

В.П. Калінчик, канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0003-4028-0185

В.В. Калінчик, канд. техн. наук, ORCID 0000-0003-3931-646X

В.А. Побігайло, канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0003-2673-7329

Д.О. Мельник, магістрант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## ФОРМУВАННЯ СКЛАДУ ВПЛИВАЮЧИХ ШКІДЛИВИХ І НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ

В статті проведений аналіз виробничої системи та сформований склад впливаючих шкідливих та небезпечних факторів. В якості об'єкта дослідження аналізуються підприємства з вироблення скла і скляних виробів. Представлена технологія вироблення скла і скляних виробів. Показано, що технологія отримання скла складається з двох виробничих циклів: циклу технології приготування скломаси і циклу технології отримання скляних виробів. Скловаріння проводиться в трьох стадіях: перша стадія – варіння у скловарних печах, коли відбувається хімічна взаємодія та освітлювання в'язкої маси, друга стадія – освітлення, відбувається видалення бульбашок, а також розчинення нерозчинених зерен піску. Третя стадія – охолодження скломаси до температури найбільш зручної для виготовлення виробів. У такій технології можна виділити характерні виробничі процеси, які характеризуються наявністю небезпечних та шкідливих для людини факторів. Транспортування сировини характеризується впливом шуму, впливом на дихальні шляхи аерозолів, впливом ергономічних факторів, виробничим травматизмом. Випалювання і плавлення характеризуються впливом продуктів згоряння, впливом димів і аерозолів вихідної сировини, пожежами або вибухами, впливом інфрачервоного випромінювання розплавленого матеріалу, електротравматизмом, впливом шумів. Ручні операції в процесі виробництва, переробки, фасувально-пакувальних робіт і зберігання на складі, відновлювальні роботи та реконструкція характеризуються різного роду травматизмом. Наведені чинники складають факторне поле небезпечних для людини впливів, яке містить чотири групи факторів: механічні – шум, ергономічні фактори виробництва, виробничий травматизм; температурні – теплове випромінювання, вплив продуктів згоряння, пожежі та вибухи, теплові удари та опіки; вплив аерозолів на дихальні шляхи людини, вплив допоміжних хімічних речовин; електричні – електротравматизм, вплив електромагнітних полів, а також вплив мікроклімату виробничих приміщень, який визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, температури навколишніх його поверхонь. Показано, що рівень впливу небезпечних та шкідливих факторів експертно може бути встановлений, використовуючи відомий метод рангової кореляції. Одержані результати можуть бути використані для попереднього експертного оцінювання впливу небезпечних та шкідливих факторів на персонал підприємства з вироблення скла і скляних виробів.

**Ключові слова.** Охорона праці, моніторинг, виробнича система, скло, скляні вироби, експертне оцінювання.

**Вступ.** Сучасні методи оцінки рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів включають в арсенал своїх процедур та інструментів такий їх набір: процедуру ідентифікації ризиків; методологію оцінки ризиків, що спирається на визначення рівнів шкідливого впливу факторів ризику і ступеня їх впливу на організм людини.

Методологія оцінки ризиків спрямована на встановлення залежності «шкідливий вплив - результат», що виражається в кінцевому підсумку у визначенні шкідливого впливу на працівників певних професійних груп.

**Метою роботи** є аналіз виробничої системи та формування складу впливаючих шкідливих та небезпечних факторів.

**Викладення основного матеріалу.** Для формування складу впливаючих шкідливих та небезпечних факторів в першу чергу необхідно провести аналіз виробничої системи. В даній роботі в якості об'єкта дослідження аналізуються підприємства з вироблення скла і скляних виробів (рис. 1).

В основі сучасної технології виготовлення скла лежить метод Флоат, оскільки він має деякі переваги: висока продуктивність, утворення зовсім незначних оптичних дефектів скляної продукції, а отже, не виникає необхідність проведення додаткової обробки скла [1– 6].

© В.П. Калінчик, В.В. Калінчик, В.А. Побігайло, Д.О. Мельник, 2020

Вихідними матеріалами для виготовлення скла є білий кварцовий пісок SiO<sub>2</sub>, сода Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, вапняк або крейда CaCO<sub>3</sub>.

Допоміжними матеріалами є: барвники – додають певного кольору (оксиди свинцю, міді, бору); глушники – розподіляються в склі у вигляді дрібних частинок, розсіюють світло і утворюють скло молочно-білого кольору (фосфорнокислі, фтористі солі); знебарвлювачі – усувають фарбування скла від оксидів заліза (оксид нікелю, селен, сполуки марганцю); освітлювачі – видаляють газові включення (бульбашки) із розплаву (триоксид миш'яку, селітра); прискорювачі – прискорюють процес варіння скла (сполуки фтору, бору, хлору).

Технологія отримання скла складається з двох виробничих циклів [4-6].

*Цикл технології підготовки скломаси включає операції:*

– підготовки сирих матеріалів;  
– змішування їх у певних співвідношеннях відповідно із заданим хімічним складом скла в однорідну шихту;

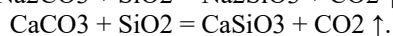
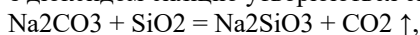
– варіння шихти в скловарних печах для отримання однорідної скломаси.

*Цикл технології отримання скляних виробів складається з операцій:*

– доведення скломаси до потрібної температури (і в'язкості);  
– формування виробів;  
– поступового охолодження виробів з метою ліквідації виникаючих у процесі формування напруг;  
– термічної, механічної або хімічної (окремо або у взаємному поєднанні) обробки відформованих виробів для додання їм заданих властивостей.

Скловаріння проводиться при температурах 1400–1600°C. У ньому розрізняють три стадії.

Перша стадія – варіння, коли відбувається хімічна взаємодія та освітлювання в'язкої маси. Варіння скла здійснюється у скловарних печах. Вибір типу печі обумовлюється видом використаного палива, асортиментом виробів, розмірами виробництва тощо. Управління сучасною скловарною піччю суворо контролюється і в значній мірі автоматизоване. Контроль доведений до високого ступеня точності. Автоматично регулюються: тиск, співвідношення газоподібного або рідкого палива і повітря; кількість поданого в піч палива; рівень скломаси у ванні та інші параметри. Суміш цих речовин у відповідних співвідношеннях (скляну шихту) сплавляють у спеціальних печах. Спочатку при 700–800°C внаслідок взаємодії карбонатів натрію і кальцію з діоксидом силіцію утворюються силікати натрію і кальцію:



При 1200–1300°C силікати натрію і кальцію з надлишком діоксиду силіцію утворюють сплав



Друга стадія – освітлення, відбувається видалення бульбашок, а також розчинення залишків нерозчинених зерен піску; в цій стадії скло витримується в печі протягом декількох годин, при найбільш високій температурі. Скляну масу в розплавленому стані витримують до повного видалення газів та проводять знебарвлення додаванням незначних кількостей діоксиду марганцю MnO<sub>2</sub>. Звичайне скло буває забарвлене в зелений колір домішками оксидів заліза, які потрапляють разом з піском. Діоксид марганцю надає склу рожевого забарвлення, а зелений і рожевий кольори в сукупності дають білий колір.

Третя стадія – охолодження скломаси до температури найбільш зручної для виготовлення з неї тих чи інших виробів.

В такій технології можна виділити наступні характерні виробничі процеси, які характеризуються наявністю небезпечних та шкідливих для людини факторів [6–10].

#### **1. Транспортування сировини:**

– вплив шуму в діапазоні від 85 до 100 дБ. Основні джерела шуму – пневматичні вібратори, компресори, пускачі, приводні двигуни змішувачів, вентилятори і пилозбірники;

– вплив на дихальні шляхи аерозолів, що утворюються в процесі транспортування і перемішування гранульованої твердої сировини. Шкідливий вплив залежить від складу сировини, але дуже часто обумовлений використанням кремнезему, глини, окису алюмінію, вапна, лужного пилу, оксидів металів, важких металів і шкідливих речовин;

– вплив ергономічних факторів, пов'язаних з виконанням вручну вантажно-розвантажувальних операцій і підйомом мішків з сировиною, з роботою вібраторів, транспортних засобів і експлуатацією обладнання;

– виробничі травми – їх причиною можуть бути рухомі залізничні вагони або автомашини, заводський вантажний транспорт; травми можна отримати також при роботі на висоті, вході в замкнутий простір, роботі з електричним, пневматичним або механічним обладнанням; причинами поранень можуть бути, наприклад, захоплення обладнанням, обертові частини, приводні шестерні, вали, ремені і ролики.

**2. Випалювання і плавлення:**

- вплив продуктів згоряння, наприклад, окису вуглецю, окислів азоту та діоксиду сірки;
- вплив димів і аерозолів вихідної сировини (наприклад, оксиду кремнію, металів, лужного пилу) або побічних продуктів (наприклад, фтористого водню, кристобалиту, диму важких металів);
- пожежі або вибухи, зумовлені використанням палива для нагріву або палива для автотранспорту; існує потенційна небезпека виникнення пожежі або вибуху в ємностях для зберігання палива, розподільних трубопроводах або випарювачах, а також в часто використовуваних дублюючих або резервних паливних газових системах;
- вплив інфрачервоного випромінювання розплавленого матеріалу, що збільшує ризик появи теплової катаракти і опіків шкіри;
- випромінювання енергії і тепловий удар - температура навколишнього середовища поблизу печей для випалу може бути досить високою. При виконанні аварійних ремонтних або звичайних профілактичних робіт в зоні процесів плавлення існує небезпека теплового удару. При зіткненні з нагрітими поверхнями або розплавленим матеріалом можливі серйозні опіки;
- електротравматизм – прямий вплив високої напруги, необхідної для роботи нагрівачів опору, які використовуються як джерела додаткового нагрівання поряд з паливною системою, може бути причиною виробничої травми зі смертельним результатом, а також становить небезпеку, як джерело електромагнітних полів. Сильні магнітні або електричні поля можуть створювати перешкоди для роботи електротрокардіостимуляторів та інших медичних приладів;
- вплив шуму, рівень якого перевищує 85–90 дБ, від роботи повітродувок, завантажувальних бункерів і змішувачів, живильників і конвеєрів.

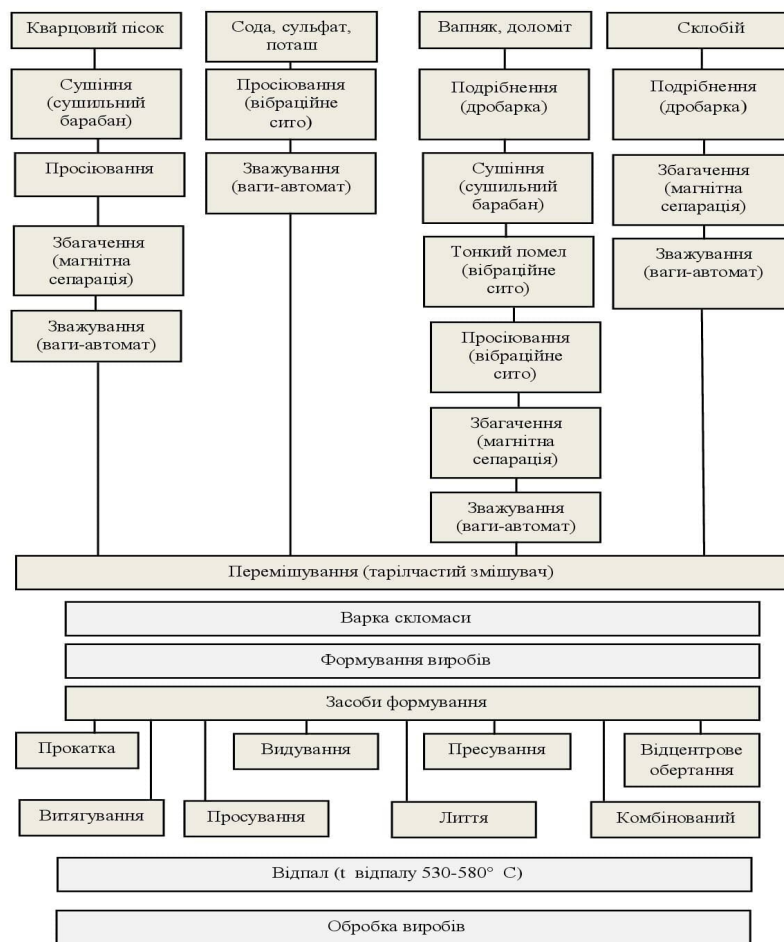


Рисунок 1– Технологія вироблення скла і скляних виробів

**3. Ручні операції в процесі виробництва, переробки, фасувально-пакувальних робіт і зберігання на складі:**

У аналізованій галузі промисловості умови ручної праці при виконанні робочих операцій з переробки сировини, розфасовці і упакувці в значній мірі відрізняються в залежності від розміру, форми і

ваги виробів. Наявність сипучого матеріалу і матеріалів з високою щільністю обумовлює звичайні види травматизму, характерні для цих умов. Операції з підйому, вантажно-розвантажувальні операції в процесі виробництва, переробка та пакування, а також складські операції з використанням ручної праці призводять до різних видів травматизму із втратою працездатності.

Важливий фактор запобігання *ергономічному травматизму* є використання робототехніки, що замінює ручну працю при маніпуляціях з вантажами. Роботизовані засоби зменшують ергономічні навантаження і частоту появи рваних ран, походження яких пов'язане з виконанням ручних робіт (наприклад, при виробництві листового скла). Однак зростання частки роботів і автоматичної техніки підвищує небезпеку травматизму від рухомих частин обладнання та електрики, причому картина ускладнюється потенційним поєднанням різних видів травматизму і можливістю травмування працівників, що знаходяться поблизу (наприклад, поширення травматизму від робітників з виробничих ділянок на персонал, який виконує профілактичні роботи). Головний спосіб контролю за травматизмом робітників виробничих ділянок і персоналу, зайнятого виконанням профілактичних робіт, – це використання засобів електронного контролю відповідної конструкції, усталена логічна послідовність виконання операцій, огороження машин і обладнання, повне блокування електроживлення, забезпечення безпечних умов експлуатації та профілактики устаткування.

#### **4. Відновлювальні роботи та реконструкція:**

При виконанні відновлювальних або ремонтних робіт в холодних печах трапляються численні випадки травматизму. Будівельні роботи також характеризуються широким спектром потенційного травматизму. Великі ризики ергономічного плану при виконанні вручну операцій з вантажами, небезпечний вплив аерозолу оксиду кремнію, азбесту, волокон вогнетривкої кераміки або частинок, що містять домішки важких металів, на стадії розбирання або при роботі з відходами на стадії різання і зварювання. Ризики підвищує і вплив тепла, робота на висоті, можливість впасти, поскокзнутися або потрапити в рухомі механізми, небезпека перебування в замкнутому просторі, небезпечний контакт з джерелами енергії.

Вищенаведені чинники складають факторне поле небезпечних для людини впливів [10], яке містить чотири групи факторів.

**Механічні – шум, ергономічні фактори виробництва, виробничий травматизм.** Найбільш небезпечним в цій групі факторів є виробничий шум, оскільки повністю уникнути його неможливо, і він може стати причиною виробничого травматизму. У робітників, які мають справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Проте тривалий шум впливає не лише на слух. Він робить людину нервовою, погіршує її самопочуття, знижує працездатність та швидкість руху, сповільнює розумовий процес. Усе це може спричинити аварію на виробництві. Шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушує слух, до 120 дБ – призводить до фізичного болю, який може бути нестерпним. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10–15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення.

**Температурні – теплове випромінювання, вплив продуктів згоряння, пожежі та вибухи, теплові удари та опіки.** Головним параметром для цієї групи факторів є температура, або її перевищення над температурою, яка є нормальною для діяльності людини, оскільки людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем. Для того, щоб фізіологічні процеси проходили нормально, тепло, яке виділяє організм, має виводитись в навколишнє середовище. Співвідношення між кількістю цього тепла і здатністю середовища до охолодження характеризує умови як комфортні. В умовах комфорту у людини не виникає турбот щодо температурних відчуттів охолодження чи перегріву. Висока температура впливає на людину і сприяє розширенню кровоносних судин. Відповідно має місце підвищений приплив крові до поверхні тіла, і тепловіддача в навколишнє середовище значно зростає. Однак, коли температура навколишнього середовища і поверхні досягає 30–35 °С, віддача тепла конвекцією і випромінюванням в основному припиняється. Більш висока температура повітря сприяє тому, що більша частина тепла віддається за рахунок випаровування його з поверхні шкіри. В таких умовах організм втрачає відповідну кількість вологи, а разом з нею і солі, які відіграють важливу роль в його життєдіяльності.

Під час впливу високої температури повітря, інтенсивного теплового випромінювання є можливість перегрівання організму людини, що характеризується підвищенням температури тіла, рясним потовиділенням, прискореним пульсом і диханням, різкою слабкістю, запамороченням, а в тяжких випадках – появою судом і виникненням теплового удару.

Вплив продуктів згорання доцільно розглядати у поєднанні з їх хімічними властивостями в наступній групі факторів.

**Вплив аерозолів на дихальні шляхи людини, вплив допоміжних хімічних речовин.**

Шкідливий вплив факторів цієї групи визначається окремими маніпуляціями з сировиною, як і при здійсненні технологічних процесів.

При виконанні ремонтно-профілактичних робіт, у разі знесення, реконструкції та будівництві будівель.

Вплив в зонах відсутності вентиляції, в разі протікання і порушення герметичності на ділянках переміщення матеріалу, випускних жолобів, конвеєрів, елеваторів, грохотів і сит, змішувачів, установок для подрібнення і стирання, ємностей для зберігання, клапанів, трубопроводів, печей для сушки і затвердіння і т.ін .

Використання абразивних матеріалів, що викликають підвищене зношування систем транспортування і зберігання в процесі виробництва. Порушення умов утримання обладнання газоочищення, скрубберів і пілозбірників, використання стисненого повітря для виконання операцій очищення збільшує ризик небезпечного впливу.

Шкідливий вплив факторів цієї групи визначається також хімічним складом речовини та її концентрацією. Найбільш розповсюдженими в цій групі є:

Вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , що утворюється в результаті спалювання викопних видів палива, таких як вугілля, нафта, природний газ, штучне та синтетичне паливо і біомаса (деревина). У результаті неповного згорання виділяється також монооксид вуглецю  $\text{CO}$  – токсичний газ, що шкідливо впливає на серцево-судинну систему людини.

Діоксид сірки, або сірчистий ангідрид  $\text{SO}_2$  – один із найтоксичніших газоподібних викидів енергоустановок – становить приблизно 90 % викидів сірчистих сполук із димовими газами котлоагрегатів (решта –  $\text{SO}_3$ ). Найбільшу кількість сірки містять вугілля і важкі види нафтопродуктів; легкі нафтопродукти містять меншу кількість сірки і, нарешті, бензин і природний газ практично не мають її у своєму складі. Діоксид сірки впливає на окиснювання, руйнує матеріали, шкідливо впливає на здоров'я людини.

Оксиди азоту утворюються під час спалювання будь-якого з викопних видів палива, що містять азотні сполуки. Азот утворює із киснем ряд сполук ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  і  $\text{N}_2\text{O}_5$ ), властивості яких, активність і тривалість існування різні і слабо залежать від виду і складу палива. Концентрація оксидів азоту визначається режимом і організацією процесів горіння палива.

Токсичні продукти згорання становлять найбільшу загрозу для життя людини, особливо при пожежах в будівлях. Адже в сучасних виробничих, побутових та адміністративних приміщеннях знаходиться значна кількість синтетичних матеріалів, що є основними джерелами токсичних продуктів згорання. Так при горінні пінополіуретану та капрону утворюється ціанистий водень (синильна кислота), при горінні вінілпласту — хлористий водень та оксид вуглецю, при горінні лінолеуму — сірководень та сірчистий газ і т. ін. Найчастіше при пожежах відзначається високий вміст в повітрі оксиду вуглецю. Так, в підвалах, шахтах, тунелях, складах його вміст може становити від 0,15 до 1,5%, а в приміщеннях — 0,1—0,6%. Слід зазначити, що оксид вуглецю — це отруйний газ і вдихання повітря, в якому його вміст становить 0,4% — смертельне.

Можна зробити висновок, про взаємний зв'язок температурних та хімічних факторів, оскільки температура є однією з головних умов утворення шкідливих газів.

**Електричні – електротравматизм, вплив електромагнітних полів.** Дія електричного струму на людину має різносторонній характер.

Фактори, що діють на тяжкість ураження електричним струмом: сила, тривалість дії струму, його вид (постійний, змінний), шляхи проходження, також умови навколишнього середовища.

Електричний струм спричиняє термічну, електролітичну, біологічну та механічну дії.

Термічна дія проявляється у вигляді опіків тіла, нагріванні до високої температури органів, які знаходяться на шляху струму. При цьому виникають суттєві функціональні розлади.

Електролітична дія струму полягає в розшаруванні органічної рідини (крові, плазми), у зміні її фізико-хімічного складу.

Механічна дія струму – це розшарування, розриви тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту і миттєвого вибухоподібного утворення пари від перегрітої струмом тканинної рідини та крові.

Біологічна дія струму полягає в подразненні та збудженні живих тканин організму, а також супроводжується порушенням внутрішніх біоелектричних процесів.

Вплив електромагнітних полів (ЕМП) на організм людини залежить від щільності потоку енергії, частоти випромінювання, тривалості впливу, режиму опромінення, розмірів опромінюваної поверхні тіла, індивідуальних особливостей організму. В зоні впливу ЕМП людина зазнає теплового та біологічного впливу.

Аналізуючи наведене вище, приходимо до висновку, що різні небезпечні та шкідливі фактори мають різну тривалість дії, яка залежить від розглянутих виробничих процесів.

Окрім наведених вище небезпечних та шкідливих для людини факторів, які пов'язані безпосередньо з виробничим процесом, необхідно також розглядати вплив мікроклімату виробничих приміщень, який визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишніх його поверхонь.

Рівень впливу небезпечних та шкідливих факторів експертно може бути встановлений, використовуючи відомий метод рангової кореляції [11,12].

Обробка думок спеціалістів починається із складання анкети. Анкета складається із ряду факторів, які аналізуються і розташовуються по горизонталі:  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Спеціалістам, які добре знайомі із факторами впливу, пропонується присвоїти цим факторам номер тобто присвоїти ранги  $x_{ij}$  ( $x_{ij}$  – ранг  $j$ -го фактора, заданий  $i$ -им експертом). Після цього складається таблиця наступного виду.

Таблиця 1. Анкета для оцінювання рівня впливу факторів

Номер експерта	Фактори впливу			
	$x_1$	$x_2$	.....	$x_n$
1	$x_{11}$	$x_{12}$	.....	$x_{1n}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	.....	$x_{2n}$
.....				
$m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	.....	$x_{mn}$
$\sum_{i=1}^m x_{im}$	$\sum_{i=1}^m x_{i1}$	$\sum_{i=1}^m x_{i2}$	.....	$\sum_{i=1}^m x_{in}$

Середнє ранжованого ряду експерта визначається як  $0,5(n+1)$ , де  $n$  – кількість факторів.

Загальне середнє для всієї таблиці рангів визначається:

$$a = \frac{1}{2} m(n + 1), \tag{1}$$

де  $m$  – кількість експертів.

Квадрати відхилень сумарних рангів від загального середнього визначають

$$d_j^2 = (\sum_{i=1}^m x_{ij} - a)^2 \tag{2}$$

і сума квадратів відхилень

$$s(d_j^2) = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^m x_{ij} - a)^2 \tag{3}$$

Доведено, що при повній узгодженості думок експертів, максимальна сума квадратів визначається як

$$s(d_j^2)_{max} = \frac{1}{12} m^2(n^3 - n) \tag{4}$$

Надалі розраховується коефіцієнт конкордації

$$W_p = \frac{s(d_j^2)}{s(d_j^2)_{max}}. \tag{5}$$

При повній узгодженості експертів  $W_p = 1$ , а при відсутності узгодженості  $W_p = 0$ .

Для визначення значимості коефіцієнта конкордації використовується наступна процедура. Доказано, що при  $n > 7$  величина  $m(n-1) W_p$  має  $\chi^2$  - розподіл з числом ступенів свободи  $f = n-1$  (при  $n < 7$  – використовуються таблиці Кендала)

$$\chi^2 = m(n - 1)W_p. \tag{8}$$

Якщо розрахункове значення  $\chi^2$  розподілу виявиться більше ніж табличне

$$\chi^2 > \chi_{\text{кр}}^2(f = 1, q = 0,05),$$

то думки спеціалістів вважаються узгодженими, і будується діаграма (гістограма) впливу небезпечних та шкідливих факторів.

Метод експертних оцінок – це фактично метод прогнозування, критерієм якого є досягнення згоди серед усіх членів експертної групи.

Проведені експертні дослідження впливу небезпечних та шкідливих факторів на персонал підприємства з вироблення скла і скляних виробів.

Для восьми експертів підприємства були роздані анкети для визначення рівнів впливу на персонал наступних небезпечних та шкідливих факторів:  $x_1$  - шум (включаючи ультразвук та інфразвук),  $x_2$  - вібрація,  $x_3$  - запиленість,  $x_4$  - температура,  $x_5$  - вологість,  $x_6$  - освітленість,  $x_7$  - електромагнітні випромінювання,  $x_8$  - теплове випромінювання.

Результати опитування та розрахунку рангів зведені в табл. 2.

Таблиця 2– Результати ранжування

Номер експерта	Фактори впливу							
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
1	8	4	7	5	3	6	2	1
2	7	3	8	6	4	5	1	2
3	8	2	7	5	4	6	3	1
4	7	3	8	6	4	5	2	1
5	8	4	7	6	3	5	1	2
6	7	3	8	6	4	5	2	1
7	8	4	7	5	3	6	1	2
8	8	3	7	6	4	5	2	1
Сума рангів	61	26	59	45	29	43	14	11
$d_j^2$	625	100	529	81	49	49	484	625

Нижче наведені результати розрахунків.

Загальне середнє для всієї таблиці рангів:

$$a = \frac{1}{2} m(n + 1) = 36.$$

Сума квадратів відхилень:

$$S(d_j^2) = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^m x_{ij} - a)^2 = 2542.$$

Максимальна сума квадратів:

$$S(d_j^2)_{max} = \frac{1}{12} m^2(n^3 - n) = 2688.$$

Коефіцієнт конкордації

$$W_p = \frac{S(d_j^2)}{S(d_j^2)_{max}} = 0,9457.$$

$$\chi^2 = m(n - 1)W_p = 52,96.$$

Так як  $\chi^2 = 52,96 > \chi_{кр}^2 = 14,1$  для ( $f = 1, q = 0,05$ ), то думки спеціалістів вважаються узгодженими і результати ранжування представляються у вигляді гістограми (рис.2)

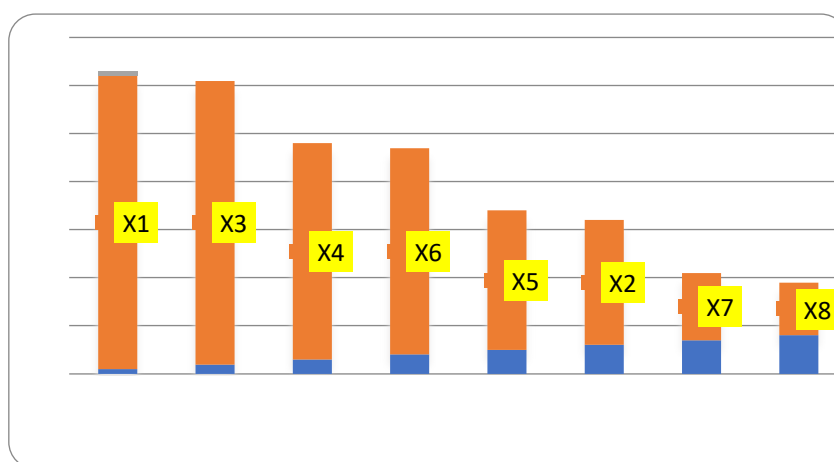


Рисунок 2. Гістограма ранжування впливу небезпечних та шкідливих факторів

Одержані таким способом результати можуть бути використані для попереднього експертного оцінювання впливу небезпечних та шкідливих факторів на персонал підприємства з вироблення скла і скляних виробів.

**Висновок.** Показано, що методологія оцінки ризиків спрямована на встановлення залежності «шкідливий вплив – результат», що виражається в кінцевому підсумку у визначенні шкідливого впливу на конкретних працівників певних професійних груп. У зв'язку з цим, для формування складу впливаючих небезпечних та шкідливих факторів, у першу чергу необхідно провести аналіз виробничої системи. Аналіз вибраного об'єкта дослідження – підприємства з вироблення скла і скляних виробів – показав, що технологія отримання скла складається з двох виробничих циклів, циклу технології приготування скломаси і циклу технології отримання скляних виробів, в кожному із яких наявні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Показано, що в такій технології можна виділити характерні виробничі процеси, які характеризуються наявністю небезпечних та шкідливих для людини. Рівень впливу небезпечних та шкідливих факторів попередньо може бути оцінений експертами, використовуючи для цього метод рангової кореляції.

#### Список використаної літератури

1. Дудеров И.Г. Общая технология силикатов/ Дудеров И.Г., Матвеев Г.М., Суханова В.Б - М.: Стройиздат, 1987. – 559 с.
2. Бутт Ю.М. Общая технология силикатов/ Бутт Ю.М., Дудеров Г.Н., Матвеев М.А. - М.: Стройиздат, 1976. - 559 с.
3. Павлушкин Н.М. Практикум по технологии стекла и ситаллов/ Павлушкин Н.М., Сентюрин Г.Т., Ходаковская Р.Я. - М.: Издательство литературы по строительству, 1970. – 509 с.
4. Павлушкин Н.М. Химическая технология стекла и ситаллов/ Павлушкин Н.М. - Москва: Стройиздат, 1983. — 432 с.
5. Артамонова М.В. Химическая технология стекла и ситаллов/ Артамонова М.В. - Москва, МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1982. - 48 с.
6. Гулоян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий/ Гулоян Ю.А. -Владимир: Транзит-Икс, 2003, 480 с.
7. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла/ Шелби Дж.; [перевод с английского Е. Ф. Медведева]. - М.: Мир, 2006. - 288 с.
8. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство стекла. - М. Бюро НДТ. – 2015. – 89 с.
9. Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для стекольного производства. [Электронный ресурс].- 2007. – 22 с. – Режим доступа: <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect>.
10. Чернова А. С. Гигиеническая оценка условий труда и риска нарушений здоровья работающих в современном производстве стеклотары: дис..... канд. мед. наук: 14.00.17/ Чернова Анна Сергеевна. - Санкт –Петербург, 2007. – 142 с.
11. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии/ Бондарь А.Г., Статюха Г.А.,Потяженко И.А. – К.: Вища школа. – 1980. – 264 с.
12. Калінчик В. Експертне оцінювання впливу небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища. *Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії* : матеріали XXXVII міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Переяслав-Хмельницький, 29-30 червня 2017 р. Переяслав-Хмельницький, 2017. С. 20–22.

V. Kalinchyk, Ph.D., ORCID 0000-0003-4028-0185

V. Kalinchyk, Ph.D., ORCID 0000-0003-3931-646X

V. Pobigaylo, Ph.D., ORCID 0000-0003-2673-7329

D. Melnyk, Master student

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

## FORMATION OF THE COMPOSITION OF INFLUENTIAL HARMFUL AND DANGEROUS FACTORS OF THE PRODUCTION SYSTEM

*The article analyzes the production system and the composition of the influencing harmful and dangerous factors. Glass and glass products are analyzed as the object of research. The technology of glass and glass products production is presented. It is shown that the technology of glass production consists of two production cycles: the cycle of glass technology and the cycle of glass products technology. Glassmaking is carried out in*



three stages: the first stage - heating in glass furnaces, when there is a chemical interaction and clarification of the viscous mass, the second stage - lighting, the removal of bubbles, as well as dissolving the remaining undissolved grains of sand and the third stage - cooling glass to temperature convenient for making products from it. In such technology it is possible to allocate the following characteristic production processes which are characterized by existence of dangerous and harmful to the person factors. Transportation of raw materials is characterized by the influence of noise, the impact on the respiratory tract of aerosols, the influence of ergonomic factors, occupational injuries. Burning and melting is characterized by the influence of combustion products, the influence of smoke and aerosols of raw materials by fires or explosions, the influence of infrared radiation of molten material, electrocution, noise. Manual operations in the process of production, processing, packaging and storage in the warehouse and restoration work and reconstruction is characterized by various injuries. These factors make up the factor field of dangerous human influences, which contains four groups of factors: mechanical - noise, ergonomic factors of production, occupational injuries; temperature - thermal radiation, exposure to combustion products, fires and explosions, heat stroke and burns; the effect of aerosols on the human respiratory tract, the effect of auxiliary chemicals; electric - electrical injury, the influence of electromagnetic fields, as well as the influence of the microclimate of industrial premises, which is determined by the combinations of temperature, humidity and air velocity acting on the human body, the temperature of the surrounding surfaces. It is shown that the level of influence of dangerous and harmful factors can be expertly established using the known method of rank correlation. The obtained results can be used for preliminary expert assessment of the impact of hazardous and harmful factors on the personnel of the enterprise for the production of glass and glass products.

**Keywords:** labor safety, monitoring, production system, glass, glass products, expert evaluation.

#### REFERENCES

1. I.G. Duderov. General Technology of Silicates / I.G. Duderov, G.M. Matveev, V.B. Sukhanova - Stroiizdat, Moscow, 1987. – 559 p.
2. Y.M. Butt. General Technology of Silicates / Y.M. Butt, G.H. Duderov, M.A. Matveev - M.: Stroiizdat, Moscow, 1976. - 559 p.
3. N.M. Pavlushkin. A Handbook of Glass and Sitall Technology / N.M. Pavlushkin, G.G. Sentyurin, R.Y. Khodakovskya - Stroiizdat, Moscow, 1970. – 509 p.
4. N.M. Pavlushkin. Chemical technology of glass and glass ceramics / N.M. Pavlushkin - Stroiizdat, Moscow, 1983. — 432 p.
5. M.V. Artamonova. Chemical Technology of Glass and Sitals / M.V. Artamonova - Moscow, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 1982. - 48 p.
6. Y.A. Guloyan. Technology of Glass and Glass Articles / Y.A. Guloyan - Tranzit-IKS, Vladimir, 2003, 480 p.
7. J. Shelby. Structure, Properties, and Technology of Glass / J. Shelby - Mir, Moscow, 2006. - 288 p.
8. Best Available Technology Information Technology Handbook. Glass production. - Moscow: Bureau NDT. – 2015. – 89 p.
9. Environmental, Health and Safety Guidelines for Glass Manufacturing. [Electronic resource].-. 2007. – 22 p.
10. A. S. Chernova. Hygienic assessment of working conditions and the risk of workers' health violations in modern glassware production: M.D. thesis: 14.00.17/ A.S. Chernova. - Saint Petersburg, 2007. -142 p.
11. A.G. Bondar. Experiment planning in chemical technology / A.G. Bondar, G.A. Statyukha, I.A. Potyazhenko – Kyiv: Vysshaya Shkola, 1980. – 264 p.
12. V.V. Kalinchyk. Expert assessment of the impact of hazardous and harmful factors of the production environment. Problems and prospects for the development of science at the beginning of the third millennium in Europe and Asia: materials XXXVII international scientific-practical Internet conference, Pereyaslav-Khmelnytsky, June 29-30 2017. p. 20–22.

Надійшла 28.12.2020

Received 28.12.2020