДКИ

Вступ. За рівнем споживання алкоголю українці є серед світових лідерів. Більше, ніж в Україні, п'ють, наприклад, в Угорщині, Шотландії, Росії і Молдові, де за різними оцінками вживають від 16 до 22 літрів алкоголю на душу населення за рік [1].

Щорічно українців стає менше приблизно на півмільйона. Близько 400 тисяч людей вмирають від серцево-судинних захворювань, які, в основному, є результатом нездорового способу життя і, перш за все, вживання алкоголю. Зміни виникають в організмі людини при вживанні будь-якої кількості алкоголю. Проте масштаби цих змін і їх наслідки залежать від кількості і частоти його вживання.

Дослідження показують, що 20% українців вживають алкоголь понад допустиму норму. Споживання починається в ранньому віці і збільшується з роками. Найбільша кількість осіб, що зловживають спиртним, виявлено в наймолодшій віковій групі – 18-29 років.

Думки наркологів стосовно безпечних доз алкоголю різняться. Європейські фахів-

ці вважають, що безпечний рівень коливається в межах 20-60 г на добу в перерахунку на чистий спирт для чоловіків і 10-40 г для жінок. Регулярне вживання алкоголю, що перевищує цю кількість, призводить до алкогольного отруєння організму. Більшість вітчизняних фахівців схильні вважати, що будь-яке регулярне вживання алкоголю вже є небезпечним [1, 2].

Улюбленим напоєм молоді є пиво. Незважаючи на заборону продажі алкогольних напоїв неповнолітнім особам, близько 50% молоді у віці від 14 до 18 років вже залучені до систематичного вживання алкоголю.

Систематичне вживання пива може викликати алкоголізм так само, як і інші спиртні напої. Особливістю є те, що його вживання викликає захворювання алкоголізмом в 3-4 рази частіше, ніж від іншого алкоголю. Хоча діагнозу «пивний алкоголізм» в Міжнародній класифікації хвороб не існує, під цим поняттям розуміють хворобливу тягу до пива.

Найпростішим способом, що запускає механізм деградації не тільки якоїсь окремої особистості, але й усього суспільства в цілому, є алкогольнозалежна молодь. Тому вивчення проблеми вживання алкоголю серед молоді на сьогодні є дуже актуальною і повинна турбувати не тільки батьків, педагогів, а й суспільство в цілому.

Постановка задачі. Метою роботи є аналіз причин, мотивів, що спонукають до вживання алкоголю, дослідження його впливу на організм людини, і, особливо, підлітка, а також надання рекомендацій, які будуть спрямовані на профілактику алкоголізму.

Результати роботи. Вивченням проблем алкоголізму присвячені роботи таких видатних вчених, як Ю.П.Лісіцина, П.І.Сидорова, Ц.П.Короленка, В.Ю.Зав'ялова, Б.Д.Карвасарського та інших.

Перші спроби вживання алкоголю здійснюються в ранньому підлітковому віці (близько 12 років), коли дитина є ще несформованою особистістю і не може повністю усвідомлювати всіх ризиків для свого здоров'я. Більш як 70% випадків першого вживання алкоголю неповнолітніми відбуваються з дозволу батьків. Тому існує проблема ставлення батьків до споживання алкоголю їх дітьми.

Під тиском реклами, ЗМІ та вже сталих традицій щодо споживання спиртного у підлітків формуються неправильні уявлення про алкоголь.

У формуванні алкогольної залежності вирішальну роль відіграють наступні фактори [3]:

- соціальні (культурний та матеріальний рівень життя, стреси, інформаційні перевантаження, урбанізація);
- біологічні (спадкова схильність). Біологічна схильність до алкоголізму може бути встановлена лабораторними методами;
- психологічні (психоемоційні особливості особистості, здатність до соціальної адаптації та протистояння стресам).

Хоча причини першої спроби алкоголю різноманітні, їх характерні зміни простежуються залежно від віку. До 11 років перше знайомство з алкоголем відбувається або випадково, або його дають «для апетиту», «лікують» вином, або ж дитина сама з цікавості пробує спиртне (мотив, властивий здебільшого хлопцям).

У старшому віці це частіше трапляється з традиційного приводу: «свято», «сімейне застілля», «гості» тощо. І хоча це відбувається за згодою батьків, у колі родини, все ж і таке прилучення дітей до алкоголю небезпечне. Адже варто раз доторкнутися до спиртного, як уже знімається психологічний бар'єр, і підліток вважає, що він вже має право випити з товаришами або, навіть, сам, якщо з'явиться привід.

Найбільш поширеними мотивами першої спроби вживання алкоголю є:

- бажання потрапити до певного кола однолітків, де споживання спиртного є звичайним явищем;
- бажання стати дорослішим;

- переконаність у тому, що це «модно» і «круто»;
- з метою розслабитися, розвеселитися, позбутись відчуття сором'язливості;
- споживання заради спілкування, солідарності з компанією;
- через тиск оточення;
- для «анестезії» від образи, горя або фізичного болю.

Найбільш схильними до алкоголізму є:

- підлітки з підвищеною біологічною сприйнятливістю до алкоголю;
- підлітки, в яких батьки страждають або страждали на алкоголізм;
- самотні діти або з неповних сімей;
- особи, схильні до депресій або вороже налаштовані до всього, що їх оточує;
- активні, імпульсивні, товариські підлітки, які прагнуть гострих відчуттів, якщо вони ростуть в обставинах «асоціальності» та спілкуються з тими, хто зловживає алкоголем.

Середньостатистичний українець починає свій «алкогольний стаж» у 14 років. 16% школярів і 33% студентів зловживають алкоголем. Кожен десятий українець, що вживає алкоголь, стає алкоголіком. За останні 10 років кількість осіб, що знаходяться в залежності тільки від пива, зросла в 10-12 разів.

Незважаючи на існуючу заборону продажі алкогольних напоїв неповнолітнім особам, в Україні вже приблизно 10,1% підлітків споживають пиво у віці до 16 років, а 36% – у віці 16-18 років (рис.1). На душу населення в Україні припадає щорічно біля 60 літрів пива.

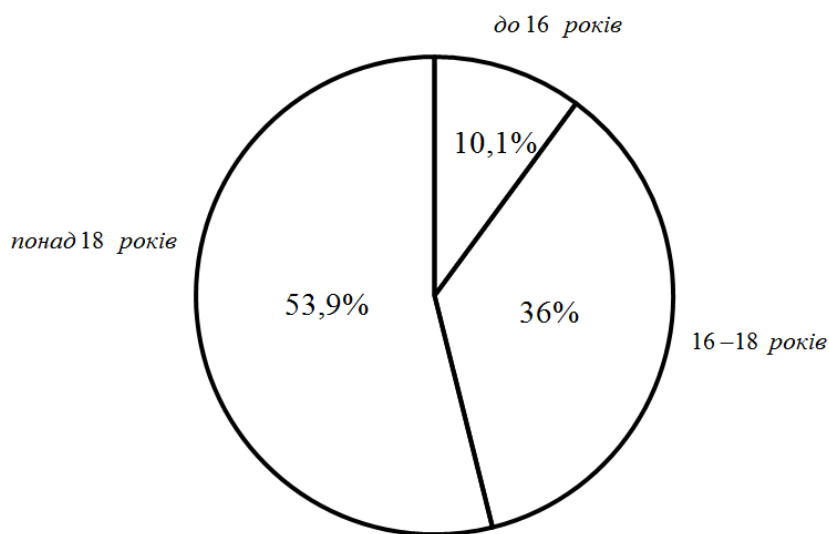


Рисунок 1 – Розподіл споживання пива серед різних вікових груп

Як показують численні дослідження, основними причинами початку споживання пива є власне рішення (45%) або вплив оточуючих (48%). Реклама майже не впливає на це рішення (до 2%) та на збільшення споживання і вибір торгової марки пива (рис.2).

Як видно з рис.2, майже 87% українців не зважають на рекламу пива, отже, її заборона не є основним інструментом зниження попиту на нього.

Канцлер Німеччини Бісмарк свого часу зауважив, що пиво робить людей ледачими, дурними і сексуально безсилями.

Небезпека пивного алкоголізму полягає в тому, що на ранніх стадіях захворювання складно діагностується, тому вмовити людину на лікування даного виду алкоголізму дуже проблематично.

Фармакологічна дія пива така, що воно сприяє відпочинку і заспокоєнню. Із пивом людина привчає себе не тільки до звичайної оп'янюючої дії алкоголю, але і до седативного засобу. Згодом людина без «пивного допінгу» не здатна почувати себе комфортно, знижується настрій, з'являється напруженість, порушується сон, погіршуються взаємини із близькими. Пиво стає звичкою. Однієї пляшки пива виявляється недостат-



Рисунок 2 – Вплив реклами на рівень споживання пива

полягає в тому, що перерва при регулярному вживанні пива може спричинити збільшення кров'яного тиску, відчуття туги і неспокою, лихоманку, безсоння. Цей стан можна полегшити лише медичною допомогою.

Психічна залежність полягає у прагненні відчувати стан сп'яніння, що витісняє всі інші інтереси, оскільки алкоголь стимулює в мозку «центр задоволення».

Соціальні наслідки алкоголізації підлітків проявляються, передусім, у прогулах занять, конфліктах з батьками, друзями, вчителями, додаються фінансові проблеми, що не може не впливати на соціальний стан особистості.

Крім залежності, пивний алкоголізм призводить до серйозних наслідків для здоров'я. Так, надмірне захоплення пивом призводить до порушень у роботі серця. Це проявляється в потовщенні його стінок, розширенні порожнин, некрозах в серцевому м'язі, зменшенні мітохондрії. Причиною цих явищ є кобальт, що присутній в пиві як стабілізатор піни. У пивних гурманів зміст цього токсину в серцевому м'язі в 10 разів перевищує норму. Окрім серця, кобальт згубно впливає на стравохід і шлунок, викликаючи в них запальні процеси.

Негативно впливає на роботу серця і велика кількість пива як рідини взагалі та його насиченість вуглекислим газом. Пиво переповнює кровоносні судини людини і веде до варикозного розширення меж серця і вен. Цей стан називають синдромом «пивного серця» або «капронової панчохи», оскільки серце стає в'ялим, провисає і починає погано качати кров.

Пиво впливає також і на гормональний баланс людини. Токсичні речовини і солі важких металів, які присутні в пиві, призводять до змін в ендокринній системі. У чоловіків, які постійно вживають пиво, пригнічується вироблення тестостерону – чоловічого гормону. В той же час збільшується вироблення жіночих статевих гормонів. Зовнішність чоловіка поступово змінюється – розростаються грудні залози, стає ширшим таз.

Пиво у великій кількості викликає загибель клітин головного мозку, призводить до порушення функцій спинного мозку, міокардіодистрофії, гастриту, панкреатиту, гепатиту, невротії, ураження зорового і слухового аналізаторів [1].

Пивний алкоголізм серед підлітків, окрім фізичної шкоди для зростаючого організму, завдає непоправної шкоди психіці молодих людей (провокує агресію, призводить до недоумства і зниження особистісних якостей підлітка).

ньо, збільшуються дози пива, з'являються алкогольні ексцеси, виникають провали пам'яті, з'являється похмільний синдром. Так формується пивний алкоголізм.

За офіційною статистикою серед тих, хто звертається за допомогою до наркологів, приблизно 15-20% дорослих та 1% підлітків страждають на пивний алкоголізм.

Систематичне вживання підлітком пива та інших алкогольних напоїв призводить до його психічної та фізичної залежності. Ця залежність тим важча, чим раніше підліток починає пити.

Фізична залежність

Алкоголізм, як і інші хвороби, можна попередити.

Внутрішня політика країни повинна бути спрямована на профілактику алкоголізму. Вона повинна виражатися в формуванні у громадян, особливо молоді, такого способу життя, при якому вживання алкоголю у великій кількості буде неприйнятним. Для цього молодь необхідно долучати до здорового способу життя і занять спортом.

Важливу роль у профілактиці відіграє поширення інформації про шкідливий вплив спиртного на людський організм, формування негативного ставлення до алкоголю з дитинства, розвінчання міфів про «зближуючі» властивості пива, заборона наглядової агітації алкоголю.

Особлива роль повинна відводитись батькам та вчителям, оскільки більше часу з підлітками проводять саме вони.

Батьки повинні більше спілкуватися зі своїми дітьми, пояснювати про вплив алкоголю на їх здоров'я, цікавитись життям підлітка, допомагати у формуванні відповідальності за свої справи та вчинки, підтримувати його самостійність, вчити протистояти тиску з боку інших людей, завжди знаходити щось позитивне у своїй дитині, хвалити та захочувати її, бути для дитини прикладом і намагатися якомога більше часу проводити разом.

Як показує досвід роботи з підлітками в сусідніх державах, коли ключовим елементом у профілактиці пияцтва і алкоголізму виступає пропаганда тверезості, тоді є найбільш ефективні результати. Аргументи на користь усвідомленого вибору тверезого способу життя, підвищення престижу тверезості, виховання, побудоване не на заборонах і залякуванні, а на прикладах відомих людей – найнадійніші форми антиалкогольного впливу. Особливо важлива умова успішності організації цього процесу в тому, що дорослі самі повинні бути зразком усвідомленої відрази пияцтва.

Однією з ефективних форм профілактичної роботи можуть бути тренінги в кабінетах "соціального волонтера". Вони проводяться спеціально підготовленими педагогами. Завданням є підготовка найбільш активних молодих людей, ведучих тверезий і здоровий спосіб життя, до роботи з однолітками і молодшими дітьми по профілактиці тютюново-алкогольно-наркотичної залежності.

Висновки. Незважаючи на відсутність в міжнародному класифікаторі хвороб діагнозу «пивний алкоголізм», суть захворювання від цього не змінюється – патологічна тяга до алкоголю в будь-якому вигляді. Пивний алкоголізм розвивається за законами звичайного алкоголізму і має такі ж симптоми, як і у випадку звичайної алкогольної залежності.

Наслідками цієї залежності є серцеві захворювання, пов'язані зі збільшенням порожнини серця, зменшенням мітохондрій, некрозом серцевого м'яза, а також варикозне розширення вен, проблеми з нирками, печінкою тощо. Пивний алкоголізм серед підлітків, крім фізичної шкоди для зростаючого організму, завдає непоправної шкоди психіці молодих людей, призводить до недоумства і зниження особистісних якостей людини.

Багато молоді помилково вважає, що вживання алкоголю допомагає знайти друзів і подруг, стати більш впевненим у собі, подолати свої комплекси і добре провести час. Тому профілактика підліткового алкоголізму зводиться, в першу чергу, до розвінчання міфу про «зближуючі» властивості пива і формування реалістичного погляду на алкоголь.

Особливо важлива умова успішності організації цього процесу в тому, що дорослі самі повинні бути зразком усвідомленої відрази пияцтва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стан та чинники здоров'я українських підлітків / О.М.Балакірева, Т.В.Бондар, О.Р.Артюх [та ін.]. – К.: ЮНІСЕФ, 2011. – 172с.

2. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності: підручник / Є.П.Желібо, В.В.Зацарний. – К.: Каравела, 2006. – 288с.
3. Ярошевська В.М. Безпека життєдіяльності: підручник / В.М.Ярошевська. – К.: ВД «Професіонал», 2006. – 560с.

Надійшла до редакції 09.10.2014.

УДК 543.4

ПОЛЯНЧИКОВ О.І., к.т.н., доцент
КІЗИМШИНА Т.О., зав. лабораторії

Дніпродзержинський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ ТА ПОРІВНЯННЯ З ЇХ ВМІСТОМ В ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ І ПОВІТРІ

Вступ. В м. Дніпродзержинську широко розвинута металургійна промисловість і інші виробництва, які пов'язані з переробкою металів. Тому на екологічний стан навколишнього середовища значно впливають важкі метали, які є одними із найбільш небезпечних токсикантів. Важкі метали – це елементи періодичної системи елементів Д.І.Менделєєва з відносною молекулярною масою більше 50. До важких елементів відносяться більш, ніж 40 елементів, такі як Pb, Zn, Cd, Hg, Mo, Cr, Mn, Ni, Sn, Co, Cu. Найбільш небезпечними з них є ртуть, кадмій, свинець [1].

Важкі метали можуть проникати у організм людини з продуктами харчування, повітрям (пиллом), водою. Вони здатні утворювати стійкі комплекси з органічними речовинами, випадати в важкорозчинні осадки у водоймі та потім знову переходити в розчин, накопичуватися в тканинах рослин, тварин і людини, змінювати тривимірну структуру білків, що призводить до пошкоджень генетичного коду. Крім накопичування в харчових ланцюгах, існує особливий, ще недостатньо вивчений тип накопичування, коли кумуляція окремого елемента здійснюється вибірково якою-небудь тканиною або органом.

Постановка задачі. Метою даної роботи є дослідження впливу вмісту важких металів у деяких продуктах харчування і об'єктах навколишнього середовища з їх вмістом у організмі людини. З точки зору простоти відбору біологічного матеріалу для дослідження в якості такого об'єкту нами вибрано волосся людини.

Результати роботи. Підготовка матеріалів до аналізу. Проби для аналізу готували методом мокрого озолення послідовного кип'ятінням з розведеними 1:1 нітратною кислотою і концентрованим розчином перекису водню.

Визначення металів проводилося засобом атомно-абсорбційної спектrophотометрії з полум'яною атомізацією проби. Для отримання полум'я використовували газову суміш ацетилен-повітря. Виміри виконувалися на атомно-абсорбційному спектrophотометрі С-115-М1 з лампами з порожнистими катодами на елементи Fe, Zn, Cu, Co, Mn, Cd, Pb відповідно. Аналітичні лінії спектrophотометра при визначенні кожного елемента наведено у табл.1 [2].

Таблиця 1 – Аналітичні лінії спектrophотометра при визначенні кожного елемента

Елемент	Fe	Zn	Cu	Co	Mn	Cd	Ni
Довжина хвилі, нм	48,3	213,9	324,7	240,7	279,5	228,8	232

Для побудови калібрувальних таблиць [2] стандартні розчини для Феруму, Цинку, Купруму, Плюмбуму готувалися безпосереднім розчиненням цих металів в нітрат-

ній кислоті, для Мангану – з $MnCl_2 \cdot 4H_2O$; для Кобальту – з $CoCl_2 \cdot 6H_2O$; для Кадмію – $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ [2]. Усі реагенти мали кваліфікацію ч. д. а.

Нами проаналізовано вплив на вміст важких металів у волоссі людини її віку, а також деяких умов харчування і якості навколишнього середовища. Як було показано вище, основними джерелами проникнення важких металів в організм людини є продукти харчування, повітря (точніше – пил) і вода. З продуктів харчування нами вибрано ті продукти, які, за літературними даними, накопичують важкі метали. Це гриби і риба, а в рибі – зябра і м'ясо голови.

Найбільш частіше людина вдихає пил повітря, де мешкає і працює. Найбільш показово, на наш погляд, характеризує і якісно, і кількісно склад пилу, який знаходиться у повітрі оселі, де мешкає людина, пил, який збирається пилососом. Тому в якості об'єкта дослідження і взято пил з пилососу після прибирання оселі одного з громадян (62 роки), який досліджувався. Природно, що кількість важких металів, які надходять з пилом у організм людини, залежить як від їх вмісту в пилі, так і від вмісту пилу в повітрі.

Оскільки волосся для аналізу бралось з громадян, які працюють біля першого корпусу Дніпродзержинського державного технічного університету (ДДТУ), тому і в-личний пил для аналізу брався біля першого корпусу університету.

Об'єкти досліджень і результати аналізів наведено у табл.2 і на рис.1.

Таблиця 2 – Вміст важких металів в об'єктах дослідження

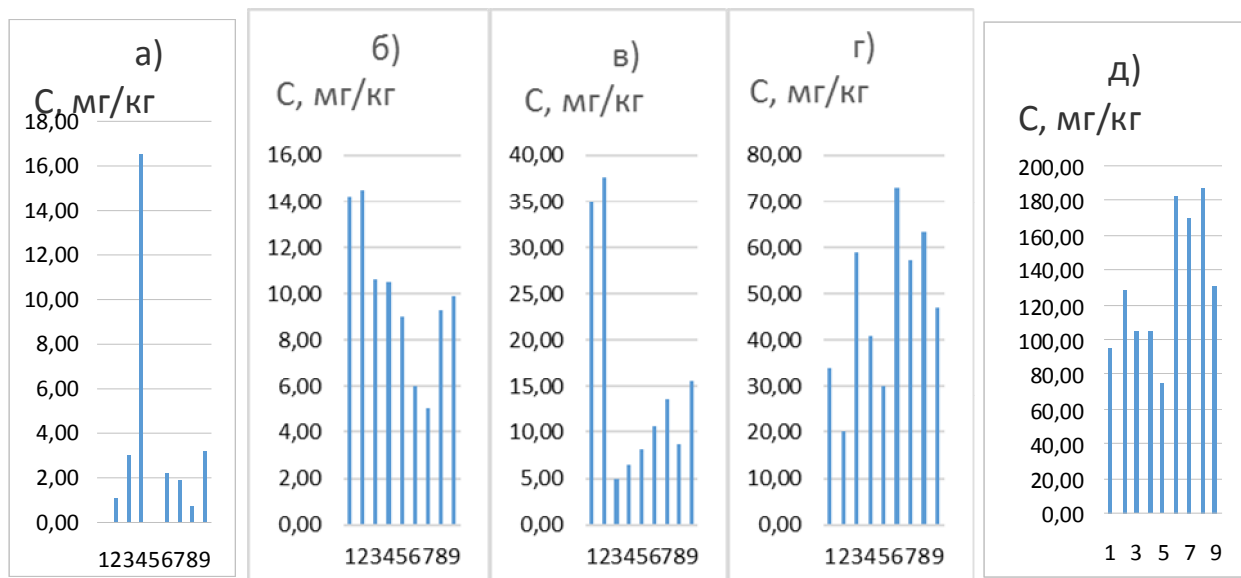
№ з/п	Характеристика об'єкта дослідження	Вміст важких металів, С (мг/кг)							
		Pb	Mn	Cu	Co	Ni	Cd	Zn	Fe
1	Волосся, жінка 50 років	6,0	2,2	10,6	-	-	-	183	73
2	Волосся, жінка 31 року	9,0	-	8,1	-	-	-	75	30,0
3	Волосся, чоловік 62 років	5,0	1,90	13,5	-	-	-	170	57,3
4	Волосся, хлопчик 14 років	10,6	3,0	4,9	-	-	-	105	58,8
5	Волосся, хлопчик 14 років	10,5	16,5	6,5	-	-	-	105	41,0
6	Волосся, чоловік 76 років	9,3	0,75	8,7	-	-	-	187	63,4
7	Волосся, хлопчик 4 років	14,2	-	35	-	-	-	95	34
8	Волосся хлопчик 11 років	14,5	1,1	37,6	-	-	-	129	20,0
9	Гриби (м. Трускавець)	10,8	18,9	18,6	1,3	1,8	-	58	64
10	Гриби (м. Дніпродзержинськ, лівий берег)	11,8	1,9	19,1	0,62	0,55	-	52	33,5
11	Сигарети, мг*	0,36	1,35	0,2	0,05	0,012	0,01	0,5	8
12	Гриби консервовані	13,0	2,6	15	0,01	2,7	0,04	38	144
13	М'ясо риби	28	4	6,0	-	1,8	-	12	47
14	Зябра	36	75	3,6	-	2,4	-	32	140
15	Пил з пилососу		98	285	9,6	24	1,8	435	3000
16	Пил біля ДДТУ (1-й корп.)		122	10,5	17	6	1,1	200	17300

*11 дослід – мг у пачці

На рис.1 наведено залежність вмісту важких металів (Mn, Pb, Cu, Fe, Zn), які знаходяться в волоссі у кількості, що перевищує нижню межу визначення атомно-абсорбційним методом, від віку людини.

Вміст марганцю коливається від 0,75 до 3 мг/кг, і лише в одному випадку його вміст значно вищий і сягає 16,5 мг/кг. Чіткої залежності від віку для марганцю не спостерігається і його вміст з досліджуваних металів найменший.

Вміст **свинцю** з віком поступово зменшується, хоча це зменшення незначне. Спостерігається відхилення від цієї залежності для вмісту свинцю у людини віком 76 років, хоча воно і знаходиться в середині інтервалу, в якому змінюється вміст свинцю, і практично співпадає з середнім вмістом свинцю у волоссі для громадян, які досліджувалися.



метали: а) – Mn; б) – Pb; в) – Cu; г) – Fe; д) – Zn;

вік людини: 1 – 4; 2 – 11; 3 – 14; 4 – 14; 5 – 31; 6 – 50; 7 – 62; 8 – 76; 9 – середнє значення

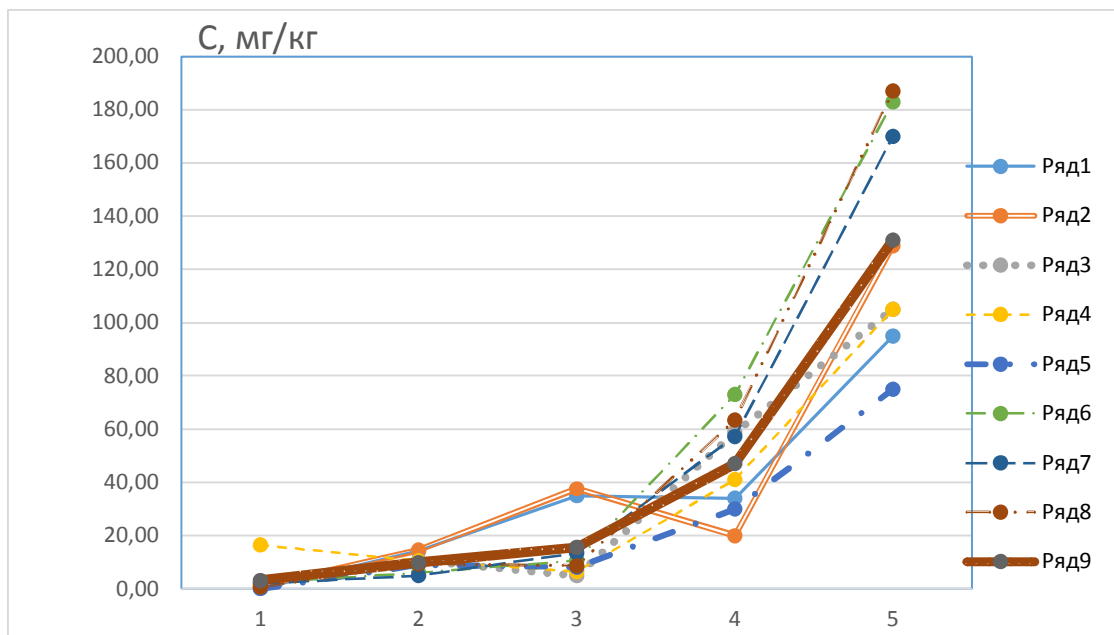
Рисунок 1 – Залежність вмісту металів від віку людини

Для **міді** спостерігається коливання вмісту від 4,9 до 37,6, причому для малечі має місце значне перевищення вмісту міді, ніж у інших, яке коливається в інтервалі 4,9-13,5, і завдяки чому середній вміст міді складає 15,6 мг/кг. Якщо не враховувати цього перевищення, то вміст міді з віком поступово збільшується, хоча і в незначній мірі. Також для людини 76 років має місце відхилення – 8,7 мг/кг від збільшення, хоча це значення і не виходить за межі 4,9-13,5 мг/кг.

Вміст **заліза** в пробах коливається від 20 до 73 мг/кг, а **цинку** – від 75 до 187 мг/кг і хоча як для цинку, так і для заліза мають місце деякі коливання, загальна залежність і в тому і другому випадку свідчить про збільшення вмісту цих металів з віком людини.

Загальний розподіл металів у волоссі наведено на рис.2. За винятком вже вказаних відхилень для міді у малечі загальні залежності в межах похибки аналізу ідентичні для кожного віку, і спостерігається, наприклад, деякий зв'язок між вмістом заліза і цинку – чим більший вміст цинку, тим більший і вміст заліза, хоча і в цьому випадку існують відхилення.

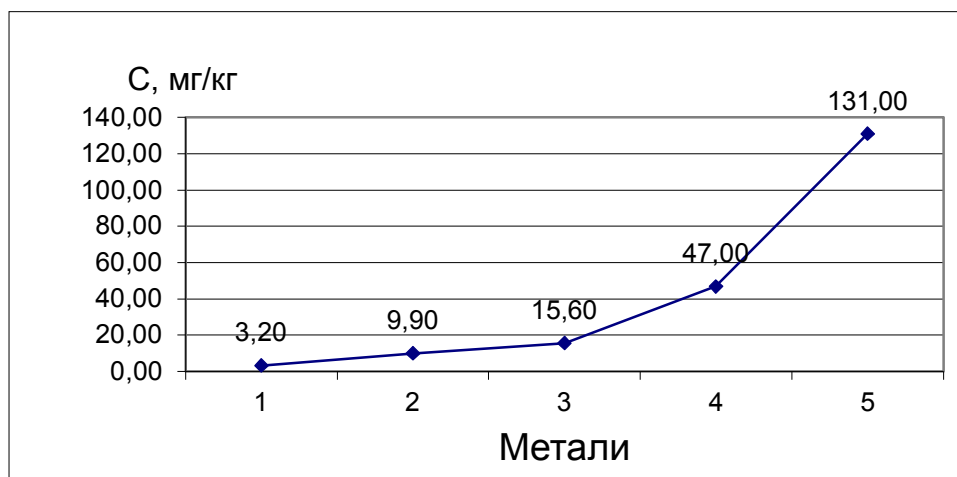
Для визначення розподілу важких металів за їх вмістом у волоссі людини нами розраховано середнє значення для вмісту кожного елемента. Зауважимо, що визначення такого показника в даному випадку є доцільним, оскільки в цілому він досить коректно, як видно з рис.2, характеризує вміст кожного металу. Цю залежність наведено на рис.3. Для марганцю, свинцю і міді середній вміст не перевищує 20 мг/кг. Вміст заліза складає в середньому 47 мг/кг, а вміст цинку є найбільшим і складає 131 мг/кг. Таким чином за вмістом у волоссі метали, які досліджувалися, можуть бути розміщені у такий ряд за збільшенням: Mn < Pb < Cu < Fe < Zn.



метали: 1 – Mn; 2 – Pb; 3 – Cu; 4 – Fe; 5 – Zn;

вік для рядів: 1 – 4; 2 – 11; 3 – 14; 4 – 14; 5 – 31; 6 – 50; 7 – 62; 8 – 76; 9 – середнє значення

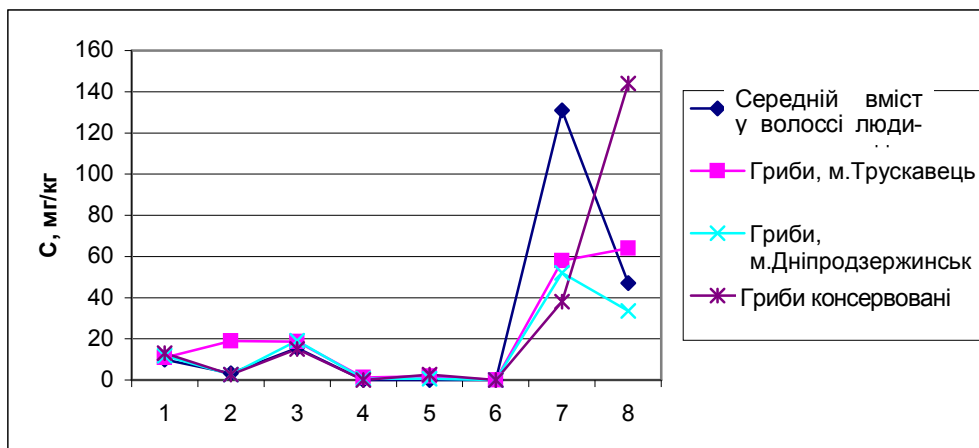
Рисунок 2 – Загальний розподіл металів у волоссі в залежності від віку людини



метали: 1 – Mn; 2 – Pb; 3 – Cu; 4 – Fe; 5 – Zn

Рисунок 3 – Середній вміст елементів у волоссі людини

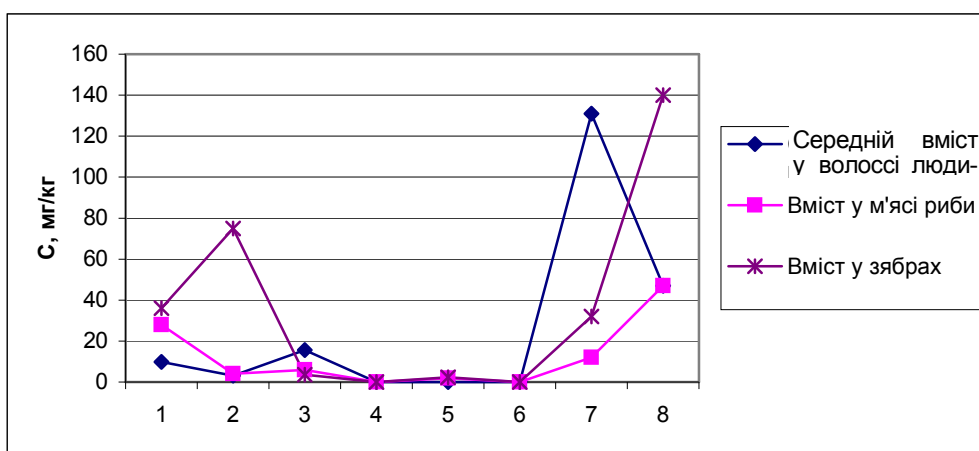
Наступним кроком аналізу було визначення вмісту важких елементів у продуктах харчування і їх зв'язок із середнім вмістом цих же елементів у волоссі людини. На рис.4 наведено вміст свинцю, марганцю, міді, кобальту, нікелю, кадмію, цинку і заліза у грибах, а на рис.5 – вміст цих же елементів у рибі – м'ясі і зябрах. Для зрівняння також наведено середній вміст цих же елементів у волоссі. Звертають на себе увагу такі моменти. По-перше, в грибах з м. Трускавця значно вищий за інші зразки вміст марганцю, приблизно на порядок. По-друге, вміст заліза в консервованих грибах – 144 мг/кг – значно вищий, ніж у інших грибів – 64 і 33,5 мг/кг, що зрозуміло. Збільшений вміст заліза може бути поясненим розчиненням заліза за рахунок пошкодження покриття бан-



метали: 1 – Pb; 2 – Mn; 3 – Cu; 4 – Co; 5 – Ni; 6 – Cd; 7 – Zn, 8 – Fe

Рисунок 4 – Вміст металів в грибах і у волоссі

ки. По-третє, розподіл свинцю, міді, кобальту, нікелю, кадмію і цинку приблизно однаковий у всіх пробах грибів. По-четверте, порівняння вмісту цих металів у грибах з їх середнім вмістом у волоссі показує, що для всіх елементів, крім цинку, їх вміст у грибах і волоссі (за винятком марганцю для м. Трускавця і заліза для консервованих грибів) практично співпадають як якісно, так і кількісно. Звертає на себе увагу значне відхилення середнього вмісту цинку у волоссі – 131 мг/кг – від його вмісту у грибах – 38-58 мг/кг.



метали: 1 – Pb; 2 – Mn; 3 – Cu; 4 – Co; 5 – Ni; 6 – Cd; 7 – Zn, 8 – Fe

Рисунок 5 – Вміст металів у рибі і у волоссі

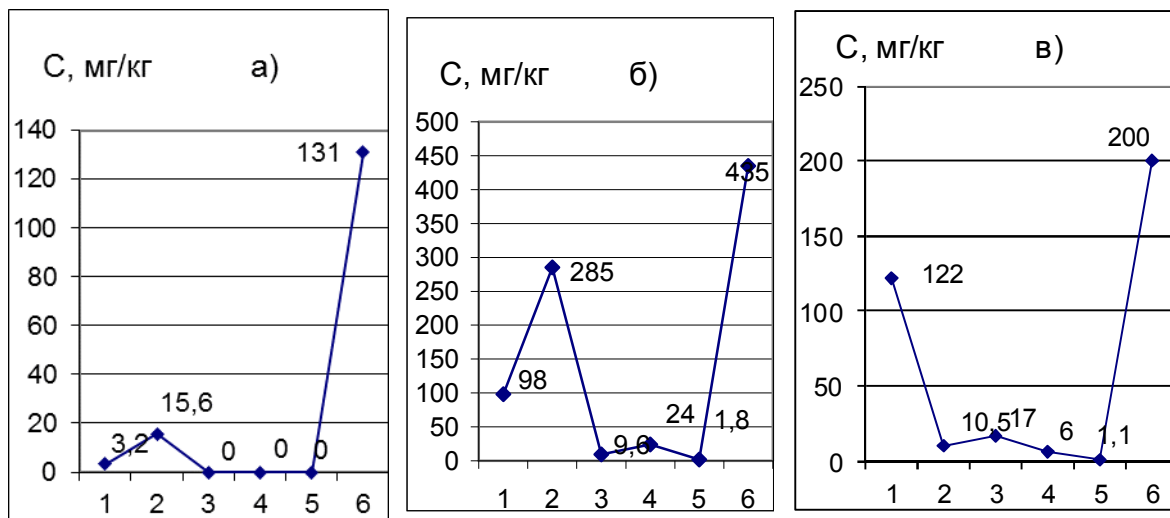
Аналіз рис.5 показує наступне. По-перше, вміст свинцю в рибі значно вищий, ніж у волоссі. Це можна пояснити тим, що взятий для аналізу зразок риби – карась – в основному живиться їжею з дна, а на водоймищах, внаслідок мисливської діяльності, знаходиться дріб. Потрапляючи у шлунок риби, вона, хоч і в незначній мірі, розчиняється, тому і перевищує середнє значення вмісту свинцю у волоссі. По-друге, вміст марганцю у зябрах значно вищий, ніж у м'ясі і в середньому у волоссі. Також значно вищий вміст заліза в зябрах, що свідчить про можливість накопичування цих елементів у зябрах, і цілком зрозуміле попередження, що при приготуванні риби зябра треба вилу-

чати. Цю ж рекомендацію можна віднести і до голови в цілому, хоча і не так категорично, як до зябер.

Особливу увагу починає привертати той факт, що середній вміст цинку у волоссі значно вищий, ніж у рибі, як і для грибів. Якщо в зябрах вміст цинку складає 32 мг/кг, то у волоссі його вміст – 131 мг/кг. За винятком зазначених особливостей розподіл інших елементів що в продуктах харчування, що у волоссі приблизно однаковий.

Порівняння середнього вмісту важких елементів з їх вмістом у пилі наведено на рис.6.

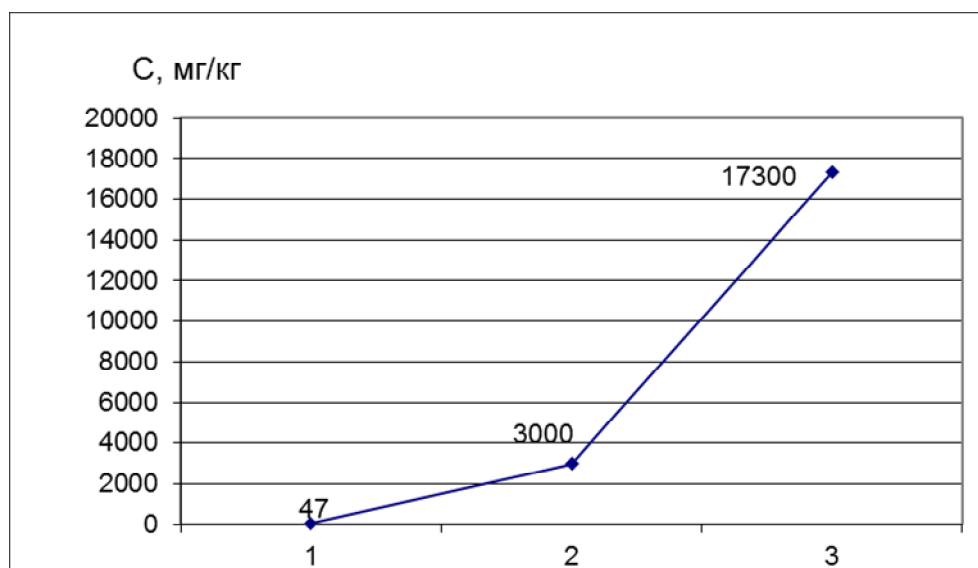
Як видно з табл.2, вміст заліза в пилі значно перевищує його вміст у волоссі і вміст усіх інших елементів в об'єктах дослідження, тому цю залежність окремо наведено на рис.6, 7.



метали: 1 – Mn; 2 – Cu; 3 – Co; 4 – Ni; 5 – Cd; 6 – Zn;

а) – у волоссі; б) – в пилі пилососа; в) в пилі біля ДДТУ (1-й корп.)

Рисунок 6 – Середній вміст металів



1 – у волоссі; 2 – в пилі пилососа; 3 – в пилі біля ДДТУ (1-й корп.)

Рисунок 7 – Вміст заліза

Як видно з рис.6, якісно середній вміст елементів марганцю, міді, кобальту, нікелю, кадмію, цинку у волоссі ідентичний їх вмісту у пилі з пирососа, хоча кількісно вони відрізняються. Ця різниця найбільша для марганцю і міді і значно менша для цинку. Вміст кобальту, нікелю і кадмію в перерахунку на вміст пилу у повітрі також буде незначним, чим і пояснюється відсутність цих елементів у органі людини, який досліджувався. Приблизно така ж залежність характерна і для вуличного пилу, але вміст міді у вуличному пилі значно менший, більш ніж на порядок, і складає біля 10 мг/кг, хоча більший вміст марганцю, ніж у пилі з пирососа. Вміст кобальту, нікелю і кадмію приблизно такий, як і у пилі з пирососа. Вміст цинку, як і в першому випадку, значний, хоча і менший, і складає 200 мг/кг. Це свідчить однозначно про те, що джерелом забруднення організму людини цинком є пил. Крім того, можна з великою долею вірогідності зазначити, що цинк має досить велику спроможність накопичуватися в організмі людини і відіграє велику роль у обміні речовин.

Незважаючи на значну кількість міді в пилі пирососа і марганцю в вуличному пилі, їх вміст у волоссі досить незначний і складає відповідно 15,6 і 3,2 мг/кг. Це свідчить про низьку спроможність цих елементів накопичуватися у організмі людини. Така властивість відмічається і для заліза, середній вміст якого у волоссі складає 47 мг/кг, у пилі з пирососа – 3000 мг/кг і у вуличному пилі – 17300 мг/кг (рис.7). Не дивлячись на значний вміст заліза у пилі, приблизно на порядок більший, ніж цинку, його вміст у волоссі приблизно втричі менше, ніж цинку.

Висновки.

1. Вміст міді, заліза і цинку у волоссі людини має тенденцію з віком збільшуватися, хоча і в незначній мірі. Вміст свинцю незначно зменшується, а марганцю – залишається приблизно однаковим.

2. Вміст важких елементів у волоссі людини збільшується в наступній послідовності: $Mn < Pb < Cu < Fe < Zn$. Кількісно цей ряд характеризується цифрами: 3,2; 9,9; 15,6; 47; 131 мг/кг.

3. Середній вміст цинку у волоссі значно перевищує його вміст в продуктах харчування, які досліджувалися. Вміст цього елемента у пилі свідчить, що він є основним джерелом проникнення цинку у організм людини. Тому можна рекомендувати вологу приборку приміщень і запобігання, по можливості, знаходитися на вулиці у вітряну погоду. Також можна припустити, що цинк має велику спроможність накопичуватися у організмі людини.

4. Риба містить більше свинцю, особливо зябра, ніж інші продукти. Тому слід рекомендувати не вживати в їжу зябра.

5. Пил з пирососа і вуличний пил містять, крім цинку, значну кількість міді, марганцю, заліза, і зменшення запилення в значній мірі буде сприяти зменшенню забруднення організму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мітрясова О.П. Хімічні основи екології / Мітрясова О.П. – К. – Ірпінь: ВТФ “Перун”, 1999. – 440с.
2. Артюшин А.Н. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / Артюшин А.Н. – М.: ЦИНАО, 1992. – 62с.

Надійшла до редколегії 26.01.2015.

Днепродзержинский государственный технический университет

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ СВАРКЕ

Введение. В настоящее время для оценки опасности в условиях производства широкое развитие получила концепция экологического риска, который является критерием частоты реализации опасности при воздействии на человека опасных и вредных факторов в рабочей зоне и позволяет количественно определить степень вреда для его здоровья.

В экономически развитых странах, исходя из социальных и экономических аспектов, законодательно установлено, что современные технические системы повышенной энергетической мощности должны иметь величину „принятого” или „предельно допустимого” максимального уровня риска гибели человека $R = 1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ и менее при всех видах воздействия на систему „человек - машина - окружающая среда”. Принятый риск служит компромиссом между уровнем безопасности и возможностями ее достижения [1].

Постановка задачи. Сварка находит широкое применение в различных отраслях промышленности и относится к числу вредных производств по санитарно-гигиеническим условиям труда. Количество выделяющихся сварочного аэрозоля и летучих соединений при сварке составляет до 150 г и более на 1 кг расплавленного электродного металла. Основными составляющими вредных выбросов являются оксиды железа (до 70%), марганца, кремния, хрома, фтористые соединения, а также оксиды азота, углерода и другие. По способу наиболее вредной является сварка покрытыми электродами и менее – автоматическая и механизированная.

Средняя продолжительность жизни сварщиков на 8-12 лет ниже средней продолжительности жизни мужчин по стране.

Основными условиями безопасного и высокопроизводительного труда сварщиков являются оптимизация технологических режимов, механизация и автоматизация сварочного производства, а также создание нормальных условий труда, соответствующих требованиям санитарно-гигиенических и других норм, в которых установлены классы опасности производств, веществ, предельно допустимых концентраций ПДК_{р.з.}, ПДК_{м.р.}, ПДК_{сс} и ОБУВ [2, 3].

Нормативный подход для оценки антропогенного влияния на биосферу с использованием ПДК не связан причинно-следственными связями с техносферой, и это не позволяет в полной мере оценить ущерб и потери общества из-за ухудшения окружающей среды и использовать экономико-социальные рычаги для управления экологической безопасностью.

Для численной оценки риска в основном используются статистические данные, фиксирующие свершившиеся факты, которые уже нельзя изменить, а тем более предотвратить. Использование экологического риска позволяет количественно оценить степень вреда для здоровья человека от концентрации ксенобиотиков в атмосферном воздухе.

Результаты работы. На основе концепции экологического риска оценивалось влияние качества атмосферного воздуха рабочей зоны на среднюю продолжительность жизни и изменение срока рабочего стажа сварщика при механизированной сварке MIG/MAG на форсированном режиме изделий машиностроения в смеси CO₂+O₂.

Основной металл – сталь 09Г2С, электродная проволока Св-08Г2С диаметром 2 мм, тип сварного шва ТЗ с катетом 6 мм, расход защитной смеси 17-20 л/мин. и скорость сварки 20 м/ч. Количество вредных веществ (ВВ), выделяющихся при сварке в смеси CO₂+O₂, составляет, г/кг: пыль (Fe₂O₃) – 7,48; сварочный аэрозоль (Fe₂O₃+6% MnO₂) – 9,70; MnO₂ – 0,50; Cr₂O₃ – 0,02; NO₂ – 14,0; СО – 14,0; O₃ – 0,02. Категория тяжести работы сварщиков – Пб. Выделяющиеся при сварке в атмосферный воздух рабочей зоны аэрозольно-пылевые фиброгенные и токсичные ксенобиотики отрицательно воздействуют на здоровье и продолжительность жизни сварщика.

Количество выбросов вредных веществ в воздух рабочей зоны при сварке определяется по формуле [3]:

$$Z = 1000 \cdot m \cdot Z_b, \text{ мг/ч}, \quad (1)$$

где m – масса наплавленного металла, кг/ч; Z_b – удельные выделения ВВ, г/кг.

Масса наплавленного металла шва

$$m = \alpha \cdot 10^{-3} \cdot I \cdot t, \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где α – коэффициент наплавки = 14-18 г/(А·ч); I – сила тока, А; t – время, ч.

$$m = 16 \cdot 10^{-3} \cdot 440 \cdot 1 \approx 7,0 \text{ кг/ч}.$$

Количество выбросов некоторых ВВ в воздух рабочей зоны:

а) сварочный аэрозоль:

$$Z = 1000 \cdot 7 \cdot 9,70 = 67900 \text{ мг/ч}.$$

Количество приточного воздуха, м³/ч:

$$L_{\text{пр}} = Z / \text{ПДК}_{\text{рз}} = 67900/4 = 17000 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (3)$$

б) диоксид азота, NO₂:

$$Z = 1000 \cdot 7 \cdot 8 = 56000 \text{ мг/ч}.$$

Количество приточного воздуха, м³/ч:

$$L_{\text{пр}} = Z / \text{ПДК}_{\text{рз}} = 56000/2 = 28000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Общее количество пыли, аэрозоля, оксидов металлов и газообразных экоплютантов, выделяющихся в воздух рабочей зоны, и их концентрации при сварке в смеси CO₂ + O₂ приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Масса и концентрация вредных веществ

Вещество	Класс опасности	ПДК _{рз} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	Выброс ВВ, мг/ч	Количество приточного воздуха, м ³ /ч	C _{рз} , мг/м ³
Пыль (Fe ₂ O ₃)	4	6,0	0,15	52500	8750	6,0
Fe ₂ O ₃ +6%MnO ₂	4	4,0	0,15	67900	17000	4,0
MnO ₂	2	0,30	0,10	3500	11700	0,3
Cr ₂ O ₃	3	1,0	0,01	140	140	1,0
NO ₂	2	2,0	0,04	56000	28000	2,0
СО	4	20,0	3,0	70000	3500	20,0
O ₃	1	0,10	0,03	140	1400	0,10
Всего	-	-	-	250180	70490	-

Данные табл.1 показывают, что при нормально работающей приточно-вытяжной и местной вентиляции концентрация выделяющихся ВВ в рабочей зоне $C_{pz} = ПДК_{pz}$. Кратность воздухообмена в сварочных цехах по санитарным нормам должна составлять $K=3-10 \text{ ч}^{-1}$ в зависимости от объема и производственной мощности цеха.

В результате нарушения технологии, неполадок в работе оборудования, систем вентиляции или аварий увеличивается воздействие ВВ на сварщика в течение рабочего стажа, что повышает экологический риск заболевания, сокращение средней продолжительности рабочего стажа и жизни.

Аэрозольно-пылевая фиброгенная нагрузка (АПФН) на сварщика, класс условий труда и допустимый стаж работы при повышении концентрации C_{cm} сварочного аэрозоля в рабочей зоне с 4,0 до 4,5 мг/м³ определяются согласно руководству [4]:

а) аэрозольно-пылевая фиброгенная нагрузка за 35 лет стажа при $C_{cm} = ПДК_{pz} = 4 \text{ мг/м}^3$:

$$АПФН = C_{cm} \cdot N \cdot T_k \cdot Q = 4 \cdot 251 \cdot 35 \cdot 7 = 245980 \text{ мг}, \quad (4)$$

где C_{cm} – фактическая среднесменная концентрация пыли или аэрозоля в зоне дыхания сварщика, мг/м³;

N – количество рабочих смен в календарном году;

T_k – количество лет контакта с АПФ веществами;

Q – объем легочной вентиляции за смену для категории тяжести работы Пб, равный 7 м³;

б) аэрозольно-пылевая фиброгенная нагрузка за 35 лет при $C_{cm} = 4,5 \text{ мг/м}^3 > ПДК_{pz}$

$$АПФН = 4,5 \cdot 251 \cdot 35 \cdot 7 = 276728 \text{ мг};$$

в) контрольная пылевая нагрузка

$$КПН_{35} = ПДК_{pz} \cdot N \cdot T \cdot Q = 4 \cdot 251 \cdot 35 \cdot 7 = 245980 \text{ мг}; \quad (5) \square$$

г) величина превышения $КПН_{35}$

$$\frac{\hat{E}\hat{I}\hat{I}_{35}}{\hat{E}\hat{I}\hat{I}_{35}} = \frac{276728}{245980} = 1,13. \quad (6)$$

Фактическая АПФН превышает $КПН_{35}$ за тот же период работы в 1,13 раза и согласно [5, табл.4.4, п.3.1] – *класс условий труда сварщика – вредный*.

д) допустимый стаж работы при повышении C_{cm} от 4 до 4,5 мг/м³

$$T_1 = \frac{\hat{E}\hat{I}\hat{I}_{35}}{\tilde{N}_{\hat{I}\hat{I}} \cdot N \cdot Q} = \frac{245980}{4,5 \cdot 251 \cdot 7} = 31,11 \text{ года}. \quad (7)$$

В данных условиях труда сварщик может проработать не более 31 года без значительных патологических изменений в организме.

Изменение допустимого рабочего стажа по сравнению с установленным 35 лет при увеличении концентрации ВВ при сварке в атмосферном воздухе рабочей зоны приведено в табл.2.

Уравнения полиномиальной аппроксимации линии тренда и расчета изменения рабочего стажа от концентрации ВВ в атмосферном воздухе рабочей зоны следующие.

Вещества АПФ действия:

Fe_2O_3 – пыль:

$$y = - 2,4325^2 + 20,414; \quad R^2 = 0,9987. \quad (8)$$

Fe₂O₃+6% MnO₂ – сварочный аэрозоль:

$$y = - 4,15x^2 + 25,33x; \quad R^2 = 0,9963.$$

Таблица 2 – Зависимость допустимого рабочего стажа от концентрации вредных веществ

Вещество	$\frac{ПДК_{рз}}{C_{см}}$, мг/м ³	Класс опасности	АПФ и токсичная нагрузка, мг*	КПН ₃₅	Превышение КПН ₃₅	Допустимый стаж работы, лет
Fe ₂ O ₃	6,0 / 6,5	4	368970 / 399718	368970	1,08	32
Fe ₂ O ₃ + +6%MnO ₂	4,0 / 4,5	4	245980 / 276728	245980	1,13	31
MnO ₂	0,30 / 0,35	2	18449 / 21523	18449	1,17	30
Cr ₂ O ₃	1,0 / 1,5	2	61495 / 92243	61495	1,50	23
NO ₂	2,0 / 2,5	3	122990 / 153738	122990	1,25	28
CO	20,0 / 25,0	4	1229900/1537375	1229900	1,25	28
O ₃	0,03/0,035	2	1845 / 2152	1845	1,17	30

* числитель – нагрузка при ПДК_{рз}; знаменатель – нагрузка при C_{см} > ПДК_{рз}

Вещества токсичного действия:

MnO₂ $y = - 615,88x^2 + 300,7;$ $R^2 = 0,9919.$

Cr₂O₃ $y = - 28,93x^2 + 62,828x;$ $R^2 = 0,8189.$

NO₂ $y = - 12,715x^2 - 43,022x;$ $R^2 = 0,9945.$

CO $y = - 0,125x^2 + 4,2517x;$ $R^2 = 0,9950.$

O₃ $y = - 61,588x^2 + 3007x;$ $R^2 = 0,9919.$

С целью нормализации санитарно-гигиенических условий труда сварщиков и качества атмосферного воздуха в цехах используются аэрация, общеобменная механическая приточно-вытяжная (ОПВВ) и местная вытяжная вентиляции (МВВ).

При использовании ОПВВ в цех необходимо подавать в среднем 14000-16000 м³ воздуха на одного сварщика. Потребляемая мощность вентилятора W≈7,5 кВт. При односменной работе в течение 251 рабочего дня (2002 ч) при 40-часовой рабочей неделе расход электроэнергии достигает 15015 кВт·ч, и при стоимости 1 кВт·ч = 1,10 грн. затраты составляют Z₁ ≈ 16517 грн./год.

Для нагрева 16000 м³/ч приточного воздуха в холодный период года (125 дней – 998 ч) на одного сварщика при расходе тепловой энергии 154 Гкал/чел·год и стоимости 1 Гкал ≈ 1000 грн. затраты составляют Z₂ = 154000 грн./год.

Ежегодные затраты при обслуживании 50 сварщиков на эксплуатацию системы ОПВВ и подогрев воздуха составляют:

$$Z_{1\text{ОПВВ}} = (Z_1 + Z_2) \cdot 50 = (16517 + 154000) \cdot 50 = 853085 \text{ грн/год.} \quad (9)$$

Дополнительные затраты с учетом снижения производительности труда при работе в условиях повышенной запыленности воздуха (в США они составляют 15%), выплаты по больничным листам и надбавки за работу во вредных условиях, выплаты пенсий людям, ушедшим досрочно по причине профзаболеваний (8-10% в год), на обучение персонала, заменяющего выбывших специалистов и ущерба, наносимого окружающей среде, составляют ≈ 50%.

С учетом этих затрат (κ = 50%) общие затраты на ОПВВ

$$Z_{\text{ОПВВ}} = \kappa \cdot Z_{1\text{ОПВВ}} = 1,5 \cdot 8530850 = 12796275 \text{ грн/год.} \quad (10)$$

Улучшению условий труда и снижению концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ВВ) при сварке способствует местная вытяжная вентиляция (МВВ), в которой применяются малогабаритные стационарные и передвижные энергосберегающие гибкие системы типа Carpyvac P150/150ACT, IPERJET, AFAflex 4F, WELDY, JET и другие с отсосом воздуха из зоны сварки, которые обеспечивают 75-80% эффективного улавливания вредных выделений и очистку на 90-95% удаляемого воздуха перед выбросом его в атмосферу.

Влияние снижения на 90% концентрации ВВ в воздухе рабочей зоны на рабочий стаж сварщика за счет установки устройств МВВ в цехе приведены в табл.3.

Таблица 3 – Зависимость рабочего стажа от снижения концентрации ВВ

Вещество	$\frac{\tilde{N}_{\text{нi}}^*}{\tilde{A}\tilde{E}_{\delta\zeta}}$, мг/м ³	Класс опасности	АПФН** и токсичная нагрузка, мг	КПН ₃₅	$\frac{\hat{E}\hat{I}}{\hat{A}\hat{O}\hat{I}}$ ₃₅	Допустимый стаж работы, лет
Fe ₂ O ₃	0,6 / 6,0	4	36897 / 367500	36897	0,10	35,0
Fe ₂ O ₃ + + 6%MnO ₂	0,4 / 4,0	4	24598 / 245980	24598	То же	То же
MnO ₂	0,03 / 0,30	2	1845 / 18375	1845	-«-	-«-
Cr ₂ O ₃	0,1 / 1,0	2	6150 / 61250	6150	-«-	-«-
NO ₂	0,2 / 2,0	3	12299 / 122500	12299	-«-	-«-
CO	2 / 20,0	4	122990 / 1229900	122990	-«-	-«-
O ₃	0,003/0,03	2	185 / 1845	185	0,10	35,0

* числитель – концентрация С_{см} при установке устройств МВВ;

** числитель – концентрация С_{см} < ПДК_{рз}; знаменатель – нагрузка при С_{см} = ПДК_{рз}.

Данные табл.3 показывают, что при установке устройств местной вытяжной вентиляции (МВВ) на всех постах цеха сварщик может проработать 35 лет без ущерба для здоровья.

При установке на всех сварочных постах цеха устройств МВВ общеобменной вентиляцией необходимо подавать не 16000 м³/ч, а только 1200 м³/ч воздуха на одного сварщика, что снижает затраты примерно в 13,5 раза, или на 50 сварщиков:

$$Z_B = (Z_1 / 13,3) \cdot \approx 1242 \cdot 50 = 62500 \text{ грн/год.} \quad (11)$$

Тогда для нагрева 1200 м³/ч приточного воздуха в холодный период года (125 дней) при расходе тепловой энергии 12 Гкал/чел·год и стоимости 1 Гкал ≈ 1000 грн., затраты на одного сварщика составляют 12000 грн/год, а на 50 сварщиков Z_н = 600000 грн/год.

Суммарные затраты на подачу и подогрев воздуха МВВ

$$Z = Z_B + Z_H = 62500 + 600000 = 662500 \text{ грн·год.} \quad (12)$$

Снижение затрат при переходе на подачу и подогрев воздуха МВВ

$$Z_{\text{пп}} = Z_{\text{опвв}} - Z_{\text{вн}} = 12796275 - 662500 = 12133775 \text{ грн/год.} \quad (13)$$

Устройство МВВ мощностью 2,0 кВт и производительностью 2000 м³/ч удаляемого загрязненного воздуха расходует при односменной работе на одного сварщика в течение 251 дня (2002 ч) 4002 кВт·ч электроэнергии, а на 50 сварщиков – 200100 кВт·ч при стоимости 1 кВт·ч = 1,10 грн.

Стоимость одного устройства МВВ ≈ 25000 грн., а 50-и устройств – $C_y = 1250000$ грн. и их монтажа $C_m \approx 166667$ грн.

Общие затраты на оборудование МВВ

$$Z_{2\text{МВВ}} = Z_3 + C_y + C_m = 200100 + 1250000 + 166667 = 1616767 \text{ грн/год.} \quad (14)$$

Суммарные затраты на установку и работу МВВ составляют:

$$Z_{\text{МВВ}} = Z_{1\text{МВВ}} + Z_H + Z_{2\text{МВВ}} = 61200 + 698400 + 1616767 = 2376367 \text{ грн/год.} \quad (15)$$

Это составляет 16,30% затрат от общих расходов на ОПВВ.

Экономическая эффективность от уменьшения количества воздуха, подаваемого ОПВВ и установки МВВ,

$$E = Z_{\text{ОПВВ}} - Z_{\text{МВВ}} = 12796275 - 2376367 = 10419908 \text{ грн/год,} \quad (16)$$

что составляет 81,43%.

Вредные вещества, выбрасываемые после сварки в атмосферу, оказывают негативное влияние на окружающую среду. Устройства МВВ снабжены фильтрами и катализаторами, которые на 90-95% улавливают сварочные аэрозоли, окисляют СО в СО₂ и разлагают NO₂, O₃ в молекулы N₂, O₂, не обладающие токсичностью, что снижает ущерб, наносимый человеку и природе.

Масса загрязняющих веществ, выбрасываемых в воздушный бассейн при сварке MIG/MAG в смеси СО₂+O₂,

$$M_i = [B \cdot 10^{-3} \cdot t (1 - \eta_i)] \cdot N, \text{ кг/год,} \quad (17)$$

где В – расход электродных материалов, кг/ч; K_m^x – удельный показатель выделения загрязняющего вещества «х» на единицу массы расходуемых материалов, г/кг; t – количество часов работы очистного аппарата, η – степень очистки воздуха в аппаратах МВВ; N – количество сварочных постов.

Масса выброса сварочного аэрозоля без установок МВВ

$$M_i = [7 \cdot 9,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2002] \cdot 50 \approx 6797 \text{ кг/год,}$$

а с установками МВВ и $\eta = 90\%$

$$M_{\text{МВВ}} = [7 \cdot 9,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2002(1 - 0,90)] \cdot 50 \approx 680 \text{ кг/год.}$$

Сбор за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками определяется по формуле [5]

$$P_{\text{ат}} = \sum_{i=1}^n (N_{\text{ип}} \cdot M_{\text{иф}} \cdot K_{\text{ип}}) \cdot K_T \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{ин}}, \quad (18)$$

где $P_{\text{ат}}$ – сбор за выбросы загрязняющих веществ, грн.; $N_{\text{иф}}$ – нормативы платы за фактические выбросы в атмосферу 1 тонны i-го загрязняющего вещества, грн./т; $M_{\text{иф}}$ – масса выброса в атмосферу i-го загрязняющего вещества, т/год; $K_{\text{ип}}$ – коэффициент кратности платы за превышение выброса в атмосферу i-го загрязняющего вещества, который для города составляет 5; K_T – коэффициент, учитывающий территориальные, экологические и социально-экономические особенности города:

$$K_T = K_{\text{нас}} + K_{\text{ф}},$$

где $K_{\text{нас}} = 1,35$ – коэффициент, зависящий от численности населения города;

$K_{\phi} = 1,25$ – коэффициент, учитывающий значение города, тогда

$$K_T = 1,35 \cdot 1,25 = 1,69;$$

K_{π} – коэффициент, учитывающий повышение оплаты за превышение выбросов;

$K_{инн} = 1,20$ – коэффициент индексации.

Плата за выбросы в атмосферу сварочного аэрозоля без МВВ

$$П_{ат} = \sum_{i=1}^n (130 \cdot 24,167 \cdot 5) \cdot 1,69 \cdot 1,2 = 26798,0 \text{ грн/год,}$$

с установкой МВВ и очисткой воздуха на 90% перед выбросом в атмосферу

$$П_{ат} = \sum_{i=1}^n [(130 \cdot 24,167 \cdot 5) \cdot (1 - 0,90)] \cdot 1,69 \cdot 1,2 = 2680,0 \text{ грн/год,}$$

Масса выбросов ВВ в атмосферу (2002 ч/год) до и после установки МВВ и плата за загрязнение атмосферы приведены в табл.4.

Таблица 4 – Масса выбросов и плата за загрязнение атмосферы

Вещество	Выбросы в атмосферу, кг/ч	Выбросы в атмосферу, кг/год	Плата за выбросы, грн.
Пыль (Fe_2O_3)	2,625 / 0,263	5255 / 525	2068 / 207
$Fe_2O_3 + 6\%MnO_2$	3,400 / 0,340	6797 / 680	86933 / 8693
MnO_2	0,175 / 0,018	350 / 35	4477 / 448
Cr_2O_3	0,007 / 0,0007	14 / 1,40	186 / 18
NO_2	2,800 / 0,280*	5606 / 561	74566 / 7457
CO	3,500 / 0,350*	7007 / 701	1368 / 137
O_3	0,007 / 0,0007*	14 / 1,40	681 / 68
Всего	12,399 / 1,252	25043 / 2504	170279 / 17028

числитель – без установки МВВ; знаменатель – с установкой МВВ и катализаторами для окисления NO_2 , CO и O_3 *

Снижение выплат за загрязнение атмосферы

$$\mathcal{E}_{ат} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 170279 - 17028 = 153251 \text{ грн/год, (90,0\%).} \quad (19)$$

Общая эколого-экономическая выгода от уменьшения количества воздуха, подаваемого ОПВВ, и применения МВВ с очисткой воздуха

$$E = (Z_{опвв} - Z_{мвв}) + \mathcal{E}_{ат} = (12796275 - 2376367) + 153251 = 10573159 \text{ грн/год,} \quad (20)$$

что составляет 82,63%.

Выводы. 1. Использование концепции экологического риска совместно с нормативными данными позволяет количественно оценить снижение средней продолжительности рабочего стажа и жизни сварщика в зависимости от степени загрязнения ксенобиотиками атмосферного воздуха рабочей и селитебной зон, а также наносимый ущерб здоровью и окружающей среде.

2. Ухудшение качества воздуха рабочей зоны снижает установленную продолжительность безопасного рабочего стажа на 3-13 и жизни – на 7-10 лет.

3. Применение малогабаритных стационарных и передвижных энергосберегающих гибких систем местной вытяжной вентиляции с очисткой воздуха и окислением токсичных веществ перед выбросом в атмосферу позволяет на 80-85% снизить общие за-

траты на комбинированную вентиляцию цеха, обеспечить эргономичные условия труда и уменьшить на 90-95% объем вредных выбросов в атмосферу.

4. Местная вытяжная вентиляция улучшает условия труда, способствует повышению производительности на 10-20%, снижению себестоимости продукции и улучшению экологической обстановки.

5. Комплекс мероприятий по применению концепции эколого-экономического риска при сварке позволяет кроме экономического также получить социальный эффект.

6. При разработке новых санитарно-гигиенических норм необходимо ввести критерий принимаемого экологического риска в нормативную базу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джигирей В.С. Безпека життєдіяльності / В.С.Джигирей, В.Ц.Жидецький. – Львів: Афіша, 2000. – 256с.
2. Беспаятнов Г.П. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспаятнов, Ю.А.Кротов. – Л.: Химия, 1985. – 177с.
3. ПДК вредных веществ воздуха рабочей зоны: гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03. – М., 2003. – 123с.
4. Безопасность производственных процессов: справочник / [С.В.Белов, В.И.Бринза, Б.С.Векшин и др.]; под ред. С.В.Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448с.
5. Яворский Б.М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов / Б.М.Яворский, А.А.Детлаф, А.К.Лебедев. – М.: Оникс, 2008. – 1056с.
6. Басиль Е.Е. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона / Е.Е. Базиль, С.А.Изотов, В.Д.Гогунский // Труды Одесского политехнического университета. – 1997. – Вып. 2. – С.133-136.
7. Гогунский Б.Д. Влияние светофорного управления на величину экологического риска / Б.Д.Гогунский, А.Е.Колесников, Я.Л.Курбанов // Труды Одесского политехнического университета. – 2002. – Вып. 2. – С.140-147.
8. Саноцкий И.В. Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений / И.В.Саноцкий, И.П.Уланова. – М.: Медицина, 1975. – 343с.
9. Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. – М., 1999. – 70с.
10. Постанова КМУ від 1.03.1999 р. № 303 „Про затвердження порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору” (із змінами та доповненнями у 2000-2002 р.р.). – К., 2002.

Поступила в редколлегию 15.12.2014.