

**ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ПО ТЕРМОРАДІАЦІЙНІЙ
НАПРУЖЕНОСТІ**

Шифр: ТЕПЛО

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Мета, завдання та методи дослідження.....	5
РОЗДІЛ 1. Розробка методики дослідження умов праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості.....	7
РОЗДІЛ 2. Результати дослідження умов праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості.....	14
ВИСНОВКИ.....	25
Список використаної літератури.....	26

ВСТУП

Згідно даних Фонду соціального страхування смертність від травм і профзахворювань в Україні посідає третє місце після серцево-судинних і онкологічних захворювань.

В нашій країні до цього часу залишаються невирішеними питання підтримання безпеки виробничих процесів, обладнання та споруд.

Найбільша кількість професійних захворювань зареєстрована у Дніпропетровській області (41,6 %), Львівській області (7,9 %) та Донецькій області (19,6 %). Кількість потерпілих осіб, які отримали профзахворювання, у цих областях складає 76,6 % від загальної кількості потерпілих по Україні, які мають профзахворювання (рис. 1).

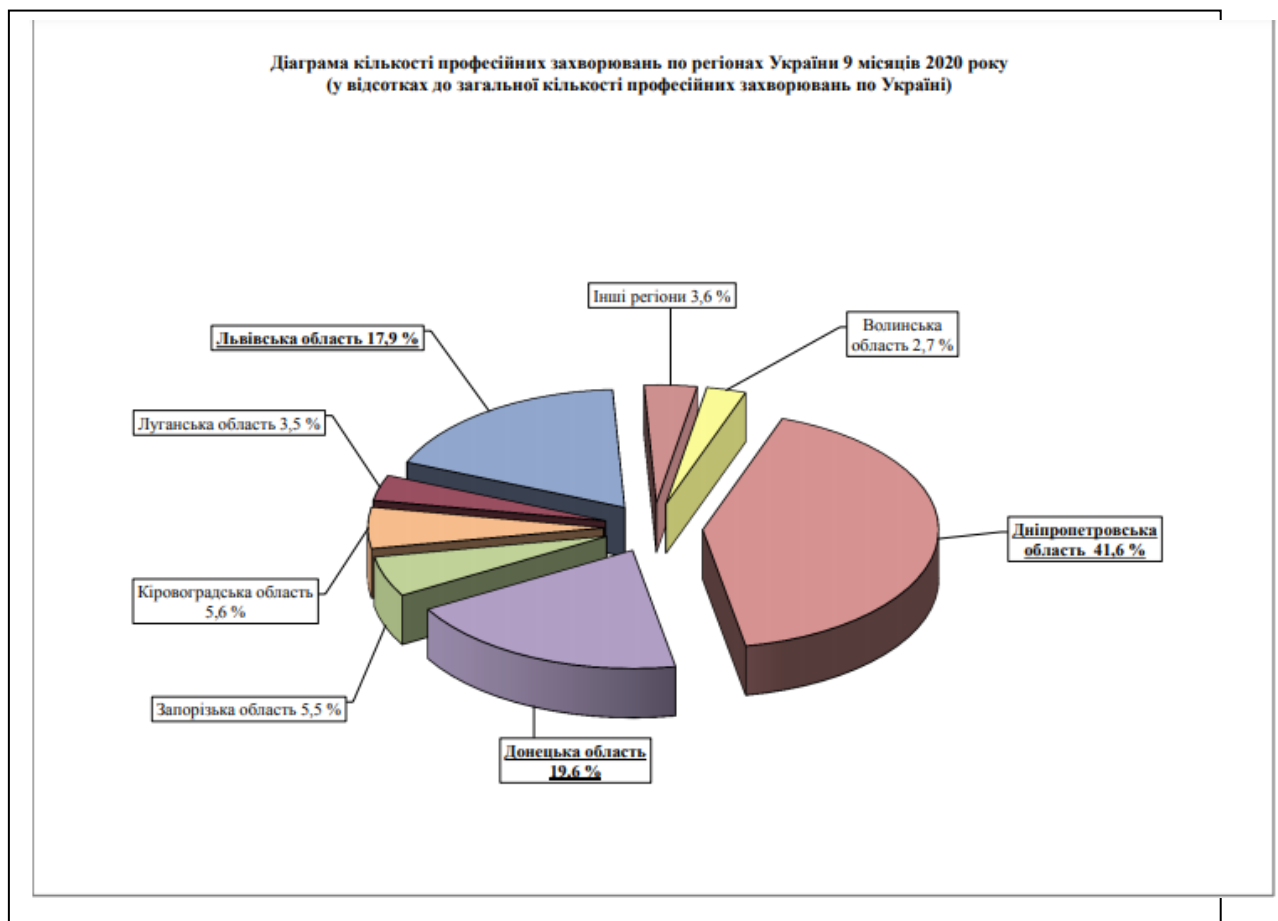


Рис. 1 Кількість профзахворювань по регіонах України.

Основними обставинами, внаслідок яких виникли професійні захворювання у I півріччі 2020 року, є: недосконалість технологічного процесу – 28 %, невикористання засобів індивідуального захисту та недосконалість механізмів та робочого інструменту – по 11,9 % від їх загальної кількості.

Загальна кількість встановлених діагнозів професійних захворювань за I півріччя 2020 року по Україні – 2037 діагнозів [1].

Впливу високих температур піддаються працівники на підприємствах будівельної індустрії; металургії; хімії; машинобудування. В результаті постійного впливу високих температур в гарячих цехах на робочих місцях: операторів, футерувальників, машиністів технологічного обладнання, фрезерувальників, та інших категорій працівників виникають порушення функціонального стану центральної нервової системи, патологічні зміни органів зору, схильність до захворювань органів дихання, травлення, кровообігу, ішемічної хвороби в 2-3 рази частіше ніж в середньому по іншим підприємствам [2].

МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета: дослідити умов праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості на прикладі заводу з виготовлення ріжучих інструментів (м. Запоріжжя).

Завдання:

1. Розробити методику дослідження умов праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості.

2. Дослідити та проаналізувати умови праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості на прикладі заводу з виготовлення ріжучих інструментів (м. Запоріжжя) з використанням запропонованої методики.

Методи дослідження: для вирішення поставлених завдань застосовано комплексний метод досліджень, що включає: аналіз теоретичних і експериментальних досліджень в області надлишкового теплового випромінювання та його впливу на працюючих; математичне та фізичне моделювання джерел теплового випромінювання.

Наукова новизна дослідження:

1. Удосконалено методику дослідження умов праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості, яка передбачає диференційований підхід у фізичному моделюванні та інтеграційній оцінці картини терморадіаційної напруженості.

2. При дослідженні термодинамічної напруженості на підприємствах індустрії побудовані теплові поля і встановлені залежності зміни ІЧ-випромінювання від розташування робочих місць, виду джерела випромінювання і спектра джерел випромінювання.

3. При дослідженні високоінтенсивного теплового впливу при роботі установок СВЧ встановлено, що при виконанні операцій – пайки, загартування, відпустці оператори піддаються високоінтенсивному впливу

як первинних джерел – установки СВЧ в області грудей, так і від вторинних остигаючих заготовок в області спини.

Практична значимість Проведено дослідження та проаналізовані умови праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості на прикладі заводу з виготовлення ріжучих інструментів (м. Запоріжжя) з використанням запропонованої методики.

РОЗДІЛ 1. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ПО ТЕРМОРАДІАЦІЙНІЙ НАПРУЖЕНОСТІ

Для оцінки умов праці на робочих місцях гарячих виробництв необхідно здійснювати виміри теплового випромінювання від джерел випромінювання та на їхній основі визначати опромінення в заданих точках з урахуванням режиму роботи. Проведення таких досліджень в умовах діючих підприємств трудомісткий та небезпечний процес. При значній інтенсивності випромінювання й проведенні вимірів на близькій відстані дослідник і прилади піддаються значним тепловим навантаженням, знижується точність виміру, а, отже, і вірогідність даних. Тому дуже часто замість експериментальних методів застосовують розрахункові. При застосуванні розрахункових методів, зростає величина похибки та знижується вірогідність даних, тому що значення частини параметрів (температура внутрішнього простору печі, ступінь чорності джерела й т.д.) доводиться одержувати з таблиць. Ці середні величини є орієнтовними та не можуть урахувувати всіх факторів будь-якого процесу. Крім того, доводиться використовувати графіки – все це робить розрахунки трудомісткими та неефективними для практики. Тому, для розробки паспорта джерела випромінювання необхідно було запропонувати нову більш прийнятну методику дослідження теплової напруженості на робітників. Методика повинен об'єднати експериментальний і розрахунковий методи, зробивши його безпечним не знижуючи точності вимірів. Ідея полягає в тому, що необхідно створити прилад який з базової точки, розташованої на будь-якій безпечній відстані від джерела, дозволяє провести з достатньою точністю вимір інтенсивності теплового опромінення та кута, під яким буде видне джерело випромінювання. По отриманим експериментальним даним за допомогою номограми будується з використанням ПК паспорт джерела теплового

випромінювання.

За основу визначення інтенсивності теплового випромінювання прийнято вираз:

$$E_0 = L \int_{\Omega} \cos \alpha d\Omega \quad (1)$$

де E_0 – енергетична освітленість; Вт/м²; L – яскравість випромінювання джерела; Вт/(м²·стер); α – кут під яким опромінюється об'єкт щодо нормалі; радий.; Ω – тілесний кут, під яким видне джерело випромінювання.

Таким чином, при оцінці термодинамічної напруженості на робочих місцях може бути застосований метод фізичного моделювання, термічного дослідження енергетичної освітленості робочого простору.

Проведений аналіз досліджень показав необхідність обґрунтування та розробки експериментальної установки для дослідження терморадіаційної напруженості на робочих місцях.

Проведений нами аналіз показав, що запропоновані способи визначення інтенсивності теплового випромінювання по номограмах та формулам дають більшу похибку. Значна похибка обумовлена прийняттям цілого ряду допущень багатьох змінних параметрів, тісно зв'язаних між собою. До них відноситься температура внутрішнього простору печі, розмір вікон у печах і колодязях і т.д. При цьому, виникає необхідність визначати інтенсивність теплового опромінення на відстанях 1–2 м и т.д. У той же час, для рішення завдань із теплозахисту робочих місць необхідні фактичні дані виміри терморадіаційної напруженості на всіх робочих місцях. Проводити такі дослідження, наприклад, біля відкритого вікна термічної печі на відстані 1,5-2 м явно небезпечно та, головне знижується достовірність отриманих даних за рахунок зменшення продуктивності вимірів в екстремальних умовах праці.

При цьому, для визначення інтенсивності опромінення теплового потоку необхідно проводити значну кількість проміжних розрахунків або використовувати багато графіків або номограм, що робить ці розрахунки трудомісткими та мало зручними для практичного використання.

У роботі зроблена спроба узагальнити результати проведених у цьому напрямку досліджень, поліпшити умови праці, значно зменшити число змінних і більш ефективно використати при проведенні вимірів існуючі прилади.

На підставі проведених нами теоретичних досліджень терморадіаційної напруженості на робочих місцях було встановлено, що з великою точністю можна визначити відстань до джерела тепловипромінювання від точки виміру, кут під яким видне джерело теплового випромінювання, при цьому, точка виміру може розташовуватися на безпечному для дослідника відстані, що й було покладено нами в основу при розробці експериментальної установки для дослідження терморадіаційної напруженості на робочих місцях.

Прийнято рішення використати світлове моделювання при оцінці термічного опромінення на робочих місцях. Так як оптична та енергетична освітленість змінюються за одними законами, то як джерело теплового випромінювання використався рівномірно освітлений напівпрозорий екран. Як модель елементарної площадки тіла людини використалася прийомна фотоголівка з датчиком теплового потоку ИТТФ АН України ДТП 02 – ДТП 03. В основному досліджувалася залежність місцевого кутового коефіцієнта опромінення та максимальних теплових навантажень, а також перехід від непрямих вимірів до прямих. Це дозволяє прогнозувати умови праці за тепловим фактором на робочих місцях. При цьому метод світлового моделювання дозволяє змоделювати та відобразити отримані результати дослідження для джерел зі складними формами випромінюючої поверхні, у вигляді максимально наближених до реальних можливих полів опромінення з метою забезпечення проєктантів

на стадії проектування технологічних агрегатів і технологій універсальним методичним посібником.

Величина відносини кута зору (видимості джерела випромінювання) φ_1/φ_2 має фізичний сенс – відношення щільності теплового потоку випромінювання в даній і розрахунковій точці простору, що дозволяє вирішувати поставлене завдання прогнозування теплового опромінення на поверхні об'єкта опромінення та володіє рядом переваг при проведенні вимірів.

Експериментальне завдання визначення відносного теплового коефіцієнта опромінення по фізичній дузі збігається з фізичним завданням моделювання, для якого визначається відношення величин у довільних точках простору з наступним переходом до шуканих одиниць за допомогою реперної точки. У нашому випадку репером може служити точка освітленості випромінюючого екрана та освітленість об'єкта.

Виміри проводилися на розробленій установці світлового моделювання. Виміру можна розбити на наступні етапи:

- підготовка установки до досліджень;
- моделювання явища подоби;
- проведення вимірів і переклад обмірюваних величин у графічні зображення.

При цьому необхідно враховувати, що світлове моделювання на розробленій установці містить у собі два експериментальні завдання: відтворення явища, подібного до натури, і проведення вимірів. Кожна із цих завдань формує свої похибки, які в сумі дають похибку методики.

Аналіз похибок дозволяє виявити та урахувати систематичні складові, пов'язані з подобою світлової моделі та кутового орієнтованого датчика, - приймальні голівки фонові засвітки. Середня квадратична похибка, обумовлена цими джерелами становить не більше 6-8 % для всього простору, а для кутової орієнтації – не перевищує 72°, для кутової орієнтації в інтервалі 72°-86° – не більше 19%. Виміри в інтервалі кутів 86-

90° втрачають зміст через високу похибку.

Визначення φ_1/φ_2 з фізичної точки зору можна коректно здійснювати тільки для рівномірно світлого екрана моделі, тому що φ визначається для ізотермічних теплообмінних полів. Однак, результати виміру можна застосовувати з достатньою точністю для інженерних розрахунків на досить широкий клас нерівномірно нагрітих поверхонь.

Цей клас охоплює поверхні, що допускають розподіл на приблизно рівні ділянки, різницю температур точок, яких не перевищує 20° С; середні температури сусідніх ділянок не відрізняються більше 20°С; при переході від однієї ділянки до сусіднього допускається зміна температур стрибками.

Визначення щільності потоку виміру в цьому випадку здійснюється через величину φ_1/φ_2 для елементарної площадки, поміщеної в задану точку, від всієї випромінюючої поверхні за допомогою світлового моделювання.

Систематизація та відбір основних форм і розмірів, розташування робочих місць біля них приймалися за типовими розмірами (з урахуванням фіксованих робочих місць).

При цьому розглядався розподіл теплових полів по горизонталі, а вертикальна складова приймалася з урахуванням розташування робочих місць – 2м, при відсутності більш високих оцінок технологічного устаткування, здатного спотворити теплові поля за рахунок відбиття. Висота розглянутих промислових будівель і споруд приймалася рівної $h = 10\text{--}14\text{м}$.

Для приміщень із джерелами рухливого інфрачервоного випромінювання з обмеженим об'ємом і наявністю додаткового устаткування, будівельних конструкцій необхідно враховувати відбиття теплової енергії і її перерозподіл на робочих місцях. При цьому необхідний диференційований підхід, що і враховує наша методика у фізичному моделюванні й інтеграційній оцінці картини терморадіаційної напруженості в просторі цеху.

На наступному етапі досліджень виникла необхідність за допомогою математичного аналізу вивести закономірність зміни відношення Φ_1/Φ_2 від енергетичного опромінення.

Установка для світлового моделювання складається із світлової камери; напівпрозорого екрана; матриці ультрафіолетових світлодіодів. Максимальний розмір напівпрозорого екрана 300х340мм. За допомогою рухливих шторок розмір світлого вікна можна зменшити до 20х20мм, а за допомогою спеціальних непрозорих масок одержувати модель випромінюючої поверхні складної форми. Ультрафіолетові діоди в кількості 700 шт. яскравістю 10-15 кандел живляться від джерела напругою 4,5 В, яке можливо регулювати від 2,0 до 4,5 В, споживаний струм при максимальній яскравості 35-40 А. Світлова камера розташовувалася на оптичній лаві, яка має мірну шкалу, а приймальна голівка має можливість по ній переміщатися на полозках.

Технічна характеристика експериментальної установки: контрольована відбивна здатність досліджуваної поверхні 0-100%; визначення пропускання ІЧ випромінювання 0-100%; площа досліджуваної поверхні 320 см²; кут повороту зразка в горизонтальній і вертикальній площині 360°; час одного виміру 2 – 3 с.; діапазон спектра виміру від 0,76 до 10мкм; напруга живлення 220/9В; споживана потужність не більше 5Вт; температура експлуатації приладу -5°С - +40°С в умовах лабораторії; маса – 5,0кг; похибка – 5-7%.

При обстеженні робочих місць і вимірів теплового опромінення по круговій діаграмі в певному секторі виявилася більша похибка виміру, пов'язана з фоновим засвіченням, а також впливом засвітки від інших джерел.

Для зменшення цього явища використана світлозахисна бленда з рухливими діафрагмами, тому що дуже часто необхідно було змінювати кут візування голівки. Подібні вдосконалення використані в спеціальній прийомній голівці для виміру енергетичної освітленості. Для зменшення

перешкод від фонового засвічення та підвищення точності виміри був використаний зменшений перетин пружини зміни наближення, що зробило її рівножорсткою по всій довжині.

Запропонована конструкція прийомної голівки для виміру променистих потоків дозволяє змінювати кут візування від 5° до 140° , обійтися одним корпусом і знизити матеріалоємність, переналагодження та настроювання в 10-15 разів, за рахунок того, що відстані між витками пружини (діафрагмами) буде оптимальною.

Пристрій працює в наступний спосіб. У вихідному положенні прийомна голівка має мінімально-допустимий кут візування φ_1 . Для збільшення кута візування рухлива система із приймачем переміщається уздовж порожнього корпусу голівки, стискаючи витки плоскої циліндричної пружини. При цьому, відстань між витками пружини (діафрагмами) зменшується, зберігаючи рівну міжвиткову відстань, що зменшується зі збільшенням кута візування φ_2 .

Даний пристрій дозволяє підвищити точність виміру в приладах. Похибка виміру не перевищує 3 – 4%.

Але при всій позитивності результатів вимірів виявилася причина значної похибки при багаторазових вимірах високоінтенсивних теплових потоків. При багаторазових вимірах з малими проміжками між вимірами за рахунок нагрівання рухливої діафрагми нагрівається корпус прийомної голівки і є вторинним джерелом випромінювання. У зв'язку з цим проведено вдосконалення прийомної голівки, що дозволило значно зменшити температуру корпусу прийомної голівки та привести її до значення температури навколишнього середовища.

Це вдосконалення виразилося у виготовленні спеціальних отворів у корпусі, які дозволили поліпшити умови тепловіддачі від надлишкового нагрівання корпусу. Отвори розташовані по всій довжині корпусу. І розташовані під кутом 45° відносно один одного, що дозволяє створити оптимальні умови для охолодження корпусу до температури

навколишнього середовища й не пропускати вхідне пряме вимірюване випромінювання. Дане вдосконалення дозволило підвищити точність і достовірність вимірів терморадіаційної напруженості на робочих місцях.

РОЗДІЛ 2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ПО ТЕРМОРАДІАЦІЙНІЙ НАПРУЖЕНОСТІ

Завод з виготовлення ріжучих інструментів знаходиться в м. Запоріжжя. Характеризується високою насиченістю технологічного обладнання, що володіє високим енергоспоживанням. Особливістю виготовлення інструменту є висока твердість і стійкість до абразивного оброблюваного матеріалу - бетон, цегла, камінь, плитка керамічна тощо. При цьому для перфораторів використовуються - зубила, коронки для свердління отворів для розеток, вимикачів. Диски для вирізання штробы, твердосплавні свердла, фрези. Для обробки металевих закладних також використовуються, фрези, свердла, полотна, ріжучі диски.

Застосовуваний інструмент використовує твердосплавні напайки типу ВК8 і Т15К8 і процеси загартовування ріжучих крайок. Операції виготовлення, обробки і доведення інструменту характеризуються використанням високотемпературних джерел випромінювання. Ця обставина вимагає оцінювати умови праці не тільки за інтегральною величиною теплового випромінювання, але і враховувати спектр, зокрема короткохвильові частини спектру випромінювання. Короткохвильове випромінювання до 2,5 мкм має більш проникаючу здатність в біологічний об'єкт і інші допустимі рівні опромінення. В основному виробничий цикл виготовлення інструменту зосереджений в цеху №11 (механічної і термічної обробки).

Тому нами серед робочих місць в цехах підприємства обрані найбільш високотемпературні операції, а також «приховані» вторинні джерела надлишкового теплового випромінювання. Нами проведені дослідження просторового розподілу надлишкового випромінювання на робочих місцях виготовлення інструменту в цеху механічної і термічної обробки (рис. 2).

Це відділення підприємства характеризується робочими місцями, де надмірне теплове випромінювання перевищує норму. Ділянка механічної і термічної обробки знаходиться на першому поверсі головного корпусу, характеризується обладнанням для виготовлення будівельного інструменту (коронки для отворів в бетоні, зубила для пневмоінструменту, фрези для виготовлення штроб в бетонних стінах, різання арматури і ін. будматеріалів).

Після ряду виконаних попередніх технологічних операцій, готові вироби оснащуються твердосплавними наплавленнями, що вимагають подальшої термічної обробки деталей. Процеси наплавлення, термообробки супроводжуються надлишковим тепловиділенням. Для цього в цеху є три установки струмів високої частоти (СВЧ) для нагріву заготовок інструменту і ріжучих пластин з твердосплавних матеріалів і швидкорізальних сталей.

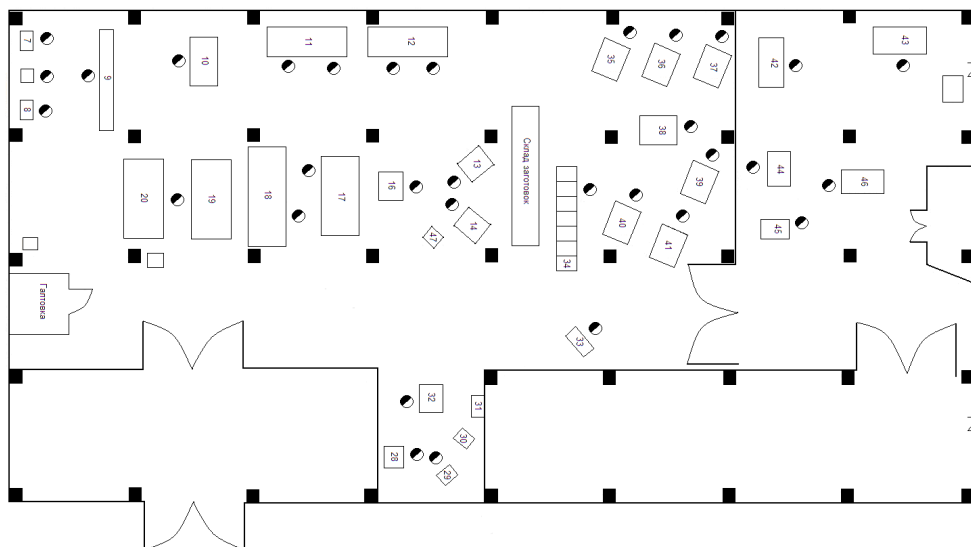


Рис. 2 Цех №11 механічної і термічної обробки ріжучого інструменту

В результаті інвентаризації виявлено джерела високотемпературного випромінювання і робочі місця, схильні до їх негативного впливу [3-4]. Дослідження термодинамічної напруженості на

робочих місцях виконувалося як відомими методами і приладами, так і запропонованими нами [5].

Дослідження умов праці за показником мікроклімату проводилося згідно з ДСН 3.36.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та «Гігієнічної класифікації за показниками шкідливості і небезпеки виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затвердженої Міністерством охорони здоров'я від 27 грудня 2001, № 528. Вимірювання показників мікроклімату проводилося з метою контролю їх відповідності гігієнічним вимогам в найбільш теплу пору року (травень - вересень місяці) в дні з температурою зовнішнього повітря, що відрізняється від середньої максимальної температури найбільш жаркого місяця не більше ніж на 5 °С. Вимірювання показників мікроклімату проводили не менше, ніж три рази за зміну (на початку, в середині і в кінці зміни). При коливаннях показників мікроклімату, пов'язаних з технологічними причинами проводилися додаткові виміри з урахуванням максимальних і мінімальних термічних впливів на працюючих.

Аналіз звернень працівників - операторів з захворюваністю в області грудної клітини і поперекової частини тіла при роботі на установках СВЧ визначив необхідність проведення оцінки опромінення на даних робочих місцях з використанням нових методичних підходів.

З урахуванням, що роботи на даному підприємстві виконувалися в положенні сидячи, температуру і швидкість руху повітря і вологість вимірювали на висоті 1 м від підлоги робочого місця [6].

При визначенні теплового опромінення існуючими методиками на відстані 1 м на операції укладання пластин на заготовки при наявності частини нагрітих виробів отримано значення тепловиділення – 216 Вт/м² (рис. 3).



Рис. 3 Вплив високих температур на робоче місце оператора від установки СВЧ (джерело 11) при технологічній операції - пайка

Розподіл теплових полів в робочій зоні представлено на рис. 4. Температура нагріву виробів в робочій зоні установки СВЧ досягає 1000-1300 °С. Оператор, (зазвичай жінка), укладає пластини на заготовки і подає в високочастотну зону роботи індуктора. Після розплавлення припою, в основному це мідь, або латунь з $t_{пл.} > 900$ °С, по жолобу відправляють готові вироби в приймальний бункер, де вони остигають. Згідно із запропонованою нами методикою встановлено, що оператор при виконанні операції нагріву і пайки набору заготовок отримує опромінення до 560 Вт/м^2 на рівні грудей перебуваючи в сидячому положенні рис. 3. Розподіл теплових полів в робочій зоні за нашою методикою представлено на рис. 5.

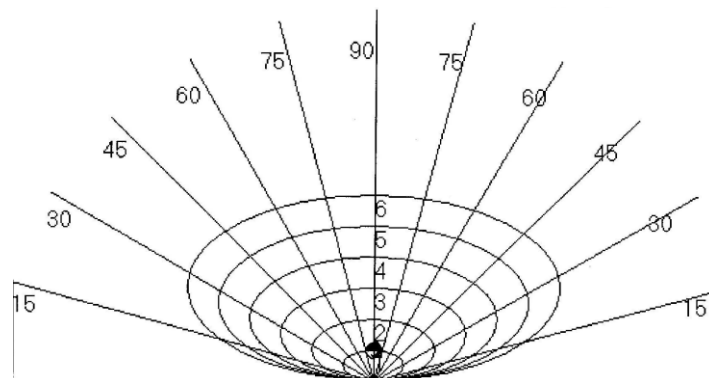


Рис. 4 Інтенсивність випромінювання на робочому місці оператора від джерела 11 по відомим методикам

Завод: інструментальний завод ім. Войкова, Запоріжжя; Цех: ділянка ножів; Інв. номер джерела: 11; Розмір оригіналу, м: 0,1; Технічна характеристика джерела: установка СВЧ; Відстань до точки виміру, м: 1; Опромінення в точці виміру, Вт/м*м: 216; Крок сітки, м: 1; Найменування операції: укладання пластин; Максимальна відстань, м: 6.

L, м	1	2	3	4	5	6
E, Вт/м ²	216	59	27	16	10	7

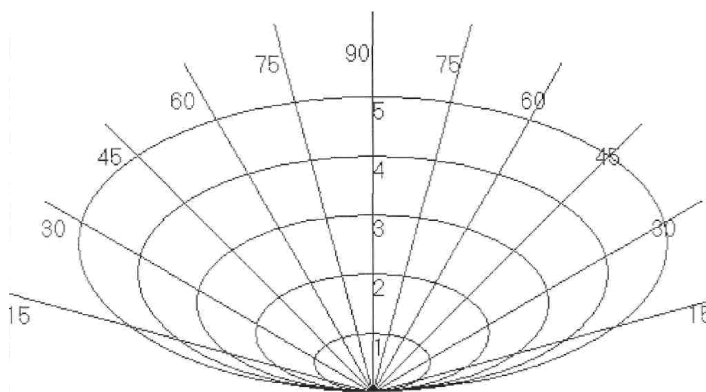


Рис. 5 Інтенсивність випромінювання на робочому місці оператора від джерела 11 за розробленою методикою

Завод: інструментальний завод ім. Войкова, Запоріжжя; Цех: ділянка ножів; Інв. номер джерела: 11; Розмір оригіналу, м: 0,1; Технічна характеристика джерела: установка СВЧ; Відстань до точки виміру, м: 1; Опромінення в точці виміру, Вт/м*м: 560; Крок сітки, м: 1; Найменування операції: деталі в жолобі і кошику готових виробів; Максимальна відстань, м: 5.

L, м	1	2	3	4	5
E, Вт/м ²	560	153	71	41	26

При використанні нашої нової методики дослідження теплових джерел ми виявили вторинні джерела теплового випромінювання, такі як заготовка, що рухається по жолобу, які впливають на грудну клітину і поперекову частину тіла оператора з інтенсивністю 560 Вт/м^2 ; друге «неявне» джерело теплового випромінювання виявилось за новою методикою обстеження від кошика з деталями, які остигають, загальна вага якого становила близько 200 кг нагрітого металу і це джерело теплового випромінювання впливає на тіло оператора з боку спини з більшою інтенсивністю теплового випромінювання, ніж установка СВЧ при операції нагріву заготовки (джерело 11a). Таким чином, детальне обстеження умов праці на робочому місці оператора при пайці деталей дозволило виявити, що оператор на робочому місці піддається одночасно високоінтенсивному тепловому впливу від двох джерел: установка СВЧ і корзина з деталями, які остигають (рис. 6) - з довгохвильовим випромінюванням.

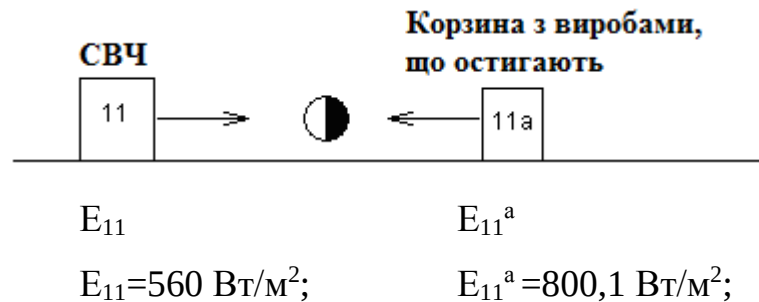
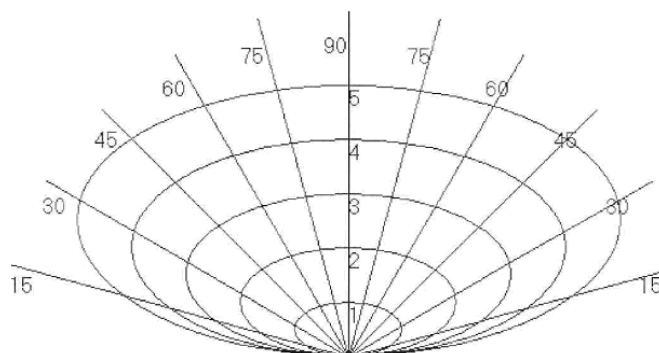


Рис. 6 Вплив високих температур на робоче місце оператора від двох джерел (джерела 11 і 11a).

Аналіз проведених досліджень показав, що інтенсивність опромінення установки СВЧ (джерело 11) на відстані 1 м становить 560 Вт/м^2 і в міру віддалення від джерела різко знижується (рис. 5): на відстані 2 м становить 153 Вт/м^2 ; 3 м – 71 Вт/м^2 ; 4 м – 41 Вт/м^2 ; 5 м – 26 Вт/м^2 .

Розподіл теплових полів в робочій зоні оператора при роботі на установці СВЧ (джерело 11а) представлено на рис. 7.



*Рис. 7 Опромінення робочого місця оператора від джерела 11а
(корзина з деталями, які остигають)*

Завод: інструментальний завод ім. Войкова, Запоріжжя; Цех: ділянка ножів; Інв. номер джерела: 11а; Розмір оригіналу, м: 0,1; Технічна характеристика джерела: установка СВЧ; Відстань до точки виміру, м: 1; Опромінення в точці виміру, Вт/м*м: 800; Крок сітки, м: 1; Найменування операції: деталі в жолобі і кошику готових виробів; Максимальна відстань, м: 5.

L, м	1	2	3	4	5
E, Вт/м ²	800	218	101	58	38

Поява другого джерела теплового випромінювання (джерело 11а - корзина з готовими нагрітими в СВЧ деталями) у міру їх накопичень створює додаткове опромінення і розподіляється наступним чином: на відстані 1 м – 800 Вт/м²; 2 м – 218 Вт/м²; 3 м – 101 Вт/м²; 4 м - 58 Вт/м²; 5 м – 38 Вт/м²; (рис. 8-9).

E, інтенсивність опромінення, Вт/м²

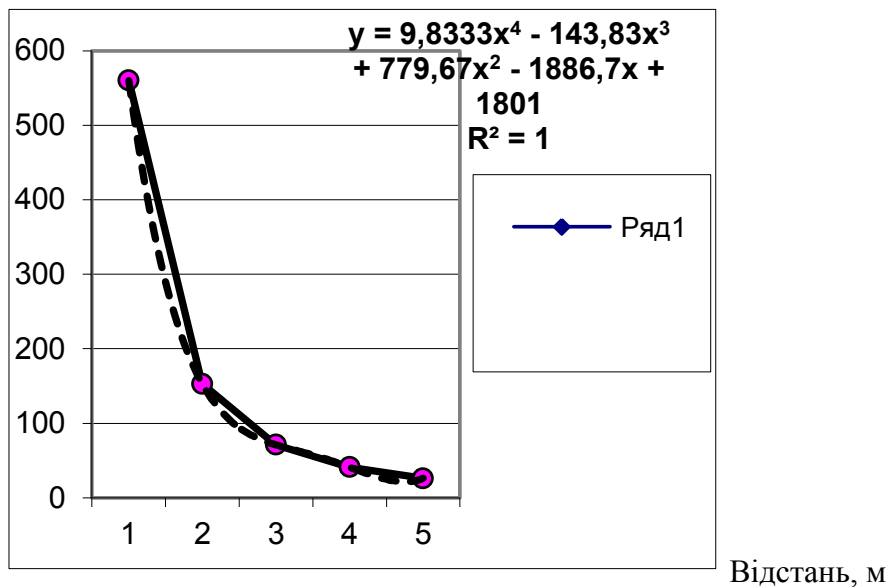


Рис. 8. Зміна інтенсивності опромінення від джерела 1I.

Е, інтенсивність опромінення, Вт/м²

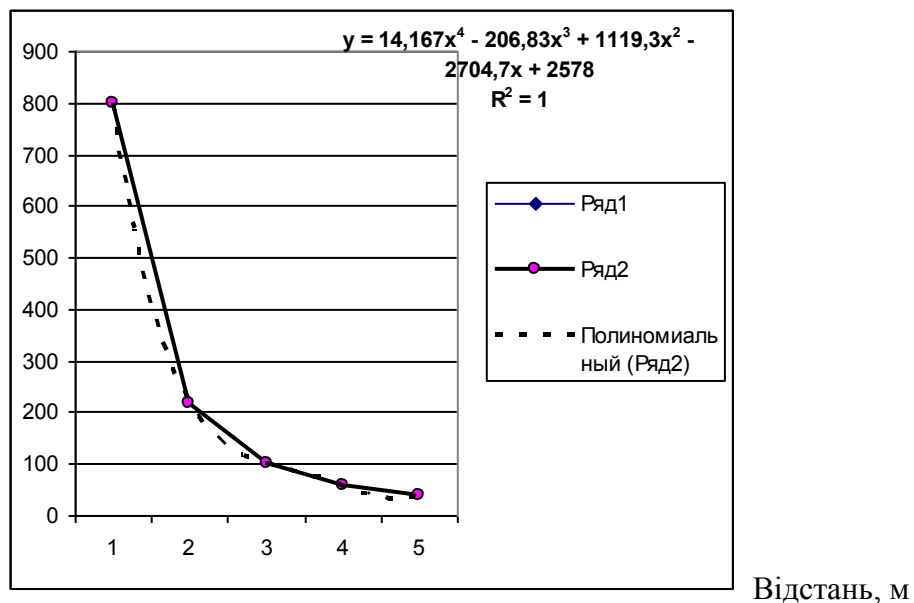


Рис. 9. Зміна інтенсивності опромінення від джерела 1Ia.

Після математичної обробки отриманих даних були отримані залежності, а величина достовірності апроксимації $R_2=1$. Залежності дозволяють прогнозувати інтенсивність опромінення робочих місць.

Таким чином, в результаті проведених досліджень було встановлено, що в робочій зоні (радіус до 2 м) робочі підпадають під вплив впливу двох теплових джерел з інтенсивністю опромінення від 153 до

800 Вт/м². При цьому, від відкритих джерел випромінювання інтенсивному опроміненню піддається більше 25% поверхні тіла працівників, що перевищує допустиму інтегральну норму 140 Вт/м² [3]. Встановлено, що на зазначеному робочому місці при виконанні робіт середньої важкості - категорія II-а виконуються роботи пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи і роботи середньої важкості II-б пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих вантажів (до 10 кг). Температура на постійних робочих місцях перевищує верхню межу допустимих значень і становить в теплий період року від 29 до 32 °С (допустима норма 27 °С) при швидкості повітряного потоку 0,2-0,5 м/с і вологості 65-70%.

Виявлено, що вологість на зазначеному робочому місці становить 40-55% при швидкості повітряного потоку 0,2-0,3 м/с.

До 2/3 робочого часу на даній ділянці робітники піддаються інтенсивному тепловому опроміненню понад 350 Вт/м² (опромінення до 25% поверхні тіла).

Згідно закону випромінювання Кірхгофа: здатність, яку випромінює будь-яке нагріте тіло дорівнює його коефіцієнту поглинання при заданій температурі і довжині хвилі. Потужність випромінювання чорного тіла згідно закону Планка є функцією температури T і довжини хвилі. Зі збільшенням температури нагрітого тіла одночасно зростає інтенсивність випромінювання з одночасним зменшенням довжини хвилі в спектрі ІЧ-випромінювання.

При цьому, виходячи з температури в зоні пайки в установці СВЧ вона досягає 1200-1300 °С слід враховувати, що з боку СВЧ робітники в області грудної клітини піддаються, в основному, опроміненню короткохвильової частини спектра ближнє і середнє ІЧ-випромінювання, з максимумом 1,4 -2,5 мкм, які проникають в тканини людини на глибину в кілька сантиметрів. Впливаючи на мозкову тканину, короткохвильове випромінювання викликає «сонячний удар». Людина його відчуває через

постійний головний біль, запаморочення, почастищення пульсу і дихання, потемніння в очах, порушення координацій рухів, можлива втрата свідомості [7], а також рефлекторного впливу з непередбачуваними наслідками.

При інтенсивному опроміненні в області голови відбувається набряк оболонок і тканин мозку, з'являються симптоми менінгіту та енцефаліту, проявляється сонливість і втома. При короткохвильовому опроміненні змінюється температура легких, головного мозку, нирок та інших внутрішніх органів людини [7].

У той же час, вплив вторинних джерел теплового впливу на операторів з боку спини з температурою до 500-600 °C супроводжується довгохвильовим спектром (далеке) ІЧ-випромінювання максимумом 5-7 мкм. ІЧ-випромінювання довгохвильового діапазону затримується в поверхневих шарах шкіри людини, однак, викликає підвищення температури тіла, що може привести за рахунок перетворення променевої енергії в теплову і до перегріву організму [5].

Встановлено, що при впливі на очі найбільшу небезпеку становить короткохвильове випромінювання. Можливі наслідки впливу інфрачервоного випромінювання на очі - прояв інфрачервоної катаракти [4-6].

ВИСНОВКИ

1. Розроблено методику дослідження умов праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості, яка передбачає диференційований підхід у фізичному моделюванні та інтеграційній оцінці картини терморадіаційної напруженості.

2. Проведено дослідження та проаналізовані умови праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості на прикладі заводу з виготовлення ріжучих інструментів (м. Запоріжжя) з використанням запропонованої методики.

3. Дослідження показали, що при виконанні робіт середньої категорії Па і Пб в цеху №11 механічної і термічної обробки будівельного інструменту підприємства ім. Войкова, м. Запоріжжя величина інтенсивності випромінювання від джерела в області грудей - робітників операторів досягає $150-550 \text{ Вт/м}^2$ в короткохвильовому діапазоні, $\lambda=1,4-3,7 \text{ мкм}$, а з боку спини від вторинних джерел до 800 Вт/м^2 середнє Іч-випромінювання, $\lambda=1,9-3,7 \text{ мкм}$, і в довгохвильовому діапазоні $\lambda=5,6-7,0 \text{ мкм}$. Одночасний вплив короткохвильового і довгохвильового інфрачервоного випромінювання негативно позначається на працездатності і здоров'ї працюючих, є причиною ряду захворювань.

4. Встановлено, що в робочій зоні (радіус до 2 м) робітники на постійних робочих місцях цеху №11 підприємства ім. Войкова, м. Запоріжжя піддаються впливу від теплових джерел з інтенсивністю від 153 до 800 Вт/м^2 , а від відкритих джерел випромінювання опроміненню піддається більше 25% поверхні тіла працівників, що перевищує допустиму норму 140 Вт/м^2 . Температура на постійних робочих місцях перевищує верхню межу допустимих значень і становить в теплий період року від 29 до 32°C (при нормі 27°C), а вологість не перевищує 40-55% (норма 65-70%), при швидкості повітряного потоку 0,2-0,3 м/с.

Список використаної літератури

1. Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за I півріччя 2020 року. Фонд соціального страхування України.- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/printable_article/970684
2. Зигель Р. Теплообмен излучением / Р. Зигель, Дж. Хауэлл. – Москва : Мир, 2005. – 934 с.
3. Исследование термодинамической напряженности на рабочих местах при воздействии высоких температур [Текст]: монография / А. С. Беликов, С. Ю. Рагимов, В. А. Шаломов и др. – Днепр : Литограф, 2016. – 163 с.
4. Контроль высокотемпературного излучения на рабочих местах / А. С. Беликов, С. Ю. Рагимов, В. А. Шаломов, А. С. Чаплыгин // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 80 : Стародубовские чтения – 2015. – С. 49-54.
5. Решение задач по защите работников спецподразделений в условиях экстремальных ситуаций по тепловому воздействию / А. С. Беликов, Э. Е. Стрежекуров, В. А. Шаломов, С. Ю. Рагимов, С. П. Кордунов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 82 : Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. – С. 25-31.
6. Охрана труда в строительстве : учебник / [Беликов А. С., Сафонов В. В., Нажа П. Н. и др.]; под общ. ред. А. С. Беликова. – Киев : Основа, 2014. – 592 с.
7. *Хорсаженко К.І., Мироненко А.А. Розробка методики дослідження умов праці на робочих місцях промислових підприємств по терморадіаційній напруженості// Збірник статей і тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів молодих вчених «Сучасні методи проектування, випробування і експлуатації будівельних, дорожніх і підйомно-транспортних машин» Випуск 7 Харків 2020 р. -с. 228-235*