

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію та автореферат

Хондак Інна Іванівна

### «ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ ПРИ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ ЗА РАХУНОК ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ»

на здобуття ступеню кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.26.01 – «Охорона праці»

#### **Актуальність обраної теми, зв'язок з науковими програмами**

Як свідчить статистика, в Україні 3,4 млн. осіб працюють в умовах з порушенням санітарно-гігієнічних норм. Зварювальні роботи відносяться до категорії особливо небезпечних як для самого зварника, так і для людей, що знаходяться в безпосередній близькості. Тому дуже важливо дотримання безпеки при підготовці та проведенні будь-яких видів зварювальних робіт. Існує ряд несприятливих факторів, здатних викликати порушення здоров'я при зварюванні: можливість ураження електричним струмом; пошкодження очей і поверхні шкіри в результаті впливу випромінювання електричної зварювальної дуги; попадання на тіло побічних продуктів зварювання і бризок розплавленого металу; висока ймовірність виникнення пожежі та вибуху; поразка дихальних органів отруйними випарами і газами.

У процесі зварювання частина зварювального дроту, покриттів, флюсів переходить у пароподібний та пилоподібний стан. Найбільш небезпечні для здоров'я зварювальників є пари марганцю, оскільки отруєння марганцем може викликати тривале і стійке ураження центральної нервової системи аж до паралічів. Гострі отруєння парами цинку і свинцю можуть викликати ливарну лихоманку, а отруєння хромовим ангідридом – бронхіальну астму. Тривале відкладання пилу в легенях може викликати пневмоконікози. Всі зазначені ураження виникають, якщо зварювання виконують з порушенням технологічних процесів, правил охорони праці, що стосуються забезпечення загальної та місцевої вентиляції, застосування індивідуальних засобів захисту (масок, респіраторів), а також у тісних, замкнених відсіках при недостатній вентиляції тощо. Тому представлена дисертаційна робота Хондак І.І. «Підвищення безпеки працівників при електродуговому зварюванні за рахунок вдосконалення заходів захисту» є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами.**  
Дисертаційна робота виконувалась згідно з Законом України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2695-ХІІ, Законом України «Про затвердження Загальнодержавної соціальної програми поліпшення стану безпеки, гігієни

*Вх. № 87-85/104*  
*19.04.2021*

праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки» від 4 квітня 2013 р. № 178-VII. Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані згідно з напрямком наукової діяльності кафедри безпеки праці та навколишнього середовища Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») та кафедри зварювання НТУ «ХПІ», відповідно до теми науково-дослідної роботи «Теоретичні і практичні основи збільшення надійності експлуатації ТЕС» (№ держреєстрації 0120U101658, 2020-2022 рр., рівень участі здобувача – виконавець).

**Ступінь обґрунтованості положень, висновків та рекомендацій, які сформульовано у дисертації, достовірність одержаних результатів.** Обґрунтованість положень та висновків обумовлена насамперед тим, що автор використовує як теоретичні, так і експериментальні методи дослідження. Основні результати експериментальних досліджень отримано на стандартному метрологічно повіреному обладнанні та за допомогою сучасних засобів вимірювальної техніки.

Достовірність одержаних результатів забезпечується високою збіжністю теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше встановлені закономірності утворення монооксиду вуглецю в процесі зварювання при виконанні робіт при різних режимах роботи систем вентиляції та при її відсутності, у тому числі в замкнутому просторі, побудовані математичні моделі залежності утворення концентрації чадного газу;

- вперше було застосовано елементи теорії надійності щодо побудови дерева відмов системи захисту людини від чадного газу і встановлено, що ризик отруєння чадним газом значно перевищує допустиму величину (10-6) при використанні шоломів захисту зварювальника, які не облаштовані системою контролю та сигналізації щодо наявності монооксиду вуглецю. Виявлено основні причини відмов елементів і визначено вихідні дані для розрахунку ймовірності відмови системи;

- вперше встановлено, що з трьох типів електродів, які найбільш розповсюджені на підприємствах при виконанні зварювальних робіт, найбільша концентрація зварювального аерозолу утворюється у робочій зоні при використанні електродів із основним покриттям, менше за всіх – з рутиловим. Дослідженнями доведено, що з трьох типів електродів менше зварювального аерозолу утворюється при роботі з рутилово-целюлозним покриттям. Встановлено, що при використанні електродів із рутиловим типом покриття через відповідний час (310-320 с) ці електроди стають більш небезпечними, чим основні, за кількістю утворень зварювального аерозолу;

- удосконалено методику дослідження утворення монооксиду вуглецю у робочій зоні зварювання з урахуванням систем вентиляції;

- вперше визначено ризик отруєння зварювальника монооксидом вуглецю за шкідливістю його утворення, при дослідженні трьох типів електродів, які розподілились таким чином (від найбільш небезпечного до практично безпечного): рутилово-целюлозні; основні; рутилові;

- вперше створено навчальну комп'ютерну програму комплексної оцінки впливу шкідливих виробничих чинників у робочій зоні в процесі зварювання, а саме: рівня шуму, температури повітря робочої зони, електромагнітних випромінювань, інфрачервоного випромінювання, ультрафіолетового випромінювання на зварювальника, а також запропоновані заходи щодо зменшення цього впливу.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати дисертації впровадженні:

- у виробничому структурному підрозділі «Харківське територіальне управління» філії «Центр будівельно-монтажних робіт та експлуатації будівель та споруд (БМЕС)» акціонерного товариства «Укрзалізниця» на дільниці із забезпечення виробництва ст. Безлюдівка в цеху з виготовлення бетону та розчинів, цементному складі підвального приміщення була апробована в промислових умовах захисна маска зварювальника, яка забезпечує ефективний захист обличчя людини від впливу електричної дуги, одночасно виявляє і вимірює чадний газ;

- у навчальному процесі на кафедрі «Охорона праці» Харківського національного університету радіоелектроніки у вигляді комп'ютерної програми «Зварювальник», за допомогою якої проводиться оцінка впливу шкідливих виробничих чинників в процесі зварювання, а саме рівня шуму, температури повітря робочої зони, ЕМВ, інфрачервоного випромінювання, ультрафіолетового випромінювання на зварювальника, а також запропоновані заходи щодо зменшення цього впливу;

- при виконанні реконструкції лабораторії зварювання у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», де було дослідженні у дисертації недоліки у системи припливно-витяжної вентиляції.

**Повнота викладу результатів дисертації у наукових виданнях.** Основні матеріали дисертаційної роботи повною мірою висвітлені в 17 друкованих працях, у тому числі: 1 колективній монографії, 6 статтях у наукових фахових виданнях України, з них 1 – у збірнику, включеному до наукометричної бази Index Copernicus, 1 – у збірнику, включеному до науко-метричної бази Scopus, 7 працях апробаційного характеру, 1 патенті України на корисну модель, 2 працях, які додатково відображають матеріали дисертації.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення дисертацій.** Дисертація складається зі

вступу, 4 розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел зі 118 найменувань. Загальний обсяг дисертації – 219 сторінок. Дисертація містить 63 рисунки, 22 таблиці, 5 додатків на 22 сторінках.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, мету і ціль завдання, предмет та об'єкт дослідження, наведено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено відомості щодо їх впровадження, апробації та публікацій.

**У першому розділі** проведено аналіз стану охорони праці в світі і Україні наведено, що значну частку професійних захворювань зварювальників становлять хвороби органів дихання і різні патології, пов'язані з вдиханням зварювального аерозолю, який містить небезпечну газову складову – монооксид вуглецю. Проаналізовані основні зварювальні процеси, які дозволили визначити причини виникнення шкідливих та небезпечних виробничих чинників під час зварювального процесу. Запропоновано класифікацію даних причин, відповідно до різних процесів зварювання. Зроблено аналіз професійних захворювань зварювальників, наведено способи та засоби їх захисту від шкідливих та небезпечних виробничих чинників на робочих місцях. Проведено аналіз умов праці на робочих місцях зварювальних ділянок який показав, що домінуючими шкідливими та небезпечними виробничими чинниками є підвищена концентрація зварювального аерозолю та підвищена концентрація чадного газу у повітрі робочих зон.

Наведено аналіз наукових матеріалів та інформації, який показав, що на сьогодні відсутні наукові дослідження щодо побудови математичних моделей вмісту чадного газу та зварювального аерозолю в повітрі робочих зон з урахуванням умов зварювання (електричного струму, часу, типу електрода та відстані до джерела). Встановлено, що є недостатньо ефективними засоби індивідуального захисту людини внаслідок відсутності одночасного захисту від електричної дуги, зварювального аерозолю, чадного газу та контролю його вмісту у повітрі робочої зони. З наведеної інформації визначено, що ризик отруєння чадним газом значно перевищує значення 10-6, яке на сьогодні є допустимим для технічних ризиків.

#### **Зауваження до розділу 1:**

1. На сторінці 33 дисертації наведено, що інтенсивність праці та параметри мікроклімату впливають на стан людини, яка працює в запиленому та загазованому приміщенні. При цьому посилена дихальна діяльність призводить до поглинання підвищених доз повітря, а разом із ним — шкідливих речовин; високі температури повітря посилюють шкідливу дію хімічних речовин на організм людини. У дисертації відсутня інформація щодо визначення інтенсивності праці та впливу її на стан здоров'я працівників.

2. Таблиця 1.1 наводить статистичні дані, які характеризують ризик

професійної захворюваності зварювальників, але вік працівників обмежено від 32 до 55 років. Чому тільки ці вікові категорії розглянуто?

3. На рисунку 1.1 показано основні види зварювання. Чому серед 11 видів зварювання було обрано для дослідження електродугове?

В цілому наведений аналіз дозволив визначити основні недоліки з охорони праці при виконанні зварних робіт, що дозволило автору сформулювати ціль та задачі досліджень.

У другому розділі наведено методи дослідження температури, атмосферного тиску, відносної вологості, швидкості руху повітря, штучного освітлення, окису сірки (IV), ЕМП, рівня шуму, концентрації чадного газу. Виконано попередні дослідження умов праці за стандартними методами. Показано необхідність додаткових облаштувань у приладах вимірювання з метою концентрування газу у просторі над зоною зварювання та визначення його концентрації, через його високу летючість.

#### Зауваження до розділу 2:

1. У таблиці 2.1 наведено результати дослідження зміни концентрації CO відповідно до часу експерименту 10, 20 та 30 с. Чому обрано саме такий часовий інтервал?

2. У розділі наведено дослідження мікрокліматичних параметрів на робочому місці зварювальника. Навіщо це було зроблено? Яким чином ці показники впливають на ЗА та СО?

3. Вважаю зайвим наведення досліджень шуму та освітлення, які не стосуються теми дисертації.

У третьому розділі наведено дослідження та результати забрудненості повітря робочої зони чадним газом і зварювальним аерозолем на ділянках зварювання довели необхідність комплексного рішення щодо їх зниження. Показано, що викиди зварювального аерозолю можуть потрапляти у зону дихання не тільки зварювальника, а також оточуючих при відсутності припливно-витяжної вентиляції та неефективній місцевій витяжній вентиляції.

Встановлено, що для того, щоб забезпечити допустимі умови праці зварювальнику безпосередньо в закритій робочій зоні необхідно встановити і припливну, і витяжну вентиляцію, щоб зварювальний аерозоль відсікався потужним потоком повітря.

Обґрунтовано обов'язкове використання індивідуальних засобів захисту та ефективних технічних приладів контролю концентрації чадного газу у зоні дихання працівника, при відсутності припливно-витяжної вентиляції.

Визначено необхідність проведення у процесі підготовки до зварювання вибору електродів з меншою кількістю забруднюючих викидів зварювального аерозолю у повітря робочої зони.

Наведено дерево відмов систем захисту від чадного газу. В результаті його

математичного аналізу були виявлені найбільш впливові елементи, складені альтернативні варіанти системи захисту і серед них обраний найбільш оптимальний варіант. Зроблена оптимізація дозволила знизити ймовірність відмови системи захисту втричі. Побудовано дерево відмов і наведено розрахункову формулу, щодо ймовірності відмови системи.

Визначено вплив окремих елементів на ймовірність відмови системи, виділені найбільш значущі елементи. Підтверджено доцільність використання для цього приватних похідних функцій ймовірності відмови системи.

У розділі розглянуто можливість керування ризиком шляхом оптимізації вибору найбільш значущих елементів і умов їх експлуатації. Запропоновано два варіанти постановки задачі з цільовими функціями і обмеженнями. Продемонстровано можливість досягнення позитивного ефекту в обох випадках.

Визначено, що утворення монооксиду вуглецю при ручному ЕДЗ призводить до ситуацій, коли ризик стає неприпустимо високим (більш  $R=300$  за методом Файн-Кінні), і означає існування високої загрози життю та здоров'ю зварювальників. Тому зварювальники повинні постійно контролювати наявність та концентрацію монооксиду вуглецю (чадного газу) у приміщенні, де відбувається процес зварювання, а також контролювати роботу систем вентиляції, щоб зменшити рівень ризику до мінімального показника ( $R \leq 10$ ).

Наведено аналіз математичних моделей процесу утворення та розповсюдження газу монооксиду вуглецю у робочому просторі зварювальника довела, що процес накопичення газу у приміщенні може мати як експоненційну залежність, так і лінійну та логарифмічну. Показано, що кожен із цих варіантів залежить від стану вентиляції приміщення, де відбувається процес зварювання, його розмірів, особистості електродів що використовуються, та експозиції самого процесу зварювання. При наявності та справної роботи вентиляції процес утворення чадного газу розвивається за логарифмічною формою, при її відсутності – за лінійною, що дуже небезпечно.

У розділі розглянуто та доведено, що для видалення і розрідження небезпечних газів та забезпечення припливу свіжого повітря повинна бути влаштована система примусової вентиляції не лише витяжної, а й припливної. Контроль стану повітряного середовища має продовжуватись у процесі всієї роботи.

Наведено результати дослідженого виділення зварювального аерозолі в залежності від типу електродів та шляхи по забезпеченню санітарних норм на робочих місцях.

Основні положення цього розділу викладені у публікаціях автора.

### **Зауваження до розділу 3:**

1. Розділ 3.2 на початку містить загальний огляд та рисунки 3.7 - 3.13, які ілюструють, але не використовуються далі у дослідженнях.
2. На сторінці 96, наведено, що інтенсивність подій розрахована за умови,

що ця величина залишається постійною в даних умовах експлуатації. Чи можна такий підхід застосовувати до усіх систем захисту людей від чадного газу? Треба надати пояснення.

3. У дослідженнях наведено інтенсивність подій щодо 5 робочих місць. А як вплине на інтенсивність подій збільшення або зменшення кількості робочих місць?

4. На сторінці 104 наведено, що ризик отруєння чадним газом значно перевищує припустиму величину  $10^{-6}$ . Яким чином визначається припустимий ризик? Як він відповідає гранично-припустимій концентрації газу?

У четвертому розділі дисертації за допомогою дерева відмов визначено ризик отруєння чадним газом, який значно перевищує значення  $10^{-6}$ , та який на сьогодні є допустимим для технічних ризиків. Наведені необхідні додаткові заходи та засоби захисту (зміна режиму роботи вентиляційної системи, колективні засоби сигналізації, евакуація).

Наведено розробку нової модифікації сучасної маски зварювальника, яка забезпечує адекватний і ефективний захист обличчя людини від впливу електричної дуги і одночасно виявляє і вимірює чадний газ, що дуже важливо для працюючого, особливо в замкнених приміщеннях.

Наведено розробку комп'ютерної програми, щодо питань комплексної оцінки впливу шкідливих виробничих чинників в процесі зварювання, а саме рівня шуму, температури повітря робочої зони, ЕМВ, інфрачервоного випромінювання, ультрафіолетового випромінювання на зварювальника, а також запропоновані заходи щодо зменшення цього впливу. Цю програму «Зварювальник» може бути використано в навчальному процесі в якості лабораторної роботи для студентів денної, заочної і дистанційної форми навчання в різних вузах України і буде цікавою для всіх, хто займається питаннями охорони праці та безпеки життєдіяльності, особливо процесами зварювання.

Наведено практичні результати впровадження одержаних результатів дослідження на виробництві.

#### **Зауваження до розділу 4:**

1. Необхідно було розрахувати взагалі ймовірність відмови каски з датчиком-сигналізатором зважуючи на кількість елементів, які використовуються для забезпечення її роботи.

2. На сторінці 171 наведено, що інтенсивність відмови доповненої системи захисту дорівнює  $P_5 = 0,0022$ . А надати пояснення до цього результату? Із чим його порівняти?

Додатки, що наведено у дисертації, не мають зауважень.

## Оцінка дисертаційної роботи

### Загальний висновок

1. Дисертаційна робота здобувача Хондак Інни Іванівни та тему «Підвищення безпеки працівників при електродуговому зварюванні за рахунок вдосконалення заходів захисту» є завершеною науковою роботою, в якій отримані нові науково- та практично-обгрунтовані результати. У роботі вирішено конкретну науково-технічну задачу – підвищення безпеки працівників-електрозварювальників шляхом удосконалення заходів та засобів захисту від негативного впливу аерозолів та моно оксиду вуглецю.

2. По своїй тематичній спрямованості представлена робота відповідає паспорту спеціальності 05.26.01 – Охорона праці.

3. Наведені недоліки не знижують наукове та практичне значення роботи.

4. Дисертація Хондак Інни Іванівни та тему «Підвищення безпеки працівників при електродуговому зварюванні за рахунок вдосконалення заходів захисту» повністю відповідає вимогам МОН України «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами від 19.08.2015 №656 щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Хондак Інна Іванівна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.26.01 – охорона праці.

Офіційний опонент

Заслужений діяч науки і техніки України,  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри безпеки життєдіяльності  
ДВНЗ «Придніпровська державна  
академія будівництва та архітектури»



Анатолій БЕЛІКОВ

підпис д.т.н., проф. А. Белікова засвідчую

Учений секретар вченої ради  
ДВНЗ «Придніпровська державна  
академія будівництва та архітектури»



Анастасія ГАЙДАР