

О.О. Ченчева, Є.Є. Лашко, С.В. Сукач, Д.В. Резнік

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА РИЗИКІВ ПІД ЧАС ОБРОБЛЕННЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті визначено, що є значне перевищення гігієнічних регламентів хімічних речовин у повітрі робочої зони під час свердлування карбоновмісних композитів у положенні стоячи та сидячи, а також під час переміщення та закріплення оброблюваної заготовки. Установлено, що показники шумового навантаження перевищують гранично допустимі значення під час виконання відповідного виробничого завдання, за винятком операції переміщення та закріплення заготовки, що безпосередньо пов'язано зі квазікрихкою структурою такого типу композиційних матеріалів. Водночас, зафіксовано перевищення рівня вібрації від роботи свердлувального верстата, а також відповідність її нормативним значенням під час переміщення та закріплення заготовки. Використання швидкої оцінки всього тіла (REBA) показало, що підняття, встановлення та перенесення заготовок, а також виконання отворів у верхньому стоячому та сидячому положенні є завданням із дуже високим рівнем ризику, яке потребує термінових дій з метою упередження настання травматичних подій. У результаті дослідження запропоновано використовувати новий підхід (Integrated risk assessment, IRA) з метою отримання інтегральної оцінки ризиків під час оброблення високотехнологічних композиційних матеріалів, який ураховує кожний окремий фактор у комплексній взаємодії.

Ключові слова: інтегральна оцінка, високотехнологічні композиційні матеріали, пилове забруднення, шумове навантаження, вібрація, ергономічні чинники.

INTEGRATED RISK ASSESSMENT DURING THE MACHINING OF HIGH-TECH COMPOSITE MATERIALS

The article determines that there is a significant excess of hygienic regulations of chemicals in the air of the working area during drilling of carbon-containing composites in the standing and sitting positions, as well as during moving and fixing the workpiece. It has been established that the noise load indicators exceed the maximum permissible values during the performance of the corresponding production task, except for the operation of moving and fixing the workpiece, which is directly related to the quasi-brittle structure of this type of composite materials. At the same time, an excess of the vibration level from the operation of the drilling machine was recorded, as well as its compliance with the regulatory values during the movement and fixation of the workpiece. The use of rapid entire body assessment (REBA) showed that lifting, setting and carrying workpieces, as well as drilling holes in the upper standing and sitting positions, is a very high-risk task that requires urgent action to prevent the onset of traumatic events. As a result of the study, it is proposed to use a new approach (Integrated risk assessment, IRA) to obtain an integrated risk assessment during the processing of high-tech composite materials, which takes into account each individual factor in complex interactions.

Keywords: integrated assessment, high-tech composite materials, dust pollution, noise load, vibration, ergonomic factors.

Постановка проблеми.

Оцінка впливу шкідливих виробничих факторів під час оброблення карбоновмісних композитів є важливою складовою у процесі створення безпечних умов праці й охорони здоров'я працівників. Основні шкідливі фактори, які виникають під час роботи свердлувальника із зазначеним типом композиційних матеріалів, згрупуємо відповідно до джерела їхнього походження:

1. Фізичні фактори:

– запыленість робочої зони: під час оброблення карбоновмісних композитів утворюється дрібнодисперсний пил, який може проникати у легені, викликаючи респіраторні захворювання й інші проблеми зі здоров'ям.

– шум: робота свердлувального обладнання для оброблення композиційних матеріалів часто супроводжується високим рівнем шуму, що може призводити до зниження слуху й інших проблем зі здоров'ям;

– вібрація: вплив вібрацій від свердлувального обладнання може спричиняти захворювання опорно-рухової системи та негативно впливати на кровообіг в організмі людини.

2. Ергономічні фактори: багаторазові нахили, підняття важких елементів заготовок, пересування та тягнення вантажів, а також робота у незручних положеннях тіла є звичайною практикою особливо в умовах виконання конструкційних отворів і фінішної обробки деталей різноманітного призначення.

Додатково до зазначеного, порівняно із працівниками інших галузей промисловості, свердлувальники піддаються вищому рівню ризику через низку інших факторів ризику, а саме:

психологічним стресам унаслідок високої концентрації уваги, довгої робочої зміни, тривалого перебування у положенні стоячи, сидячи чи нахилиючись, ізоляції та необхідності забезпечення підвищеного рівня точності виконання отворів для прецензійності збірки на робочому місці.

Отже, необхідно безпосередньо враховувати показники запиленості, шуму, вібрації й ергономічних ризиків для визначення загального показника навантаження на працівника під час здійснення ним трудової діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Існує декілька класифікацій методик оцінювання ризиків, наприклад, техніки оцінювання поділяються на кількісні, якісні та комбіновані [1–3]. При вдосконаленні методик найбільш перспективним напрямком є зосередження насамперед на кількісних методиках, що найкраще зарекомендували себе на практиці [4]. Проте, необхідно враховувати той факт, що існуючі методичні підходи до оцінки професійних ризиків не можуть вважатися універсальними для підприємств різних галузей, а результативність їхнього використання значною мірою залежить від конкретних виробничих умов.

Постановка завдань.

Метою дослідження є оцінка впливу шкідливих виробничих факторів під час оброблення карбоновмісних композитів із метою отримання його інтегрованого показника.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі задачі:

- дослідження пилового забруднення робочої зони під час оброблення карбоновмісних композитів;
- експериментальне визначення шумового навантаження й установа рівня вібрації від роботи свердлувального обладнання;
- дослідження ергономічних ризиків роботи свердлувальника у залежності від різних положень тіла під час виконання відповідного виробничого завдання.

Викладення основного матеріалу.

На початку необхідно здійснити оцінювання впливу факторів навколишнього середовища на робочому місці (пил, шум, вібрація), яка проводилася за атестаційними картами умов праці свердлувальника. Визначення показників із трьох зазначених факторів проводилось у зв'язку з тим, що вони найбільше впливають на фізичний стан свердлувальника та призводять до поширених професійних захворювань. Після встановлення фактичних даних факторів зовнішнього середовища (пилу, шуму, вібрації) їхні показники порівнювали із гранично допустимими значеннями, які зафіксовані у відповідних нормативних документах. Найбільше відхилення від норми виявлено й ураховано при оцінці впливу на величину індексу навантаження під час виконання відповідного виробничого завдання [5–7]. Результати визначення впливу факторів навколишнього середовища свердлувальника наведені у табл. 1.

За результатами вимірювання показників впливу навколишнього середовища на свердлувальника можна зробити такі висновки:

- спостерігається значне перевищення гігієнічних регламентів хімічних речовин у повітрі робочої зони при свердлуванні карбоновмісних композитів у положенні стоячи та сидячи, а також під час переміщення та закріплення оброблюваної заготовки;
- показники шумового навантаження суттєво перевищують ГДК під час виконання відповідного виробничого завдання, за винятком нахилання, що безпосередньо пов'язано зі квазікрихою структурою такого типу композиційних матеріалів;
- спостерігається значне перевищення рівня вібрації від роботи свердлувального верстата, а також відповідність нормативним значенням під час переміщення та закріплення заготовки.

Для кількісної оцінки впливу кожного із зазначених виробничих факторів, які наявні на робочому місці свердлувальника, на рівень професійного ризику запропоновано використання власної методики бальної оцінки шкідливих чинників, $k_{Rin.шч}$:

$$k_{Rin.шч} = \frac{R_{вимір.шч}}{R_{ГДЗ.шч}} * , \quad (1)$$

де $R_{вимір.шч}$ – вимірне значення шкідливого чинника;

$R_{ГДЗ.шч}$ – гранично допустиме значення шкідливого чинника.

*у випадку якщо після розрахунку інтегрованої показник шкідливого чинника менше/дорівнює одиниці, тоді його значення для подальших розрахунків ухвалюємо за одиницю (табл. 1).

Табл. 1

Показники впливу середовища на індекс навантаження свердлувальника у залежності від різних положень тіла у вигляді відповідних розрахункових коефіцієнтів

№	Пил, мг/м ³			Шум, ДБ			Вібрація, ДБ		
	Фактичний	ГДЗ*	$k_{Rin.пил}$	Фактичний	ГДЗ*	$k_{Rin.шум}$	Фактичний	ГДЗ*	$k_{Rin.вібр.}$
1**	19	2-4	5,45	103	80	1,28	122	90	1,31
	23			101			122		
	21			105			115		
	23			102			116		
	23			102			113		
2**	19	2-4	5,1	100	80	1,2	110	90	1,26
	20			99			112		
	20			95			115		
	22			97			117		
	21			90			111		
3**	8	2-4	1,8	71	80	1	60	90	1
	6			75			65		
	9			79			55		
	7			76			57		
	6			78			60		

*ГДЗ – гранично допустиме значення фактору

**положення тіла працівника: стоячи (1); сидячи (2); переміщення та закріплення оброблюваної заготовки (3)

Робітники механообробних цехів високотехнологічних композиційних матеріалів на основі вуглецевих волокон значною мірою піддаються ергономічним травмам і пов'язаним з ними ризикам.

Розлади опорно-рухового апарату призводять до значних операційних витрат для роботодавців через можливе виникнення браку в дороговартісній заготовці з карбонового волокнистого композиту, але з ергономічної точки зору було проведено недостатньо досліджень ризиків і пов'язаних з ними методів ідентифікації, оцінки та розробки превентивних заходів.

Оскільки травми опорно-рухового апарату розвиваються протягом тривалого періоду часу та мають накопичувальний ефект, важко визначити, як часто вони виникають і коли саме відбулося надмірне навантаження.

Одне з найскладніших завдань для свердлувальника – робота з ручним інструментом. Через незручне положення тіла під час роботи з ними, кількість маніпуляцій з ними та швидкість роботи, відносно підвищуються ризики розвитку захворювань опорно-рухового апарату (ЗОРА). Основними фізіологічними факторами, які впливають на таке завдання, є висока повторюваність, використання значної м'язової сили, тривалий робочий день і локальна м'язова втома.

Різні типи та розміри карбоновмісних заготовок і комплектуючих мають різну вагу, до того ж як правило це елементи з початковою викладкою волокна на форми зі складним геометричним рельєфом, що додає складності у переміщенні, закріпленні, обробленні цієї заготовки.

Через пов'язані з цим ризики, встановлення та закріплення заготовки має виконуватися відповідно до робочих процедур із використанням двох-трьох працівників. Проте, через виробничі обставини, нестачу персоналу й економічну необґрунтованість наявності додаткового робітника, часто спостерігається, що закріплення, переміщення й оброблення елементів конструкції виконує тільки одна особа.

Під час роботи з великими заготовками складної геометричної форми часто доводиться нахилитися, згинатися та скручувати спину.

Порушення опорно-рухового апарату через незручні пози можуть вражати м'язи, суглоби та сухожилля у всіх частинах тіла, оскільки кістки тіла слугують опорою для руху людини та з'єднуються між собою суглобами. Крім того, м'язи людини з'єднані з кістками за допомогою сухожилля.

Через специфіку завдання, під час роботи з ручним свердлувальним обладнанням задіяний цілий ряд м'язів і суглобів. Нижня ділянка спини, черевний прес, трицепс, дельтоподібний м'яз і гамеллус є основними м'язами, що використовуються під час роботи зі свердлувальним обладнанням, а хребцеві, колінні, зап'ясткові, тазостегнові, плечові та фасеткові суглоби є основними суглобами, які задіяні під час такої операції. Через незручне положення тіла під час багаторазових маніпуляцій можуть стискатися нерви та подразнюватися сухожилля.

Стратегії профілактики ЗОРА часто зосереджуються на основних факторах ризику, таких як сила, поза та повторення дій. Для того, щоб виконати оцінку ризику та визначити основні фактори ризику, які відіграють роль при роботі зі свердлувальним обладнанням, було проведено постуральний аналіз. Для цього було проведено спостереження за операцією «Виконання конструкційних отворів заготовки крила» й обрано найбільш незручні положення тіла. Знімок для аналізу постави був зроблений під час виконання отворів у верхній (рис. 1) і нижній (рис. 2) частині заготовки, а також переміщення, підйому та закріплення заготовки (рис. 3). Ці пози зустрічаються найчастіше і передбачають більші зусилля та м'язову активність, що спричиняє більший дискомфорт для працівників. У цьому завданні задіяні всі частини тіла, включаючи руки, пальці, плечі, спину, шию, ноги та зап'ястя, які можуть постраждати від порушень опорно-рухового апарату.



Рис. 1. Положення тіла працівника під час виконання отворів ручним інструментом у положенні стоячи

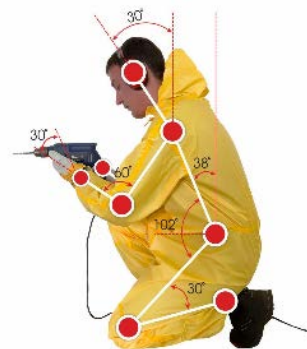


Рис. 2. Положення тіла працівника під час виконання отворів ручним інструментом у положенні сидячи



Рис. 3. Положення тіла працівника під час переміщення та закріплення оброблюваної заготовки

Методи аналізу постави та пози є скринінговими інструментами, які дають можливість оцінити ризик настання травматичних подій, виявити основні його фактори та визначити

пріоритетність коригувальних заходів. Хоча для вибору відповідного методу аналізу постави були враховані звичайні параметри, такі як час для спостереження й аналізу, необхідні деталі, частота виконання завдання, пов'язані з цим витрати, події та тип занять, але для динамічних завдань, коли всі частини тіла рухаються, рекомендується вибирати між Системою аналізу роботи Ovaco (OWAS) або Швидкою оцінкою всього тіла (REBA). Враховуючи той факт, що методика REBA чутлива до оцінки ризику саме для опорно-рухового апарату під час виконання різноманітних завдань, є більш надійною, а її результати можуть бути перевірені, було обрано саме цю методику. Як показано на робочому аркуші оцінки REBA, при оцінці частин тіла, задіяних у підйомі та переміщенні заготовки, та з урахуванням деяких параметрів, таких як вага вантажу, способи захоплення вантажу, загальна оцінка REBA досягла 11 балів на основі таблиці рівнів дій, така оцінка визначає позу як дуже високий рівень ризику, для якого необхідні негайні дії. Чек-листи оцінки ергономічних ризиків представлені на рисунках 4–6.

Під час підняття та переміщення карбонових заготовок задіяні всі частини тіла, такі як руки, пальці, плечі, спина, шия, ноги та зап'ястя, які можуть призвести до порушення роботи опорно-рухового апарату. Під час роботи з ручним свердлувальним обладнанням спостерігалися випадки застосування надмірної сили, нахилів, згинання талії та скручування спини. Багато травм, пов'язаних з ручним переміщенням під час виконання таких завдань, є кумулятивними та виникають у результаті багаторазового виконання одних і тих же дій з поганою поставою та незручною позою. Рух і прискорення швидкості роботи, особливо під час згинання та скручування, можуть збільшити кількість сили, яка прикладається до тіл. Використання швидкої оцінки всього тіла (REBA) показало, що підняття, встановлення та перенесення заготовок, а також виконання отворів у верхньому стоячому та сидячому положенні є завданням із дуже високим рівнем ризику, яке потребує термінових дій з метою упередження настання травматичних подій.

Зважаючи на специфіку механообробної галузі із застосуванням ручного інструменту, вирішення питань ергономіки та людського фактору в організації має характеризуватися міждисциплінарним підходом. Робота з технологіями, людськими факторами й організацією у рамках добре структурованого підходу до вирішення ергономічних питань буде більш ефективною. З точки зору управління ризиками, пріоритетом має бути усунення випадків травматизму працівників й акцентування уваги на концепції науки ергономіки.

Головним кроком зменшення ризиків є розподіл обов'язків і виділення достатніх ресурсів для впровадження ергономічних програм, спрямованих на вирішення проблем ергономіки та людського фактору під час оцінки ризиків, проектуванні майбутніх обробних свердлувальних операцій під час виготовлення конструкційних отворів у елементах складної геометричної форми. Зміна організаційної культури має вирішальне значення, а заохочення працівників повідомляти про розлади опорно-рухового апарату та, зокрема, про травми спини є фундаментальним для покращення ситуації.

Наполегливо рекомендується запровадити цикл роботи/відпочинку, щоб зменшити рівень ризику, а також попередні медичні перевірки стану здоров'я, щоб переконатися, що люди фізично придатні для виконання такого типу складних завдань.

Отже, з метою отримання інтегральної оцінки ризиків під час оброблення високотехнологічних композиційних матеріалів пропонуємо використовувати новий підхід (Integrated risk assessment, IRA), який ураховує кожний окремий фактор і кількісно пов'язаний із відношенням отриманого показника впливу у чисельнику та відповідного гранично допустимого значення у знаменнику (за формулою 1).

Використовуючи експериментальні усереднені дані, можемо скористатися такою формулою для його обчислення й унесемо отримані результати до таблиць 2–4:

$$R_{IRA} = R_{epzo} \times k_{Rin.nul} \times k_{Rin.шум} \times k_{Rin.вібр}, \quad (2)$$

де $k_{Rin.nul}$, $k_{Rin.шум}$, $k_{Rin.вібр}$ – бальні показники запиленості, шумового навантаження та вібрації (за формулою 1); R_{epzo} – ергономічний показник, який було розраховано відповідно чек-листу за методикою REBA (рис. 4–6).

У результаті дослідження встановлено показник навантаження, який характеризує працю свердлувальника під час виконання відповідного робочого завдання й встановлено його відповідність такій шкалі оцінки ризиків (рис. 4–6).

Для зниження впливу цих факторів рекомендується впроваджувати такі заходи:

– використання систем вентиляції та фільтрації для видалення карбоновмісного пилу;

ERGONIMICS PLUS REBA Таблиця оцінки співробітників

Назва завдання: _____ Дата: _____

А. Аналіз шиї та тулуба

Крок 1: Визначте положення шиї
 10-20° +1
 20°+ +2
 20°+ +2
 3 Оцінка шиї

Крок 1а: Налашуйте...
 Якщо шия скручується: +1
 Якщо шия згинається: +1

Крок 2: Знайдіть положення тулуба
 0-20° +1
 20-50° +2
 20-50° +3
 60°+ +4
 3 Оцінка тулуба

Крок 2а: Налашуйте...
 Якщо тулуб скручується: +1
 Якщо тулуб згинається: +1

Крок 3: Нogi
 Налашуйте
 30-60° +1
 >50° +2
 Додати +1
 Додати +2
 2 Оцінка ноги

Крок 4: Оцінка постави вгору в таблиці А
 Використовуючи значення з кроків 1-3 вище, знайдіть оцінку в Таблиці А

Крок 5: Додайте показник Сими/Навантаження
 Якщо навантаження < 11 фунтів: +0
 Якщо навантаження від 11 до 22 фунтів: +1
 Якщо навантаження > 22 фунтів: +2
 Відрегулювати: якщо сила удару або швидкого наростання: додайте +1

Крок 6: Оцінка А, пошук рядка в таблиці С
 Додайте значення з кроків 4 і 5, щоб отримати Оцінку А

Знайдіть у Таблиці С

Оцінка
 1 = Незначний Ризик
 2-3 = Низький Ризик. Може знадобитися зміна.
 4-7 = Середній ризик. Подальше дослідження. Незабаром зміниться.
 8-10 = Високий ризик. Досліджуйте та впроваджуйте зміни
 11+ = дуже високий ризик. Впровадьте зміни.

Оцінки

Таблиця А

	Шия	
	1	2
Ноги	1 2 3 4	1 2 3 4
Тулуб	1 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4	2 3 4
Постава	2 2 3 4 5 3 4 5 6 4 5 6 7	5 6 7
Оцінка	4 3 5 6 7 5 6 7 8 6 7 8 9	8 9
	5 4 6 7 8 6 7 8 9 7 8 9 9	

Таблиця Б

	Нижня рука		
	1		
	2		
Зап'ястя	1 2 3 1 2 3		
Верхній Рука	1 2 3 2 3 4		
Оцінка	3 3 4 4 5 4 5 5		
	4 4 5 5 5 6 7		
	5 6 7 8 7 8 8		
	6 7 8 8 8 9 9		

Таблиця С

	Оцінка А			Оцінка Б		
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	2	3	4
2	1	2	2	3	4	5
3	2	3	3	4	5	6
4	3	4	4	5	6	7
5	4	4	4	5	6	7
6	6	6	6	7	8	9
7	7	7	7	8	9	10
8	8	8	8	9	10	10
9	9	9	9	10	10	11
10	10	10	10	11	11	12
11	11	11	11	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12

10 + 1 = 11
 Таблиця С Оцінка Оцінка Активності REBA оцінка

Б. Аналіз руки та зап'ястка

Крок 7: Визначте положення плеча
 20° +1
 20° +2
 20° +2
 20-45° +3
 90°+ +4
 у розширенні

Крок 7а: Налашуйте...
 Якщо плече підняте: +1
 Відведення плеча: +1
 Якщо рука підтримується або людина нахилена: -1
 2 Оцінка верхньої частини руки

Крок 8: Визначте положення нижньої частини руки:
 60-100° +1
 100° +2
 0-80° +3
 2 Оцінка нижньої частини руки

Крок 9: Визначте положення зап'ястя:
 15° +1
 15°+ +2
 15°+ +3
 3 Оцінка зап'ястя

Крок 9а: Налашуйте...
 Якщо хрестик зігнутий від середньої лінії або скручений: додайте +1

Крок 10: Оцінка постави вгору в таблиці Б
 Використовуючи значення з кроків 7-9 вище, знайдіть оцінку в Таблиці Б

Крок 11: Додайте оцінку зчеплення
 Добре піднята рукоятка та потужна рукоятка середнього рівня, добре: +0
 Прийнятний, але не ідеальний утримання за руку або прийнятне зчеплення з іншою частиною тіла, справедливо: +1
 Тримання рук неприйнятно, але можливо, погано: +2
 Без ручок, незручно, небезпечно будь-якою частиною тіла, неприпустимо: +3
 4 Оцінка постави Б + 1 Оцінка зчеплення = 5 Оцінка Б

Крок 12: Оцінка Б, знайдіть колонку в Таблиці С
 Додайте значення з кроків 10 і 11, щоб отримати Оцінку В. Знайдіть крок 6 стовпця, щоб отримати оцінку Таблиці С.
 +1 Для виключає швидкі великі зміни пози або нестійку основу

Крок 13: Оцінка активності
 +1 1 або більше частин тіла утримуються довше 1 хвилини (стійка)
 +1 Повторювані дії з невеликою дальністю (більше 4 разів на хвилину)
 +1 Для виключає швидкі великі зміни пози або нестійку основу

Рис. 4. Оцінка ступеня ризику за системою REBA при виконанні отворів ручним інструментом у положенні стоячи

ERGONIMICS PLUS REBA Таблиця оцінки співробітників

Назва завдання: _____ Дата: _____

А. Аналіз шиї та тулуба

Крок 1: Визначте положення шиї
 10-20° +1
 20° +2
 20° +2
 3 Оцінка шиї

Крок 1а: Налашуйте...
 Якщо шия скручується: +1
 Якщо шия згинається: +1

Крок 2: Знайдіть положення тулуба
 0-20° +1
 20-50° +2
 20-50° +3
 60°+ +4
 2 Оцінка тулуба

Крок 2а: Налашуйте...
 Якщо тулуб скручується: +1
 Якщо тулуб згинається: +1

Крок 3: Нogi
 Налашуйте
 30-60° +1
 >50° +2
 Додати +1
 Додати +2
 2 Оцінка ноги

Крок 4: Оцінка постави вгору в таблиці А
 Використовуючи значення з кроків 1-3 вище, знайдіть оцінку в Таблиці А

Крок 5: Додайте показник Сими/Навантаження
 Якщо навантаження < 11 фунтів: +0
 Якщо навантаження від 11 до 22 фунтів: +1
 Якщо навантаження > 22 фунтів: +2
 Відрегулювати: якщо сила удару або швидкого наростання: додайте +1

Крок 6: Оцінка А, пошук рядка в таблиці С
 Додайте значення з кроків 4 і 5, щоб отримати Оцінку А

Знайдіть у Таблиці С

Оцінка
 1 = Незначний Ризик
 2-3 = Низький Ризик. Може знадобитися зміна.
 4-7 = Середній ризик. Подальше дослідження. Незабаром зміниться.
 8-10 = Високий ризик. Досліджуйте та впроваджуйте зміни
 11+ = дуже високий ризик. Впровадьте зміни.

Оцінки

Таблиця А

	Шия	
	1	2
Ноги	1 2 3 4	1 2 3 4
Тулуб	1 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4	2 3 4
Постава	2 2 3 4 5 3 4 5 6 4 5 6 7	5 6 7
Оцінка	4 3 5 6 7 5 6 7 8 6 7 8 9	8 9
	5 4 6 7 8 6 7 8 9 7 8 9 9	

Таблиця Б

	Нижня рука		
	1		
	2		
Зап'ястя	1 2 3 1 2 3		
Верхній Рука	1 2 3 2 3 4		
Оцінка	3 3 4 4 5 4 5 5		
	4 4 5 5 5 6 7		
	5 6 7 8 7 8 8		
	6 7 8 8 8 9 9		

Таблиця С

	Оцінка А			Оцінка Б		
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	2	3	4
2	1	2	2	3	4	5
3	2	3	3	4	5	6
4	3	4	4	5	6	7
5	4	4	4	5	6	7
6	6	6	6	7	8	9
7	7	7	7	8	9	10
8	8	8	8	9	10	10
9	9	9	9	10	10	11
10	10	10	10	11	11	12
11	11	11	11	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12

8 + 1 = 9
 Таблиця С Оцінка Оцінка Активності REBA оцінка

Б. Аналіз руки та зап'ястка

Крок 7: Визначте положення плеча
 20° +1
 20° +2
 20° +2
 20-45° +3
 90°+ +4
 у розширенні

Крок 7а: Налашуйте...
 Якщо плече підняте: +1
 Відведення плеча: +1
 Якщо рука підтримується або людина нахилена: -1
 2 Оцінка верхньої частини руки

Крок 8: Визначте положення нижньої частини руки:
 60-100° +1
 100° +2
 0-80° +3
 2 Оцінка нижньої частини руки

Крок 9: Визначте положення зап'ястя:
 15° +1
 15°+ +2
 15°+ +3
 3 Оцінка зап'ястя

Крок 9а: Налашуйте...
 Якщо хрестик зігнутий від середньої лінії або скручений: додайте +1

Крок 10: Оцінка постави вгору в таблиці Б
 Використовуючи значення з кроків 7-9 вище, знайдіть оцінку в Таблиці Б

Крок 11: Додайте оцінку зчеплення
 Добре піднята рукоятка та потужна рукоятка середнього рівня, добре: +0
 Прийнятний, але не ідеальний утримання за руку або прийнятне зчеплення з іншою частиною тіла, справедливо: +1
 Тримання рук неприйнятно, але можливо, погано: +2
 Без ручок, незручно, небезпечно будь-якою частиною тіла, неприпустимо: +3
 4 Оцінка постави Б + 1 Оцінка зчеплення = 5 Оцінка Б

Крок 12: Оцінка Б, знайдіть колонку в Таблиці С
 Додайте значення з кроків 10 і 11, щоб отримати Оцінку В. Знайдіть крок 6 стовпця, щоб отримати оцінку Таблиці С.
 +1 Для виключає швидкі великі зміни пози або нестійку основу

Крок 13: Оцінка активності
 +1 1 або більше частин тіла утримуються довше 1 хвилини (стійка)
 +1 Повторювані дії з невеликою дальністю (більше 4 разів на хвилину)
 +1 Для виключає швидкі великі зміни пози або нестійку основу

Рис. 5. Оцінка ступеня ризику за системою REBA при виконанні отворів ручним інструментом у положенні сидячи

© О. О. Ченчева, Є. Є. Лашко, С. В. Сукач, Д. В. Резнік

ERGONOMICS PLUS REBA Таблиця оцінки співробітників Назва завдання: _____ Дата: _____

A. Аналіз ший та тлуба

Крок 1: Визначте положення ший
 +1 10-20° +2 20°+
 Оцінка ший: **3**

Крок 2: Знайдіть положення тлуба
 +1 0° +2 20-60° +3 60°+
 Оцінка тлуба: **5**

Крок 3: Ноги
 +1 30-60° +2 60°+
 Оцінка ноги: **4**

Крок 4: Оцінка постави вгорі в таблиці А
 Використовуючи значення з кроків 1-3 вище, знайдіть оцінку в Таблиці А
 Оцінка постави А: **9**

Крок 5: Додайте показник Сими/Навантаження
 Якщо навантаження < 11 фунтів +0
 Якщо навантаження від 11 до 22 фунтів +1
 Якщо навантаження > 22 фунтів +2
 Відрегулюйте якщо сімк устроу або швидкого наростання; додайте +1
 Сими/Навантаження: **0**

Крок 6: Оцінка А, пошук рядка в таблиці С
 Додайте значення з кроків 4 і 5, щоб отримати Оцінку А.
 Знайдіть у Таблиці С.
 Оцінка А: **9**

Оцінка
 1 = Низький Ризик
 2-3 = Низький Ризик. Може знадобитися зміна.
 4-7 = середній ризик. Подальше дослідження. Незабаром зміниться.
 8-10 = високий ризик. Дослідуйте та впровадьте зміни
 11+ = дуже високий ризик. Впровадити зміни.

Оцінки

Таблиця А: Ший, Туба, Постава, Оцінка

Таблиця Б: Нижня рука, Зап'ястя, Верхова, Рука, Оцінка

Таблиця С: Оцінка А, Оцінка Б

Б. Аналіз руки та зап'ястка

Крок 7: Визначте положення плеча
 +1 у розширенні +2 20° 20° 50° 20-45°
 Крок 7а: Налаштуйте...
 Якщо плече падає: +1
 Якщо плече підтримується або лодка навантається: -1
 Оцінка верхньої частини руки: **2**

Крок 8: Визначте положення нижньої частини руки:
 +1 60-100° +2 100°
 Оцінка нижньої частини руки: **2**

Крок 9: Визначте положення зап'ястя:
 +1 15° +2 15°+
 Оцінка зап'ястя: **3**

Крок 9а: Налаштуйте...
 Якщо хрестик зігнутий від середньої лінії або скручений: додайте +1

Крок 10: Оцінка постави вгорі в таблиці Б
 Використовуючи значення з кроків 7-9 вище, знайдіть оцінку в Таблиці Б
 Оцінка постави Б: **4**

Крок 11: Додайте оцінку зчеплення
 Добре підтримана рукоятка та потужна рукоятка середнього рівня; добре: +0
 Прийнятний, але не ідеальний утримання за руку або прийнятне зчеплення з іншою частиною тіла; Оцінка зчеплення справедливо: +1
 Тримання рук неприйнятно, але можливо, погано: +2
 Без ручок, незручно, небезпечно будь-якою частиною тіла, неприпустимо: +3
 Оцінка зчеплення: **5**

Крок 12: Оцінка Б, знайдіть колонку в Таблиці С
 Додайте значення з кроків 10 і 11, щоб отримати Оцінку Б. Знайдіть крок 6 стовпця, щоб отримати оцінку Таблиці С.
 +1 Для виключно швидкі великі зміни пози або нестійку основу

Крок 13: Оцінка активності
 +1 1 або більше частин тіла утримуються довше 1 хвилини (стійка)
 +1 Повторювані дії з невеликою дальністю (більше 4 разів на хвилину)
 +1 Для виключно швидкі великі зміни пози або нестійку основу

Таблиця С Оцінка + Оцінка Активності = REBA оцінка: **10 + 1 = 11**

Рис. 6. Оцінка ступеня ризику за системою REBA для операції переміщення заготовки

- застосування засобів індивідуального захисту, таких як респіратори, захисні окуляри, рукавички та спеціальний одяг;
- забезпечення належного технічного обслуговування обладнання для зменшення рівня шуму та вібрації;
- організація регулярних медичних оглядів для працівників, які займаються обробкою карбоновмісних композитів;
- навчання працівників щодо безпечних методів роботи з високотехнологічними матеріалами й обладнанням, яке використовується для їхнього оброблення.

Табл. 2

Складові ризику			Шкідливі фактори та м'язове навантаження працівника	Позначення	Оцінки
Небезпека	Небезпечна подія	Наслідки			
Вплив шкідливих чинників та переван-	Профзахворювання (захворювань дихальної системи, глухуватість і глухота, вібраційна хвороба,	Втрата працездатності		$k_{Rin,пил}$	5,45
				$k_{Rin,шум}$	1,28

таження м'язів	порушення опорно-рухового апарату)		Визначення бального показника рівня вібрації	$k_{Rin.вiбр.}$	1,31
			Визначення показника ергономічних ризиків	$R_{ерго}$	11
Інтегральна оцінка ризиків (IRA)				R_{IRA}	100,5

Табл. 3

Оцінка індексу навантаження свердлувальника у положенні сидячи

Складові ризику			Шкідливі фактори та м'язове навантаження працівника 	Позначення	Оцінки
Небезпека	Небезпечна подія	Наслідки			
Вплив шкідливих чинників та перевантаження м'язів	Профзахворювання (захворювань дихальної системи, глухуватість і глухота, вібраційна хвороба, порушення опорно-рухового апарату)	Втрата працездатності	Визначення бального показника пилового забруднення	$k_{Rin.пил}$	5,1
			Визначення бального показника шумового навантаження	$k_{Rin.шум}$	1,2
			Визначення бального показника рівня вібрації	$k_{Rin.вiбр.}$	1,26
			Визначення показника ергономічних ризиків	$R_{ерго}$	9
Інтегральна оцінка ризиків (IRA)				R_{IRA}	69,4

Табл. 4

Оцінка індексу навантаження свердлувальника під час переміщення та закріплення оброблюваної заготовки

Складові ризику			Шкідливі фактори та м'язове навантаження працівника 	Позначення	Оцінки
Небезпека	Небезпечна подія	Наслідки			
Вплив шкідливих чинників та перевантаження м'язів	Профзахворювання (захворювань дихальної системи, глухуватість і глухота, вібраційна хвороба, порушення опорно-рухового апарату)	Втрата працездатності	Визначення бального показника пилового забруднення	$k_{Rin.пил}$	1,8
			Визначення бального показника шумового навантаження	$k_{Rin.шум}$	1
			Визначення бального показника рівня вібрації	$k_{Rin.вiбр.}$	1
			Визначення показника ергономічних ризиків	$R_{ерго}$	11
Інтегральна оцінка ризиків (IRA)				R_{IRA}	19,8

Оцінка інтегрального ризику R_{IRA}

Бали		Рівень ризику
1		Незначний
2–3		Низький
4–7		Середній
8–10		Високий
11+		Дуже високий

Висновки.

У результаті виконаного комплексного дослідження можна зробити висновок що:

1. наявне значне перевищення гігієнічних регламентів хімічних речовин у повітрі робочої зони під час свердлування карбоновмісних композитів у положенні стоячи та сидячи, а також під час переміщення та закріплення оброблюваної заготовки;

2. показники шумового навантаження перевищують ГДЗ під час виконання відповідного виробничого завдання, за винятком операції переміщення та закріплення заготовки, що безпосередньо пов'язано зі квазікрихкою структурою такого типу композиційних матеріалів;

3. наявне перевищення рівня вібрації від роботи свердлувального верстата, а також відповідність нормативним значенням під час переміщення та закріплення заготовки;

4. використання методики швидкої оцінки всього тіла (REBA) показало, що підняття, встановлення та перенесення заготовок, а також виконання отворів у верхньому стоячому та сидячому положенні є завданням із дуже високим рівнем ризику, яке потребує термінових дій з метою упередження настання травматичних подій;

5. запропоновано використовувати новий підхід (Integrated risk assessment, IRA) з метою отримання інтегральної оцінки ризиків під час оброблення високотехнологічних композиційних матеріалів, який ураховує комплексний вплив кожного окремого фактору, а саме: пилового забруднення, шумового навантаження, вібрації й ергономічних ризиків.

Список використаних джерел:

1. Nygaard, N.P., Thomsen, G.F., Rasmussen, J., Skadhauge, L.R., Gram, B. (2022). Ergonomic and individual risk factors for musculoskeletal pain in the ageing workforce. *Journal BMC Public Health*, 22, 1975.

2. Vijayakumar, R., Choi, J.-h. (2022). Emerging Trends of Ergonomic Risk Assessment in Construction Safety Management: A Scientometric Visualization Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 16120.

3. Yokoyama, K., Iijima, S., Ito, H., Kan, M. (2013). The socio-economic impact of occupational diseases and injuries. *Industrial Health*, 51(5), 459–461.

4. Kruzhilko, O., Polukarov, O., Kalinchyk, V., Tkalych, I. (2019). Improvement of the workplace environmental physical factors values monitoring by determining the optimal interval for their control. *Archives of Materials Science and Engineering*, 99/1–2, 42–49.

5. Tsopa, V., Cheberiyachko, S., Cheberiyachko, Y., Deryugin, O., Chencheva, O., Riezniak, D., Klimov, E., Lashko, Y., Pashko, D., & Biliaieva, V. (2024). Development of a new ergonomic risks management algorithm on the example of drivers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(3 (128)), 38–49.

6. Ченчева, О. (2023). Аналіз фракційного складу пилу робочої зони при свердлуванні композиційних матеріалів на основі карбонових волокон. *Екологічна безпека та природоохористування*, 46(2), 100–108.

7. Резнік, Д. (2023). Експериментальні дослідження шумового забруднення механообробних дільниць. *ВІСТІ Донецького гірничого інституту*, 2(53).60–70.