

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГРІДЯЄВ ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 614.896

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСОБУ
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ КОКСОХІМІЧНОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ**

спеціальність 263 Цивільна безпека
галузь знань 26 Цивільна безпека

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ В.В. Грідяєв
(підпис здобувача)

Науковий керівник – Голінько Василь Іванович, доктор технічних наук,
професор

Дніпро – 2023

АНОТАЦІЯ

Грідяєв В.В. Обґрунтування параметрів комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічної промисловості. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 – цивільна безпека (26 – цивільна безпека) – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Дніпро, Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини, Національна академія наук України, Міністерство освіти і науки України, Одеса, 2023.

У дисертаційній роботі, що є завершеною науковою роботою, надано рішення актуальної науково-прикладної задачі з обґрунтуванням параметрів комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічної промисловості на основі оцінки індивідуальних ризиків небезпеки на робочих місцях, що є умовою для підбору відповідних показників захисних пристроїв, з урахуванням антропометричних розмірів обличчя користувачів.

У дисертаційній роботі на основі проведеного аналізу фотознімків типових працівників коксохімічних виробництв удосконалено метод з визначення антропометричних точок на обличчі людини, який складається з побудови активних моделей форм облич, обчислення координат антропометричних точок, за рахунок тріангуляції областей зображення, на основі використання комбінації форми і способу порівняння фрагментів інформативної ознаки побудованих гістограм.

Виходячи з припущення, що інтегральне зображення обличчя має однакові розміри із перетвореним цифровим зображенням, за допомогою відповідних програм удосконалено алгоритм чисельного визначення інформативних ознак, що дозволяє домогтися збільшення швидкості обчислення піксельного шаблону зображення до 20 % у порівнянні з кращими

аналогами Three-Patch і Four-Patch при збереженні високої ефективності використання в процесі розпізнавання облич.

На підґрунті одержаних антропометричних даних щодо 400 типових користувачів засобів індивідуального захисту віком від 20 до 55 років визначено їх розподіл за довжиною і шириною обличчя та створено каталог антропометричних розмірів для проектування фільтрувальних респіраторів, які є основою комплексних засобів індивідуального захисту користувачів.

Для захисту від шкідливих аеродисперсних систем запропоновано технологію з виготовлення імпрегнованого волокнистого хемосорбенту кислих газів з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності (надалі – «Екофіл-1(і)»), який складається з двох шарів: першого – хемосорбційного і другого – індикаторного, котрі виготовляються імпрегнуванням полотен - носіїв розчинами реагентів заданої концентрації.

В результаті проведених підготовчих робіт зі створення каталогу типових розмірів облич користувачів та визначення шкідливих чинників на робочих місцях коксохімічних виробництв був розроблений комплексний засіб індивідуального захисту працюючих, який складається із балаклави з еластичного матеріалу, що закриває голову, нижню частину обличчя та шию, з'єднаної з корпусом фільтрувальної півмаски, яка захищає від газів і аерозолів, з розміщеними захисними пристроями для захисту органів слуху.

Результати лабораторних випробувань показали, що комплексний засіб захисту органів дихання і слуху (КЗЗОДС) є досить ефективним і забезпечує середнє значення коефіцієнта підсмоктування 1,5 %, що майже на 30 % менше від показників звичайних фільтрувальних респіраторів подібного класу захисту; ослаблення шуму в діапазоні частот 4000-8000 Гц становить від 19 до 26,7 дБ; в області речових частот (0,5÷2,0 кГц) акустична ефективність сягає 8÷16 дБ, завдяки чому зберігається можливість спілкування та своєчасного реагування на попереджувальні сигнали; використання комплексних засобів індивідуального захисту (КЗІЗ) з теплозахисними елементами дозволяє

зменшити на 80 % температуру нагріву голови у порівнянні з результатом, отриманим без використання захисного прилаштування.

Розроблено проект дослідного виробництва, який включає технології виготовлення, конструкторську документацію, технологічну послідовність виготовлення, схеми розподілу праці при виготовленні, технологічні операційні карти, характеристики допоміжних процесів та ниткових з'єднань, режими обробки матеріалів, які використовуються при виготовленні комплексного засобу захисту органів дихання і слуху, характеристики обладнання. Це дозволило виготовити комплект експериментального обладнання для термічного формування корпусу півмаски, який включає: експериментальну установку термічного формування корпусу півмаски, експериментальну установку для зварювання кромки корпусу півмаски, устаткування для свердлення отворів в корпусі півмаски.

Для проведення виробничих досліджень розроблених захисних індивідуальних пристроїв були розроблені методики виробничих випробувань. Отримані результати дозволяють зробити висновок щодо відповідності розробленого комплексного засобу захисту органів дихання і слуху вимогам Технічного регламенту ЗІЗ.

Для вибору відповідних показників комплексних захисних пристроїв з урахуванням антропометричних розмірів облич користувачів встановлено взаємозв'язок між оцінкою професійних ризиків небезпеки на робочих місцях та тривалістю дії шкідливого чинника на працівника, концентрації та фізико-хімічних властивостей шкідливої речовини. Це дозволило удосконалити методику з оцінки індивідуального ризику виникнення професійних захворювань, в основу якої покладено лінійну залежність між тяжкістю наслідків і кількістю накопиченого пилу, що характерно при пилових навантаженнях, близьких до критичних, результатом якої є вибір необхідних параметрів комплексних засобів індивідуального захисту працюючих. Це дозволило стверджувати, що використання комплексного засобу захисту органів дихання і слуху зменшує рівень ризику виникнення професійних

захворювань, але не ліквідує його зовсім. Виявлено, що при стажі роботи у запиленій й шумній виробничій зоні до трьох років зафіксовано мінімальний ризик розвитку захворювання.

Наукові результати:

удосконалено:

- метод з визначення антропометричних точок на обличчі людини, який складається з побудови активних моделей форм облич, обчислення координат антропометричних точок за рахунок триангуляції областей зображення на основі використання комбінації форми і способу порівняння фрагментів інформативної ознаки побудованих гістограм;

- методику з оцінки індивідуального ризику виникнення професійних захворювань, в основу якої покладено лінійну залежність між тяжкістю наслідків і кількістю накопиченого пилу, що характерно при пилових навантаженнях, близьких до критичних.

набув подальшого розвитку:

- алгоритм чисельного визначення інформативних ознак, що дозволяє домогтися збільшення швидкості обчислення піксельного шаблону зображення у порівнянні з кращими аналогами Three-Patch і Four-Patch при збереженні високої ефективності використання в процесі розпізнавання облич;

– алгоритм з оцінки індивідуального ризику виникнення професійного захворювання, який будується на принципах, в основі яких лежать причинні, а не імовірнісні зв'язки, на основі тривалості дії шкідливого чинника на працівника, концентрації та фізико-хімічних властивостей шкідливої речовини.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає у розробці алгоритму з визначення та обробки основних антропометричних розмірів облич користувачів для створення каталогу для формування основних розмірів комплексного засобу індивідуального захисту працівників. Розроблено структуру виробництва комплексного засобу захисту органів дихання і слуху, яка включає в себе технології виготовлення,

конструкторську документацію, технологічну послідовність виготовлення, схеми розподілу праці при виготовленні, технологічні операційні карти, характеристики допоміжних процесів та ниткових з'єднань, характеристики обладнання, режими обробки матеріалів, які використовуються при виготовленні комплексного засобу захисту органів дихання і слуху. Розроблений і виготовлений комплект експериментального обладнання для термічного формування корпусу півмаски, який включає: експериментальну установку термічного формування корпусу півмаски, експериментальну установку для зварювання кромки корпусу півмаски, устаткування для свердлення отворів в корпусі півмаски. Розроблена методики виробничих випробувань комплексного засобу індивідуального захисту працівників, яка відрізняється від інших наявністю оцінки професійних ризиків при експлуатації захисних пристроїв.

Впровадження результатів роботи. Результати розробки комплексного засобу індивідуального захисту впроваджено у процесі виготовлення засобів індивідуального захисту для працівників, в тому числі і для коксохімічних виробництв, на потужностях Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища і людини. Крім того, результати дослідження були використані при підготовці підручника «Проектування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих», призначеного для студентів вищих навчальних закладів, зокрема кафедри аерології та охорони праці НТУ «Дніпровська політехніка», а також при виконанні здобувачами кваліфікаційних робіт за другим рівнем вищої освіти (магістерських) дипломних робіт за спеціальністю 263 Цивільна безпека.

Ключові слова: комплексний засіб індивідуального захисту, індивідуальний ризик, засоби індивідуального захисту, респіратор, коефіцієнт захисту, коефіцієнт ефективності, фільтрувальний матеріал.

SUMMARY

Gridyaev V.V. Substantiation of complex means parameters for personal protection of the coke and chemical industry workers. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 263 – civil security (26 – civil security) – Dnipro University of Technology, Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, Physical-Chemical Institute for Environment and Human Protection, National Academy of Sciences of Ukraine, Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2021.

The dissertation as the completed scientific work provides the solution of the urgent scientific and applied task, which consists in justification of complex means parameters for personal protection of the coke and chemical industry workers based on the individual risks of danger assessment at workplaces, which is a condition for the selection of appropriate protective devices indicators taking into account the users' faces anthropometric features.

In the dissertation there was improved the determining anthropometric points on the human faces method, based on the analysis of typical coke chemical industry workers photographs, which consists of the active face shapes models construction, calculating the anthropometric points coordinates due to the triangulation of image areas based on the shape combination usage and the comparison informative signs fragments method of the constructed histograms.

Based on the assumption, the integral face image has the same features as the transformed digital image, with the help of appropriate programs, the algorithm for the numerical determination of informative features has been improved, which makes it possible to increase the calculating speed of the image pixel template by up to 20% compared to the best Three-Patch and Four-Patch analogues while maintaining high efficiency of use in the face recognition process.

Based on the obtained anthropometric data on 400 typical personal protective equipment users aged 20 to 55 years determined by their face length and width

distribution, it was created the anthropometric features catalog to design filter respirators, which is the basis of a complex personal protective equipment for users.

To protect against harmful aerosol systems, it is proposed a technology with an impregnated fibrous chemisorbent of acid gases production with an indication of the absorption capacity "triggering" (hereinafter - "Ecofil-1(i)"), which consists of two layers: the first - chemisorption and the second - indicator, which are made by impregnating carrier cloths with reagent solutions of a given concentration.

As a result of the done preparatory work on the catalog creation of typical features of users' faces and the harmful factors identification at the workplaces of coke chemical plants, a complex means of individual workers protection was developed, which consists of a balaclava made of elastic material that covers the head, lower part of the face and the neck, connected with the body of the filtering half-mask against gases and aerosols with placed protective devices for the protection of hearing organs is provided.

The results of laboratory tests showed that the PPE is quite effective and provides an average suction coefficient of 1.5%, which is almost 30% less than the conventional filter respirators indicators of a similar protection class; noise attenuation in the frequency range of 4000-8000 Hz is from 19 to 26.7 dB; in the area of natural frequencies (0.5÷2.0 kHz), the acoustic efficiency reaches 8÷16 dB, which is maintained the communication possibility and timely response to warning signals; the use of PPE with heat-protective elements allows to reduce the head heating temperature by 80% compared to the result obtained without the use of a protective device.

An experimental production project has been developed, which includes manufacturing technologies, design documentation, technological sequence of manufacturing, labor distribution schemes during manufacturing, technological operating maps, characteristics of auxiliary processes and thread connections, modes of processing materials used in the complex means production of respiratory protection and hearing, and equipment characteristics. This made it possible to manufacture a set of experimental equipment for thermal forming of the half-mask

body, which includes: an experimental thermal forming installation of the half-mask body, an experimental installation for welding of the half-mask body edge, an equipment to drill some holes in the half-mask body.

In order to carry out the production studies of the developed individual protective devices, the production test methods were developed. The obtained results allow us to make a conclusion regarding the compliance of the developed complex means of respiratory and hearing protection with the requirements of the Technical Regulation of PPE.

To select the appropriate the complex protective devices indicators with the anthropometric features of the users' faces, the interconnection between the occupational hazards assessment at workplaces and the duration of the harmful factor effect on the worker, the concentration and some physico-chemical properties of the harmful substance was established. This made it possible to improve the methodology for assessing the individual risk of occupational diseases, which is based on a linear relationship between the severity of the consequences and the amount of accumulated dust, which is typical for dust loads close to critical, the result of which is the selection of the necessary parameters of complex personal protective equipment for workers.

The scientific novelty of the obtained results is as follows:

improved:

- a method for determining the anthropometric points on a person's face, which consists of the active models of face shapes construction, calculating the coordinates of anthropometric points due to the triangulation of image areas based on the shape combination use and the comparing fragments method of the constructed histograms' informative features ;

- a method for assessing the individual risk of occupational diseases, which is based on a linear relationship between the severity of the consequences and the amount of accumulated dust, which is typical for dust loads close to critical.

received further development:

- the algorithm for the numerical determination of informative features, which allows to achieve an increase in the calculation speed of the image pixel template in comparison with the best analogues of Three-Patch and Four-Patch while maintaining the high efficiency of use in the face recognition process;

- an algorithm for assessing the individual risk of an occupational disease, which is based on principles based on causal rather than probabilistic relationships based on the exposure duration to the harmful factor on the worker, the concentration and physicochemical properties of the harmful substance.

The practical significance of the dissertation obtained results consists in the development of an algorithm for determining and processing the main anthropometric dimensions of the faces of users for the creation of a catalog for the formation of the main dimensions of a comprehensive means of workers personal protection. It was produced the structure of a complex protection means of the respiratory and hearing organs has been developed, which includes manufacturing technologies, design documentation, the technological sequence of manufacturing, labor distribution schemes during manufacturing, technological operating maps, characteristics of auxiliary processes and thread connections, modes of processing materials used in the manufacture of a complex respiratory and hearing aid, equipment characteristics. A set of experimental equipment for thermal forming of the half-mask body was developed and manufactured, which includes: experimental installation for thermal forming of the half-mask body, experimental installation for welding the edge of the half-mask body, equipment for drilling holes in the half-mask body. The methodology of production tests of a comprehensive means of individual protection of workers has been developed, which differs from others in the presence of an assessment of occupational risks during the operation of protective devices.

Implementation of work results. The results of the complex personal protective equipment development were implemented in the process of manufacturing personal protective equipment for workers, including for coke-chemical production at the facilities of the Physico-chemical Institute of Environmental and Human Protection. In addition, the results of the study were used

in the textbook preparation "Designing means of collective and individual protection of workers", intended for students of higher educational institutions, in particular, the Department of Aerology and Occupational Safety of NTU "Dniprovska Polytechnic", as well as in the performance of qualification works by the applicants of the second level of higher education (master's) diploma theses in specialty 263 Occupational safety.

Key words: complex personal protective equipment, individual risk, personal protective equipment, respirator, protection factor, efficiency factor, filter material.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових фахових виданнях України:

1. Волокнистый хемосорбент оксида серы (IV) на основе комплексных соединений сульфата меди (II) с полиэтиленполиамином. / Эннан А.А.-А., Хома Р.Е., Длубовский Р.М., Гридяев В.В., Михайлова Т.В. // Вісник ОНУ. Хімія. 2018. Т. 23, № 2. С. 95-105. [http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2018.2\(66\).132053](http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2018.2(66).132053)
2. Голінько В.І., Гридяев В.В. Прогнозування ризику виникнення професійних захворювань пилової етіології. // ВІСТІ Донецького гірничого інституту. – 2022. - №2(51). – С. 25 – 34. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-2-25-34>
3. Вибір респіраторів на основі результатів вимірювання антропометричних розмірів середньостатистичного робітника АКХЗ та шеффілдівського манекену голови / Чеберячко С.І., Гридяев В.В., Еннан А.А.-А., Чеберячко Ю.І., Абрамова Н.М., Книш І.М. // Науковий вісник ДонНТУ. – 2022. - №1(8)-2(9). – С. 216-228. [https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1\(8\)-2\(9\)-216-227](https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1(8)-2(9)-216-227)
4. Засоби індивідуального захисту органів дихання: інновації щодо зниження ризику професійних захворювань / С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, Д.І. Радчук, О.В. Дерюгін, Д.Г. Клімов, О.П. Шароватова, В.В. Гридяев // Комунальне господарство міст. – 2023. – Т. 1. – В. 175. – С. 221-228. <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6100/6017>

Публікації у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз

(SCOPUS):

5. Studying the efficiency of a complex individual protective device / S. Cheberiachko, O. Yavorska, V. Hridiaiev, A. Yavorskyi // Ukrainian School of Mining Engineering – 2019. - №123. – P. 1028. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301028>.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Еннан А.А., Абрамова Н.М., Грідяєв В.В., Чеберячко С.І. Результати розробки і промислових випробувань респіратора підвищеної пилоємності «ШАХТАР». III Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика» (13-15 вересня 2016 р., м. Херсон). – С. 84-85.

7. Еннан А.А.-А., Хома Р.Є., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М., Грідяєв В.В. Імпрегновані волокнисті хемосорбенти респіраторного призначення. XX Українська конференція з неорганічної хімії. – 17-20 вересня 2018 р., Дніпро. С. 212.

8. Еннан А.А.-А., Хома Р.Є., Грідяєв В.В. Імпрегновані волокнисті хемосорбенти оксиду сірки (IV) і/або аміаку респіраторного призначення. V Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика» (13-15 вересня 2018, м. Херсон). – С. 65-69.

9. Абрамова Н.М., Чеберячко С.І., Хома Р.Є., Грідяєв В.В. Вимоги щодо вибору протипилових респіраторів. V Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика» (13-15 вересня 2018, м. Херсон). – С. 53-57.

10. Еннан А., Длубовський Р., Хома Р., Захаренко Ю., Абрамова Н., Грідяєв В. Імпрегновані волокнисті хемосорбенти-амфоліти з індикацією “спрацьовування” динамічної поглинальної ємності. Тези допов. XVI наук. конф. “Львівські хімічні читання.” Львів. 2–5 червня 2019. З.124.

Патенти:

11 Декл. пат. на винахід 69198 А Україна, МПК А62В 7/00, А62В 7/10. Респіратор. / Еннан А.А. А., Грідяєв В.В., Шевченко Т.М., Абрамова Н.М.– № 20031211533; заявл. 12.12.03; опубл. 16.08.04, Бюл. № 8.

12 Патент на корисну модель № 91428 Україна, МПК (2013) В 01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Еннан А.А.,

Захаренко Ю.С., Грідяєв В.В. – №u201312974; заявл. 08.11.13, опубл. 10.07.14, Бюл. №13.

13 Патент України на винахід. UA 112436, МПК В01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Еннан А.А., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.Н., Грідяєв В.В. - № a201312988. Заявл. 08.11.2013. Опубл. 12.09.2016, Бюл. № 17.

14 Патент України на корисну модель UA 129785, МПК В01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Еннан А.А., Хома Р.Є., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М., Грідяєв В.В. № u201805458; заявл. 16.05.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21.

Терміни і визначення

Засіб індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) – пристрій, призначений для захисту органів дихання людини від дії токсичних аеродисперсних частинок різного походження (пил, дим, туман) або/і газо(паро)подібних сполук.

Фільтрувальні респіратори – ЗІЗОД, що використовуються лише при вмісті кисню в оточуючому повітрі $\leq 17\%$ (за об'ємом) та за умови вмісту відомих шкідливих газоподібних домішок < 15 ГДК. Застосування фільтрувальних ЗІЗОД заборонено у важкодоступних непровітрюваних об'єктах малого об'єму (цистерни, колодязі, трубопроводи, печі тощо).

Фільтрувальна півмаска респіратора – півмаска, що повністю або частково виконана з використанням фільтрувального матеріалу. Респіратори, фільтрувальні півмаски яких не змінюються після використання, – одноразові респіратори маркуються літерами FF, респіратори зі змінними півмасками – літерами FM.

Фільтр (фільтрувальний елемент) протипиловий або протигазовий, або газопилозахисний – пристрій, призначений для вилучання із вдихуваного повітря токсичних аеродисперсних частинок або/і газів та парів, відповідно.

Опір диханню – опір потоку повітря респіратора або його складових (фільтр(и), клапани вдиху і видиху) під час вдихання (опір вдиху) або видихання (опір видиху) повітря. Одиниці виміру опору – Па або мбар (1 мбар = 100 Па).

Коефіцієнт підсмоктування по смузі обтюратору – відношення кількості атмосферного повітря, що надходить крізь щілини між обличчям і обтюратором, до кількості вдихуваного повітря (розраховується у відсотках).

Коефіцієнт підсмоктування ЗІЗОД – відношення кількості повітря, що надходить при диханні у підмасковий простір крізь щілини по смузі обтюратору та вузол клапану видиху, до загальної кількості вдихуваного повітря (розраховується у відсотках).

Наголовний гарнітур (наголів'я) – конструктивний елемент респіратора, призначений для щільного, але без утворення вм'ятин, прилаштування півмаски до обличчя і утримання її на обличчі в робочому стані.

Одноразове використання – термін, який означає, що ЗІЗОД або фільтр після однократного використання підлягає заміні.

ЗМІСТ

ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ УМОВ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ НА КОКСОХІМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ	25
1.1 Дослідження умов праці, що притаманні коксохімічним виробництвам	25
1.2 Шкідливі фактори робочої зони коксохімічних виробництв та їх вплив на працюючих	36
1.3 Результати інформаційного пошуку щодо сучасних ЗІЗ для потенційного використання в умовах КХВ	56
1.4 Висновки за розділом 1. Постановка задач досліджень	62
1.5 Список використаних джерел за розділом 1	64
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСОБУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ ТА СЛУХУ	68
2.1 Опис технологій розпізнавання облич за фотографіями	68
2.2 Побудова математичної моделі і алгоритму чисельного визначення інформативних ознак	79
2.3 Технологія визначення антропометричних точок на обличчі: експериментальні дослідження	85
2.4 Вимірювання антропометричних розмірів середньостатистичного робітника та підбір шеффілдівського манекену голови	89
2.5 Сучасні тенденції і теоретичні можливості щодо розробки конструкцій респіраторів із заданими захисними та експлуатаційними властивостями	97
2.6 Висновки за розділом 2	107
2.7 Список використаних джерел за розділом 2	108
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСОБУ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ І СЛУХУ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЙОГО ВИГОТОВЛЕННЯ	112
3.1 Розробка конструкції комплексного засобу захисту органів дихання і слуху	112
3.2 Виготовлення імпрегнованих волокнистих хемосорбентів з індикацією «спрацьовування»	118
3.2.1 Хемосорбент кислих газів	118
3.2.2 Хемосорбент основних газів	120
3.3. Виготовлення та дослідження ефективності фільтрувальних	122

півмасок від аерозолів та газів і аерозолів	
3.4. Проект виробництва комплексного засобу захисту органів дихання і слуху	127
3.5. Результати визначення захисних і експлуатаційних характеристик фільтрувальних півмасок	137
3.5.1 Опис методів лабораторного дослідження ефективності комплексного засобу захисту органів дихання і слуху	137
3.5.2 Результати лабораторних досліджень ефективності фільтрувальних півмасок	141
3.5.3 Результати порівняльних випробувань комплексного засобу захисту органів дихання і слуху та одноразових півмасок	147
3.5.4 Результати досліджень амплітудночастотних характеристик «чистого» мікрофону балаклави	149
3.6. Рекомендації з організаційно-технічних заходів щодо експлуатації комплексних засобів індивідуального захисту в умовах КХВ	151
3.7 Висновки за розділом 3	157
3.8 Список використаних джерел за розділом 3	159
РОЗДІЛ 4. ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ	162
4.1. Оцінка ризику професійних захворювань пилової етіології	162
4.2. Розробка нової методології визначення ризику виникнення професійних захворювань органів дихання працівників КХВ	168
4.3. Особливості оцінки ризику виникнення професійних захворювань слуху	175
4.4 Висновки за розділом 4	180
4.5 Список використаних джерел за розділом 4	181
ВИСНОВКИ	184
ДОДАТКИ	187
ДОДАТОК А	188
ДОДАТОК Б	192
ДОДАТОК В	197

ВСТУП

Актуальність роботи.

Як відомо, більшість промислових підприємств є джерелами небезпечних для життєдіяльності їх персоналу аерозолів – колоїдних систем, які складаються з аеродисперсних частинок (пил, дим, туман) та дисперсійного середовища (повітря або/і токсичні гази).

Незважаючи на різноманіття аерозолів (з урахуванням фазового і компонентного складу, фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей, фізіологічного впливу), більшістю розвинених країн опановано виробництво засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) різного функціонального призначення (протипилових, протигазових і газопилозахисних) та відповідного умовам експлуатації класу захисту. Проте, судячи з нормативних документів (ДСТУ 2243-2014, ДСТУ ISO 45001-2019) ефективне використання ЗІЗОД можливо лише на підставі одержаних даних щодо ризиків професійних захворювань користувачів, обумовлених наявністю шкідливих і небезпечних чинників на робочих місцях.

Відзначимо, що у згаданих нормативних документах відсутні роз'яснення щодо походження, вагової оцінки та рекомендацій з усунення або зменшення ризиків професійних захворювань користувачів ЗІЗОД. Проблема підсилюється ще й тим, що зазвичай на працівника діє низка різних шкідливих і небезпечних факторів, що змушує роботодавців шукати декілька різних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), які складно конструктивно підібрати, щоб забезпечити відповідні захисні властивості. Звідси виникає низка актуальних задач, які пов'язані з формуванням методів чи підходів до розробки, проектування та вибору комплексних засобів індивідуального захисту (КЗІЗ), які б забезпечили високі захисні властивості при змінній обтяжливій дії на працівника. Крім того, виникає потреба у якісній оцінці індивідуальних ризиків професійних захворювань при виборі та експлуатації КЗІЗ, що дозволить визначити основні взаємозв'язки з підбору якісних матеріалів для їх виготовлення.

Зв'язок роботи з науковими планами програмами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України (ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України) у відділі «Теоретичних основ розробки засобів індивідуального захисту органів дихання» в рамках держбюджетних тем «Розробка універсальних засобів індивідуального захисту пролонгованої дії подвійного призначення» (№ ДР 0117U000376, 2017-2018 рр.) та «Теоретичні засади створення вискоєфективних сорбційно-фільтруючих матеріалів і респіраторів на їх основі» (№ ДР 0119U002103, 2019-2021 рр.).

Мета і задачі дослідження

Мета роботи - обґрунтування параметрів комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічної промисловості на основі оцінки професійних ризиків на робочих місцях, що є умовою для підбору відповідних показників захисних пристроїв з урахуванням антропометричних розмірів обличчя користувачів.

Для досягнення мети дослідження в дисертаційній роботі сформульовані та розв'язані наступні задачі:

1. Аналіз небезпек і загроз на робочих місцях працівників коксохімічної промисловості.
2. Розробка методу оцінки професійних ризиків на робочих місцях працівників коксохімічної промисловості на основі вибору параметрів комплексного засобу індивідуального захисту працівників.
3. Створення каталогу антропометричних розмірів обличчя користувачів для визначення основних розмірів комплексного засобу індивідуального захисту працівників.
4. Розробка прототипу комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічних виробництв та проведення лабораторних випробувань з перевірки ефективності його захисних показників.
5. Розробка виробництва з виготовлення комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічних виробництв.

Об'єкт дослідження – оцінка професійних ризиків, які дозволяють встановити взаємозв'язок між умовами праці, підбором необхідних захисних матеріалів та ступенем захисної ефективності з урахуванням антропометричних особливостей обличчя працівників коксохімічних виробництв.

Предмет дослідження – показники ефективності комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічних виробництв.

Основна ідея полягає у виготовленні комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічних виробництв на основі оцінки професійних ризиків, які дозволяють встановити взаємозв'язок між умовами праці, підбором необхідних захисних матеріалів та ступенем захисної ефективності з урахуванням антропометричних особливостей обличчя працівників.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи застосовано: системно-структурний аналіз змісту наукових праць, нормативно-правових актів щодо охорони праці та державних стандартів, присвячених застосуванню ЗІЗОД; статичний підхід при дослідженні термографічних зображень за допомогою вбудованих функцій в математичному середовищі MATLAB із застосуванням інтегративного алгоритму найближчих точок – (метод ІСР); рівняння вільної енергії вигнутої довільної пластинки, що описується двовимірною сплайн-поверхнею, для побудови поверхні півмаски, невідомі коефіцієнти якої встановлюються методом лінійної інтерполяції на основі даних тривимірних координат ключових точок антропометричних рис облич.

Наукові результати:

удосконалено:

- метод з визначення антропометричних точок на обличчі людини, який складається з побудови активних моделей форм облич, обчислення координат антропометричних точок за рахунок тріангуляції областей зображення на основі використання комбінації форми і способу порівняння фрагментів інформативної ознаки побудованих гістограм;

- методику з оцінки індивідуального ризику виникнення професійних захворювань, в основу якої покладено лінійну залежність між тяжкістю наслідків і кількістю накопиченого пилу, що характерно при пилових навантаженнях, близьких до критичних.

набув подальшого розвитку: алгоритм чисельного визначення інформативних ознак, що дозволяє домогтися збільшення швидкості обчислення піксельного шаблону зображення у порівнянні з кращими аналогами Three-Patch і Four-Patch при збереженні високої ефективності використання в процесі розпізнавання облич;

– алгоритм з оцінки індивідуального ризику виникнення професійного захворювання, яка будується на принципах, в основі яких лежать причинні, а не імовірнісні зв'язки, на основі тривалості дії шкідливого чинника на працівника, концентрації та фізико-хімічних властивостей шкідливої речовини.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягають у розробці алгоритму з визначення та обробки основних антропометричних розмірів облич користувачів для створення каталогу для формування основних розмірів комплексного засобу індивідуального захисту працівників. Розроблено комплексний засіб захисту органів дихання і слуху, який включає в себе технології виготовлення, конструкторську документацію, технологічну послідовність виготовлення, схеми розподілу праці при виготовленні, технологічні операційні карти, характеристики допоміжних процесів та ниткових з'єднань, режими обробки матеріалів, які використовуються при виготовленні комплексного засобу захисту органів дихання і слуху, характеристики обладнання. Розроблено і виготовлено комплект експериментального обладнання для термічного формування корпусу півмаски, який включає: експериментальну установку термічного формування корпусу півмаски, експериментальну установку для зварювання кромки корпусу півмаски, устаткування для свердлення отворів в корпусі півмаски. Розроблено методику виробничих випробувань комплексного засобу

індивідуального захисту працівників, яка відрізняється від інших наявністю оцінки професійних ризиків при експлуатації захисних пристроїв.

Впровадження результатів роботи. Результати розробки комплексного засобу індивідуального захисту впроваджено у процесі виготовлення засобів індивідуального захисту для працівників, в тому числі і для коксохімічних виробництв на потужностях Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища і людини. Крім того, результати дослідження були використані при підготовці підручника «Проектування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих», призначеного для студентів вищих навчальних закладів, зокрема кафедри аерології та охорони праці НТУ «Дніпровська політехніка», а також при виконанні здобувачами кваліфікаційних робіт за другим рівнем вищої освіти (магістерських) дипломних робіт за спеціальністю 263 Цивільна безпека.

Обґрунтування і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено завдяки коректній постановці дослідження, вирішенню задач з використанням сучасного обладнання і достовірних експериментальних даних, застосуванню апробованого математичного апарату, а також підтверджено збігом результатів теоретичних і експериментальних досліджень з невизначеністю вимірювань $\leq 15\%$, досвідом експлуатації розроблених респіраторів і засобів індикації їх ефективності та надійності.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою: усі наукові положення, висновки та рекомендації, які висловлено автором та винесено на захист, отримано, узагальнено і оформлено здобувачем самостійно. Його внесок в опубліковані у співавторстві роботи [1-4] полягає у наступному:

- розроблено іонообмінні волокнисті фільтрувальні матеріали, які, забезпечують нормовані вимоги для протигазових фільтрів класу [1];
- удосконалено методику з оцінки індивідуального ризику виникнення професійних захворювань, в основу якої покладено лінійну залежність між тяжкістю наслідків і кількістю накопиченого пилу [2];

- розроблено метод з визначення антропометричних точок на обличчі людини, який складається з побудови активних моделей форм облич та обчислення координат антропометричних точок за рахунок триангуляції областей зображення [3];

- запропоновано нові методи до оцінки ризиків при виборі і експлуатації ЗІЗ [4];

- розроблено комплексний засіб індивідуального захисту працюючих, який складається із балаклави з еластичного матеріалу, що закриває голову, нижню частину обличчя та шию, з'єднаної з корпусом фільтрувальної півмаски, яка захищає від газів і аерозолів, з розміщеними захисними пристроями для захисту органів слуху [5].

Апробація результатів роботи. Основні положення за результатами дисертаційної роботи доповідалися на наукових семінарах ФХІЗНСІЛ, м. Одеса, 2019-2021 рр., V Міжнародній науково-практичній конференції «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика» (13-15 вересня 2018, м. Херсон); VI міжнародній науково-практичній конференції “Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика”. Херсон. 11-14 вересня 2019.

Публікації. Усього за результатами дисертаційних досліджень опубліковано 10 робіт (у міжнародному журналі з високим індексом цитування – 1, фахових журналах – 4 і тезах наукових конференцій – 5), а також одержано 3 патентів України на корисну модель та 1 – патент на винахід.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (96) і 3-х додатків. Загальний обсяг дисертації – 205 сторінок, у тому числі 69 рисунків та 46 таблиць.

Висловлюю щирю вдячність за надані вагомі поради і консультацію з приводу розробки респіраторів для поглинання кислих або/і основних газів доктору хімічних наук, професору Хомі Руслану Євгенійовичу.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ УМОВ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ НА КОКСОХІМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Дослідження умов праці, що притаманні коксохімічним виробництвам

Коксохімічна промисловість забезпечує здійснення хімічної переробки кам'яного вугілля (КВ) з отриманням основних продуктів переробки – металургійного коксу та коксового газу та побічних продуктів неорганічного походження (сульфату амонію, сірки або сірководню тощо), а також низки органічних сполук, які є цінною сировиною для подальшої переробки [1].

Принципова схема переробки КВ надана на рисунку 1.1. Відповідно до неї, КВ просівають, розмелюють до розміру частинок не більш 3 мм і змішують. Суміш завантажують в пічні камери, в яких в інтервалі температур 1000–1100°C протягом 14–16 годин шляхом сухої перегонки КВ без доступу повітря формується кокс.

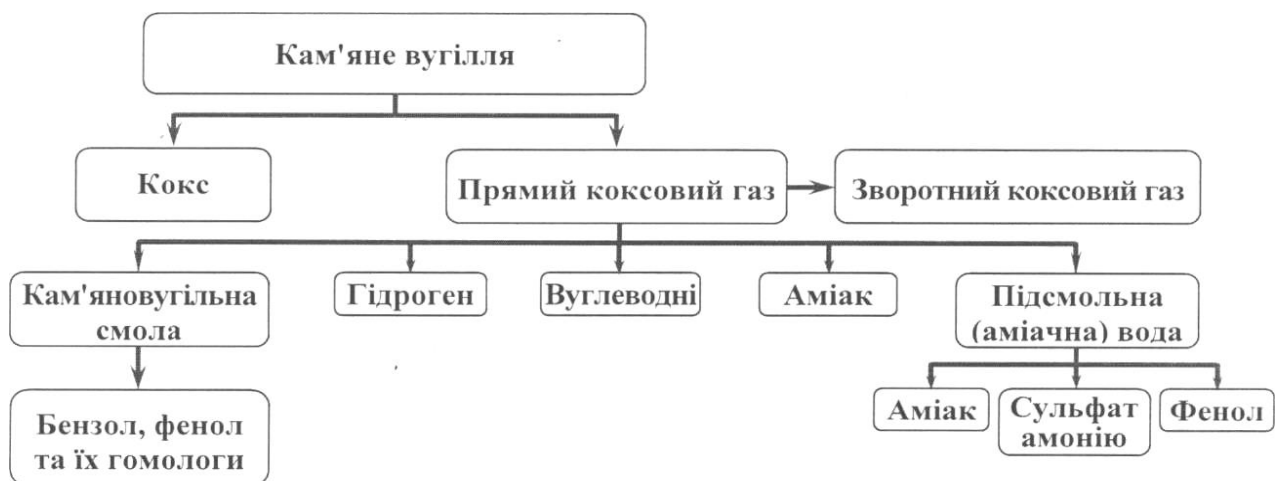


Рисунок 1.1 – Принципова схема переробки КВ

Отриманий кокс виштовхується з печі в вагон і транспортується до вежі гасіння, яке може проводитися за допомогою води (мокре гасіння) або азоту

(сухе гасіння). Потім кокс транспортується до доменної печі або на склад готової продукції [2].

Коксовий газ, що утворився, уловлюється, охолоджується, направляється для подальшої переробки з метою виділення аміаку, сирого бензолу, кам'яновугільної смоли та іншого.

Тверді продукти перегонки КВ надходять до переробних цехов (пекококсівий, смолоперегінний, ректифікації та ін.) з метою отримання чистих ароматичних вуглеводнів (нафталін, пековий кокс, фталевий ангідрид, антрацен і ін.).

Сировиною для коксохімічного виробництва, як відомо, є КВ, процес утворення якого з рослинної сировини відбувається у три етапи: утворення торфу, бурого вугілля, а потім кам'яного.

Властивості органічної маси КВ визначаються не тільки особливостями вихідного рослинного матеріалу, але й умовами його накопичення та перетворення.

КВ являє собою складну гетерогенну суміш різних високомолекулярних сполук, які включають структурні одиниці, котрі можна представити як макромолекули, тобто сукупність елементарних одиниць, які складаються з ядра та бічних ланцюгів. Ядра – малореакційна частина молекули, що має найбільшу міцність зв'язків та термостійкість. Бічні ланцюги – реакційноздатна частина, що має невелику стійкість. Усі ядра елементарних одиниць пов'язані між собою в просторовій молекулі через бічні ланцюги.

Зі збільшенням ступеня метаморфізму збільшується упорядкованість вуглецевих сіток ядерної частини, і це визначає особливі фізико-хімічні та технологічні властивості кожного з КВ. Основними петрографічними складовими КВ є вітрен, фюзен, дюрен та кларен, від яких залежать його властивості.

Вітрен – блискуча однорідна частина викопних КВ, яка у тонкому зрізі (шліфі) прозора. Вітрен надає КВ хрупкість та раковистий злам і має високу спікливість.

Фюзен – матова частина кам'яних КВ волокнистої будови, пухкий, легко розтирається в порошок; не переходить в пластичний стан, дає найменший вихід хімічних продуктів коксування, має підвищену зольність та сірчистість.

Дюрен – матова, безструктурна, найбільш тверда з усіх складових частин КВ. До складу його входять спори, кутикули, обривки фюзену. Дюрен з великою кількістю спор має підвищену спікливість.

Кларен є складним інгредієнтом: напівблискучий, неоднорідний, складається з прозорої основної маси та містить невелику кількість оболонки спор, кутикул, включення фюзену та вітрону.

Дослідження показали, що для оцінки КВ необхідно враховувати як вміст у ньому тих чи інших інгредієнтів, так і їх мікрокомпонентний склад [3].

Мікрокомпонентами називаються видимі тільки під мікроскопом частинки, які складають КВ. Ті або інші їх сполучення утворюють основні інгредієнти. Мікрокомпоненти поєднуються в окремі групи. У даний час при вивченні петрографічного складу КВ розрізняють шість груп та 18 мікрокомпонентів. Основними ознаками, за якими мікрокомпоненти об'єднують у групи, є їх відбивна здатність та мікрорельєф, що визначаються шляхом порівняння окремих мікрокомпонентів між собою.

За петрографічним складом можна встановити ступінь метаморфізму КВ. Доведено, що властивості одержуваного коксу в значній мірі визначаються кількістю та властивостями петрографічних складових КВ.

До основних фізико-хімічних характеристик КВ, які формують кількісний та якісний склад утворених при переробці КВ продуктів, відносяться зольність, сірчистість та вологість [3].

Придатність КВ для енергетичних та технологічних цілей визначається виходом токсичних речовин при переробці. Це залежить від умов утворення, ступеня метаморфізму, хімічного складу, температури, швидкості нагрівання, витримки при даній температурі. Зі збільшенням ступеня метаморфізму зменшується вихід летких речовин: з торфу – близько 70%, з бурого вугілля – 65–45%, з КВ – 45–10%, з антрациту – менше 10% [3].

За своїм елементарним складом КВ, як і рослини, складається з вуглецю, водню, кисню та сірки. Вміст інших елементів незначний.

З наведеної авторами [3] таблиці 1.1 витікає, що вміст вуглецю при переході від торфу до антрациту збільшується, а вміст кисню та водню зменшується.

Таблиця 1.1 – Вміст вуглецю, водню та кисню у різних видах палива

Паливо	Вміст елементів, %		
	С	Н	О
Деревина	45,0–50,0	6,0–6,5	40,0–44,0
Торф	50,0–60,0	5,5–6,5	30,0–40,0
Буре вугілля	67,0–78,0	5,0–6,0	20,0–30,0
Кам'яне вугілля	78,0–92,0	4,5–5,7	4,0–15,0
Антрацит	93,0–96,0	1,5–2,5	1,5–5,0
Напівкокс	84,0–91,0	2,6–4,4	3,0–6,0
Кокс	94,0–96,0	1,4–1,6	1,5–2,0

Вміст азоту залежить від ступеня метаморфізму і знаходиться в межах від 1% до 3%.

Вміст сірки, яка входить до складу КВ, складає від 0,4% до 8%. При коксуванні вона переходить до складу газоподібних токсичних компонентів.

До інших важливих характеристик кам'яновугільної сировини для виробництва коксу можна віднести щільність КВ, його насипну масу, зовнішній вигляд та подрібненість[3].

КВ певних родовищ за своїми відмітними властивостями мають певні технологічні класифікації [3].

Розглянемо кожен зі стадій переробки КВ у кокс та інші продукти з точки зору утворення шкідливих для органів дихання людини газоподібних сполук та пилу [4] (табл. 1.2).

Технологічні процеси, які здійснюються на стадії підготовки КВ, включають: прийом та розвантаження вугілля, складування, усереднення, зберігання, збагачення, дозування компонентів шихти, її подрібнення. Добовий об'єм переробки складає 10–20 тис. т, процеси здійснюються у цілодобовому автоматичному режимі.

Таблиця 1.2 –Питомі газопилові викиди на різних стадіях виробництва коксу

Стадії виробництва коксу	Викиди, г/т коксу									Обсяг відхідних газів, м ³ /т
	пил	CO	SO ₂	NO _x	H ₂ S	NH ₃	C ₆ H ₅ OH	HCN	C _n H _m	
1- Усереднення, дроблення, збагачення, дозування, змішування і транспортування вугілля	480	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2- Завантаження вугільної шихти в коксові батареї	350	46	32	55	22	47	1,1	0,6	190	–
3- Нагрівання коксових печей шляхом спалювання коксодоменної суміші газів	–	0,42–5,25	0,35–2,94	0,18–0,88	–	–	–	–	–	1400–1750
4- Вивантаження розжареного коксу з коксових печей і доставка його до гасильної вежі	860	31	38	6,5	7,8	51	0,5	0,1	106	103
5- Мокре гасіння коксу	200	–	–	–	20	42	85	18	6,5	600–650
6- Витримка погашеного коксу на рампі	–	–	–	–	0,3	0,5	0,2	0,2	–	735
7- Сортування коксу	700	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Як видно з таблиці 1.2, на стадії підготовки відбувається утворення значної кількості вугільного пилу. Для зниження його викидів передбачено використання закритих вугільних складів, обладнання встановлюється з урахуванням мінімальних перепадів потоків вугілля, що різко знижує пиловиділення, герметизуються та покривають кожухами конвеєрні лінії, здійснюється гідрознепилювання, відсмоктування запиленого повітря з наступним очищенням в мокрих пиловіддільниках перед викидом в атмосферу,

улаштування шламової каналізації. Будови та споруди проектується без виступаючих частин, на яких можливе скупчення пилу [3].

При збагаченні рядового вугілля на коксохімічних заводах утворюється більше 13 млн т вуглевмісних відходів на рік, які в даний час утилізуються [5].

Завантаження кам'яновугільної шихти з вологістю 7–9% і більше в розпечені коксові печі з температурою 1100–1200 °С супроводжується утворенням залпових викидів парогазової суміші у кількості 3–5 м³/т шихти, яка виносить до атмосфери шкідливі речовини в кількості, г/т коксу: пил – 350; CO – 46; H₂S – 32; NH₃ – 47; HCN – 0,6; C₆H₅OH – 1,1; C_nH_m – 190; SO₂ – 32; NO_x – 55 [6].

Автори [7,8] констатують, що впровадження установок бездимного завантаження вугільної шихти знижує шкідливі викиди в 10 – 15 разів.

Коксування КВ включає складні фізико-хімічні перетворення органічної частини КВ, в результаті яких виділяються газоподібні продукти, а також твердий залишок – кокс [3]. Умовно процес утворення коксу можна поділити на чотири стадії (табл. 1.3).

Кількість та склад газоподібних продуктів коксування залежить від складу шихти і часу коксування та складає, г/т коксу: CO – 0,42–5,25; SO₂ – 0,35–2,94; NO_x – 0,18–0,88.

Технологічний процес виробництва коксу завершується видачею його з печі з температурою 950–1100°C в гасильний вагон, що супроводжується залповими викидами пилогазоподібної суміші, яка містить, г/т коксу: пил – 750; H₂S – 7,6; NH₃ – 51; C₆H₅OH – 0,5; SO₂ – 22; NO_x – 3,6; C_nH_m – 36, HCN – 0,1. При русі гасильного вагона з вивантаженим з печі палаючим коксовим пеком в атмосферу виділяються шкідливі запылені гази в кількості приблизно 100 м³/т коксу. Концентрація окремих забруднювачів в цих газах становить, г/м³: пил – 110; CO – 31; SO₂ – 16; H₂S – 0,2; NO_x – 2,9; C_nH_m – 70. Багато інших інгредієнтів викидів не досліджено.

Для попередження горіння розпеченого коксу після вивантаження його з печі, а також для забезпечення його придатності для транспортування та

зберігання, необхідно знизити його температуру до 250–100°C, при якій виключається самозаймання та тління, тобто кокс необхідно «погасити».

Таблиця 1.3 – Стадії процесу утворення коксу

Стадії процесу утворення коксу	Основні процеси стадій
1	2
Перша стадія	Нагрівання шихти до 200°C Виділення низькомолекулярних газів (CO ₂ , CO, пари води, інші) Розривання молекулярних зв'язків та руйнування груп OH і CO ₂ H без деструкції основного структурного ланцюга Проходження внутрішньомолекулярних перегрупувань, які визначають подальший напрямок термохімічних перетворень
Друга стадія	Підвищення температури нагрівання шихти до 350°C Підсилення теплового коливання молекул Часткове відщеплення молекул H ₂ O, CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ Проходження значних внутрішньомолекулярних перегрупувань
Третя стадія	Підвищення температури нагрівання шихти до 470°C Перехід сипучого стану шихти у пластичний Утворення незначної кількості смоли Розривання хімічних зв'язків всередині основного структурного ланцюга під дією температури Проходження деструкції з одночасним процесом синтезу
Четверта стадія	Підвищення температури нагрівання шихти до 900°C Зниження маси за рахунок виділення водню (дегідрування) з утворенням активних центрів Асоціація – ущільнення у твердій фазі Збільшення співвідношення C:H зі збільшенням щільності твердого залишку – коксу

Як було сказано раніше, існують два способи гасіння коксу: мокрий та сухий. З таблиці 1.4 видно, що значні обсяги відхідних газів продукуються на стадії мокрого гасіння коксу – способу, який поки що застосовується на підприємствах України. Для зменшення шкідливих викидів на зарубіжних і деяких вітчизняних підприємствах гасіння коксу здійснюють сухим способом, використовуючи інертний газ. Порівняння вмісту забруднюючих речовин у викидах залежно від методу гасіння коксу наведено в таблиці 1.4 [7].

Технологія сухого гасіння коксу (шкідливі викиди стадії охолодження коксу усуваються на 80–90%) разом з системою аспірації запиленого повітря в

місцях завантаження коксу в камери гасіння, безкурного вивантаження погашеного коксу на конвеєр з подальшим очищенням в сухих пиловловлювачах (ефективність локалізації та відсмоктування пилоповітряної суміші становить 90–95%) дозволяє зменшити питомі газопилові викиди до 5,44 кг/т коксу і виключити викиди в атмосферу таких забруднюючих речовин, як аміак, сірководень, фенол, ціаністий водень, що мають місце при мокрому гасінні коксу.

Таблиця 1.4 – Порівняльні дані щодо вмісту забруднюючих речовин у викидах залежно від методу гасіння коксу

Речовина	Вміст речовини у викидах, г/т коксу	
	сухе гасіння	мокре гасіння
Аміак	0,000	9,541
Ціаністий водень	0,000	1,403
Сірководень	0,000	1,852
Фенол	0,000	2,724
Разом:	0,000	15,520

В таблиці 1.5 наведені питомі шкідливі викиди найбільш токсичних і значних за обсягами речовин коксохімічного виробництва, що забруднюють атмосферне повітря.

Таблиця 1.5 – Питомі шкідливі викиди токсичних речовин коксохімічного виробництва в атмосферне повітря [8].

Речовина	Викиди, г/т коксу	Показник токсичності ЛД–50
Аміак, NH ₃	177–490	3,8
Сірководень	15–20	1200
Монооксид карбону	1050– 1380	3,6
Ціаністий водень	7–10	0,2
Фенол	80–90	395
Бензол	60–70	5600
Нафталін	30–50	490
Бенз(а)пірен	1–3	н. д.*
Діоксид сірки	500– 1650	н. д.
Оксиди нітрогену, Ж)х	150–170	н. д.
Пил	1750–2590	н. д.
Сажистий карбон, графіт	н. д.	н. д.

*Примітка: н.д. – немає даних.

На вміст оксидів азоту в відхідних газах системи обігріву коксової батареї значною мірою впливає конструкція опалювальної системи і регулювання режиму обігріву. Для старого обладнання типовий викид NO_x складає 2000 г/т коксу, на нових коксових батареях – до 600–800 г/т коксу в залежності від виду опалювального газу [9].

Одним з основних критеріїв вибору екологічно придатних для коксування КВ є вміст сірки у вихідній сировині. Оскільки при її окисненні утворюється токсичний сірчистий ангідрид, у шихті, що надходить на коксування, вміст сірки не повинен перевищувати 2,2%.

Малосірчисті (вміст сірки 1,5%) середньокарбонові вуглі поширені переважно в південно-західній частині басейну, в центральних і північних районах переважають сірчисті (вміст сірки 2,5–3,5%) і високосірчисті (вміст сірки більше 3,5%) вуглі [10].

Величина викидів оксидів сірки, зокрема SO_2 , з димової труби коксової батареї залежить від їх вмісту в опалювальному газі. Сучасні процеси абсорбційного очищення дозволяють знизити вміст сірки в коксовому газі до величин нижче 0,4 г/м, тобто більш ніж на 95%. Мокрі окиснювальні процеси сіркоочищення газу дозволяють досягти зниження на 99,9 % і більше, а вміст NH_3 в сирому коксовому газі можна знизити до 0,03 г/м³ і менше [9].

Майже всі наведені вище дані відносяться до «організованих» викидів, які постійно забруднюють атмосферне повітря територій підприємств і населених місць, а тому їх показники системно відслідковуються спеціальними службами на відповідність вимогам чинного законодавства України.

Слід зазначити, що в літературі практично відсутні відомості про склад і ступінь забрудненості повітря робочої зони, якість якого майже повністю визначається впливом «неорганізованих» викидів. За даними [11] кратність перевищення гігієнічних регламентів для більшості забруднювачів у повітрі робочої зони коксохімічного виробництва складала від 1,7 до 12,3 разів і більше. Порівняно високі концентрації були виявлені для таких речовин, як аміак, фенол, нафталін, пил вугільний й оксиди вуглецю. При цьому

перевищення ГДК максимальними середніми величинами коливалося від 2,7–2,9 разів для нафталіну та аміаку до 4,5–5,0 разів для бензолу і фенолу.

Склад викидів на коксохімічних підприємствах відрізняється широким спектром забруднювачів.

Прикладом можуть бути підприємства середньої потужності, які є джерелом наступних викидів шкідливих речовин (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Якісний та кількісний склад викидів на коксохімічному підприємстві середньої потужності

№ з/п	Найменування забруднюючої речовини	Кількість викидів, г/т коксу
1	Оксиди азоту	1744,94
2	Аміак	303,15
3	Водень ціаністий	113,60
4	Сажа	359,64
5	Діоксид сірки	3389,83
6	Сірководень	31,60
7	Оксид вуглецю	2658,75
8	Бензол	121,06
9	Нафталін	103,39
10	Фенол	76,88
11	Зола	803,67
12	Коксовий пил	506,50
13	Пил вугільного концентрату	85,90
Разом:		10298,10

Кожне з коксохімічних підприємств має джерела викидів (як організованих, так і неорганізованих), кількість яких характерна окремо для кожного [12].

Уловлювання та переробка газоподібних продуктів здійснюється охолодженням коксового газу з наступним виділенням аміаку та бензольних вуглеводнів. Очищення від сірководню виконується в цеху ректифікації сирого бензолу.

Зменшення викидів в атмосферу та створення сприятливих умов праці у виробничих приміщеннях повинно виконуватися впровадженням передових технологій: реконструкції та введення в експлуатацію сучасних коксових

батареї з забезпеченням безпилової видачі коксу (рис. 1.2), гідроінжекції газів, автоматизації виробничого процесу, впровадження мокрого гасіння коксу очищеною водою.

Технологічна схема роботи установки безпилової видачі коксу коксової батареї представлена на рисунку 1.2.

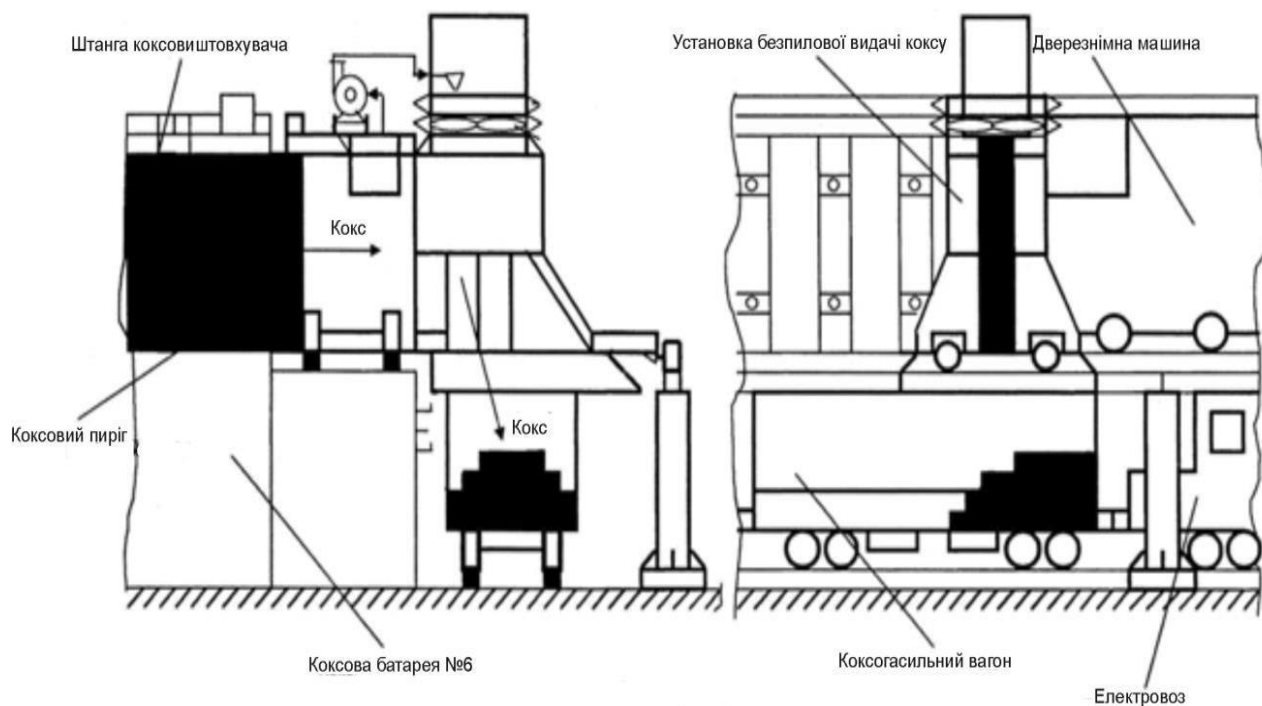


Рисунок 1.2 – Технологічна схема роботи установки безпилової видачі коксу коксової батареї

На вищенаданій установці безпилової видачі коксу застосована двоступінчаста схема обезпилювання газоповітряної суміші (далі - ГПС). У якості першого ступеня застосовані циклони ЦП-2-2800, другого ступеня – рукавний фільтр всмоктуючого типу марки ФРИР-800×2 з імпульсною регенерацією стисненим повітрям.

Циклони ЦП-2-2800 –пиловловлюючі апарати інерційного типу, що застосовуються для відокремлювання пилу від газів або аспіраційного повітря. Циклони забезпечують очищення з ефективністю 70–80% від частинок розміром до 10 мкм.

Рукавний фільтр ФРИР-800×2 – фільтр всмоктуючого типу. Апарати цього типу експлуатуються під розрядженням, а димососи встановлені на боці

чистого газу (після фільтра). Фільтрація проходить за рахунок розрядження, що утворюється димососами.

Очищення запиленого газу здійснюється при його проходженні крізь фільтруючі рукави, що виконані зі спеціальної фільтрувальної повсті, з температурою експлуатації 150°C. Вловлений пил накопичується в двох бункерах фільтра, обладнаних трьома датчиками рівнів пилу кожний.

Зниження викидів пилу та газоподібних продуктів на коксохімічному підприємстві можливо також впровадженням нових технологій і введенням в експлуатацію газопилоочисних установок [13].

1.2 Шкідливі фактори робочої зони коксохімічних виробництв та їх вплив на працюючих

Екологічний стан атмосферного повітря в районах розташування коксохімічних виробництв (КХВ) багато в чому визначається викидами великої кількості токсичних хімічних речовин, які утворюються при коксуванні КВ: аерозолів диспергаційного (виробничих пилів) та конденсаційного походження (туманів), газів та парів органічних сполук, причому він погіршується в літні місяці у зв'язку зі значним зниженням витрат коксового газу на власні потреби підприємства та збільшенням частки так званих возгонів, які викидаються в атмосферу без допалювання і містять частинки розміром 10^{-6} м і менше, уловлювання яких навіть за допомогою сучасного обладнання можливо лише на 50% [1].

Технологія переробки КВ з отриманням коксу, що описана в розділі 2, включає наступні стадії, в процесі яких утворюються основні забруднюючі речовини [2]:

- транспортування та зберігання вугілля з утворенням вугільного пилу;
- коксоутворення і гасіння, що супроводжуються викидами вугільного та коксового пилу, а також коксового газу;
- транспортування та очищення коксового газу з утворенням парів бензолу, толуолу, ксилолу, фенолу, поліциклічних ароматичних вуглеводнів

(ПАВ) та газоподібних сполук – H_2S , HCN і NH_3 ;

- спалювання коксового газу, яке супроводжується утворенням C_xH_y , SO_2 , NO_x , CO , CO_2 , HF і сажі.

Надходження вищеперерахованих забруднювачів може бути постійним, наприклад, з місць зберігання і транспортування сировини та продукції, через ущільнення конструкцій, при витоках з висхідної труби, з систем вентиляції і газопереробної установки, через завантажувальні отвори, при випалі в коксових печах і десульфуризації, або нерегулярним, наприклад, при завантаженні коксових печей, видачі та охолодженні коксу [2].

Автори [1] характеризують санітарно-гігієнічні умови КХВ як важкі, котрі вимагають вирішення проблеми ефективного захисту органів дихання персоналу.

Технологічні нормативи допустимих викидів в атмосферу нормуються відповідно до Наказу Мінприроди України № 507 від 29.09.2009 р. «Про затвердження Технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин від коксових печей» (ред. від 07.05.2021) (табл. 1.7).

Слід зазначити, що вищенаведеним наказом визначаються гранично допустимі масові концентрації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (ГДКап), які одержані без розбавлення повітрям, і які ґрунтуються на величинах об'єму газів, що приведені до нормальних умов, тобто отриманих в димових газах з постійних джерел викидів.

Як приклад, в таблиці 1.8 наведені дані щодо контролю якості атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» у 2020–2022 рр. [4].

ГДК газо- і пароподібних шкідливих речовин у повітрі робочої зони (ГДКрз) і ГДКап істотно відрізняються (табл. 1.9): для однієї і тієї ж речовини ГДКрз значно більше ГДКап, тому що в виробничих умовах шкідливі речовини впливають тільки на дорослих, працездатних, що пройшли медичне обстеження, людей, виключаючи старих, дітей та хворих.

Таблиця 1.7 – Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин від коксових печей [3]

Назва обладнання, процесу	Технологічний норматив для забруднювача, мг/м ³							Примітка
	Пил*		SO ₂	NO _x **		CO		
	Дія поточних та перспективних технологічних нормативів							
	до 31.12.2014	з 01.01.2015	з 01.01.2013	до 31.12.2014	з 01.01.2015	до 31.12.2014	з 01.01.2015	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Коксові печі	100(100)	50(50)	500(250)	750(400)	500(400)	850(6500)	500(500)	Коксовий газ (доменний газ)
Пекококсіві печі		50	400	600	500	500	250	
Трубчасті печі			400	500	250	500	250	
Котельні установки потужністю < 50			500 (500)	500 (1200)	250 (500)	250 (250)	250 (250)	Коксовий газ (паливо котельне коксохімічне сумішне)
Установка безпилової видачі коксу (стаціонарна)	50	35						Циклон, рукавний фільтр типу ФРИ, ФРИР та ін. фільтри
Установка сухого гасіння коксу: - свіча надлишкового теплоносія - вентиляційні викиди	800 500					8000 1500	500 250	
Устаткування з очищення хвостових газів при десуль- фуризації коксового газу			500					Електрофільтри, WSA, патронні фільтри та ін.
Сортування коксу: - після мокрого гасіння коксу - після сухого гасіння коксу	50 150	50 50						Циклон

* Суспендовані тверді частинки, недиференційовані за складом.

** У перерахунку на діоксид азоту.

Таблиця 1.8 – Інформація зі стаціонарного поста контролю якості атмосферного повітря в зоні впливу КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» у 2020–2022 рр.

Місяць, рік	Максимально-разова концентрація забруднюючих речовин, мг/м ³			Середньодобова концентрація забруднюючих речовин, мг/м ³		
	ГДК	макс.	мін.	ГДК	макс.	мін.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Оксид азоту (IV)						
Вересень 2013	0,2	0,045	0,021	0,04	0,039	0,025
Жовтень		0,052	0,020		0,040	0,023
Листопад		0,047	0,023		0,040	0,028
Грудень		0,050	0,022		0,039	0,023
Січень 2014		0,050	0,021		0,039	0,024
Лютий		0,045	0,021		0,039	0,024
Березень		0,047	0,022		0,039	0,027
Квітень		0,048	0,020		0,039	0,026
Оксид сірки (IV)						
Вересень 2013	0,5	0,073	0,002	0,05	0,042	0,013
Жовтень		0,103	0,001		0,049	0,009
Листопад		0,094	0,012		0,049	0,022
Грудень		0,097	0,011		0,047	0,023
Січень 2014		0,088	0,004		0,044	0,017
Лютий		0,092	0,006		0,047	0,014
Березень		0,085	0,010		0,047	0,024
Квітень		0,095	0,011		0,049	0,025
Оксид вуглецю (II)						
Вересень, 2013	5,0	4,50	0,07	3,0	1,24	0,14
Жовтень		3,53	0,06		1,15	0,14
Листопад		5,39	0,03		3,00	0,10
Грудень		4,96	0,13		2,36	0,24
Січень 2014		6,56	0,08		2,07	0,13
Лютий		3,83	0,09		1,64	0,14
Березень		3,61	0,07		1,16	0,13
Квітень		4,99	0,08		2,17	0,18
Сірководень						
Вересень 2013	0,008	0,007	< 0,004	не норм	-	-
Жовтень		0,008	< 0,004		-	-
Листопад		0,007	< 0,004		-	-
Грудень		0,007	< 0,004		-	-
Січень 2014		0,007	< 0,004		-	-
Лютий		0,007	< 0,004		-	-

Продовження табл. 1.8

1	2	3	4	5	6	7
Березень		0,007	< 0,004		-	-
Квітень		0,008	< 0,004		-	-
Аміак						
Вересень, 2013	0,2	0,016	<0,01	0,04	0,010	<0,01
Жовтень		0,027	<0,01		0,021	<0,01
Листопад		0,039	<0,01		0,020	<0,01
Грудень		0,030	<0,01		0,023	< 0,01
Січень, 2014		0,032	< 0,01		0,019	< 0,01
Лютий		0,029	<0,01		0,023	<0,01
Березень		0,034	<0,01		0,020	<0,01
Квітень		0,037	<0,01		0,024	<0,01
Фенол						
Вересень, 2013	0,01	0,0050	< 0,004	0,003	0,0023	<0,004
Жовтень		0,0062	< 0,004		0,0027	< 0,004
Листопад		0,0054	< 0,004		0,0025	< 0,004
Грудень		0,0051	< 0,004		0,0023	< 0,004
Січень, 2014		0,0051	< 0,004		0,022	< 0,004
Лютий		0,0054	< 0,004		0,0024	< 0,004
Березень		0,0056	< 0,004		0,0025	< 0,004
Формальдегід						
Вересень, 2013	0,035	0,031	0,031	-	-	-
Жовтень		0,034	0,034		-	-
Листопад		0,033	0,033		-	-
Грудень		0,033	0,033		-	-
Січень, 2014		0,034	0,034		-	-
Лютий		0,031	0,031		-	-
Березень		0,032	0,032		-	-

Згідно з [5] робочою зоною вважається простір заввишки до 2-х метрів над рівнем майданчика, на якому знаходяться місця постійного або тимчасового перебування працюючих. Для повітря на території підприємства (ТП) $ГДК_{ТП} = 0,3 ГДК_{рз}$, тобто шкідливі речовини можуть бути присутніми в кількості не більше 30% від ГДК в робочій зоні.

Оперативні дані щодо рівня ГДК_{рз} на КХВ відсутні у відкритій пресі.

Таблиця 1.9 – ГДК газо- і пароподібних речовин у повітрі робочої зони та їх токсикологічна характеристика [5,6].

Шкідлива газо- або пароподібна речовина	ГДК, мг/м ³ у повітрі			Загальний характер токсичної дії	Симптоми і наслідки ураження
	робочої зони	атмосферному			
		однора- зова	добова		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Оксид азоту (IV)	2,0	0,085	0,04	Змінюється залежно від вмісту в газовій суміші. В основному отруєння протікає за дратівливим типом дії. Високотоксичний. Навіть у невеликих концентраціях він подразнює дихальні шляхи, у великих концентраціях викликає набряк легенів.	Кашель, головний біль, блювота, почуття страху і сильної слабкості, іноді озноб, підвищена температура, прискорене серцебиття. Хронічні бронхіти, руйнування зубів, запалення ясен, туберкульоз, гіпотонія. При дії на шкіру - фарбування в жовтуватий колір волосся на голові, ніздрів і кистей рук.
Оксид сірки (IV)	10,0	0,5	0,05	Дратує дихальні шляхи зі спазмами бронхів, утруднює дихання. Вражає шкіру.	Роздратування слизових дихальних шляхів і очей. Задишка, погіршення нюху, зниження смакового сприйняття, астмоподібні напади. Руйнування зубів. Захворювання шлунку, печінки. При дії на вологу шкіру та очі - опіки.
Оксид вуглецю (II)**	20	5,0	3,0	Активно зв'язується з гемоглобіном, утворюючи карбоксигемоглобін, і блокує передачу кисню тканинним клітинам, що призводить до гіпоксії генетичного типу. Також включається в окислювальні реакції, порушуючи біохімічну рівновагу в тканинах.	Головний біль, запаморочення, нудота, блювота, м'язова слабкість, підвищений артеріальний тиск, розширені зіниці, задишка. У важких випадках спостерігається втрата свідомості, розлад серцевої і дихальної діяльності, судоми.

Продовження табл. 1.9

Сірководень	10	0,008	0,008	<p>Нервова отрута, що викликає зупинку дихання. Дратує дихальні шляхи і очі. Вражає шкіру.</p> <p>При вдиханні повітря з невеликими концентраціями досить швидко виникає адаптація до неприємного запаху і він перестає відчуватися. При вдиханні повітря з великою концентрацією, через параліч нюхового нерва, запах сірководню майже відразу перестає відчуватися.</p>	<p>Головний біль, печіння в очах, сльозотеча, світлобоязнь. Нежить, нудота, блювота, болі при сечовипусканні. Задишка, серцебиття, слабкість, непритомний стан. Запалення і набряк легенів.</p> <p>Розлади травлення. Шкірні висипання. При дії на шкіру вологого газу або розчину - почервоніння, екземи.</p>
Аміак	20,0	0,2	0,04	<p>При інгаляційному ураженні викликає токсичний набряк легенів (ТНЛ) і важке ураження нервової системи. ТНЛ розвивається при впливі аміаку протягом години з концентрацією 1,5 г/м³.</p> <p>Короточасний вплив аміаку в концентрації £3,5 г/м³ швидко призводить до розвитку загальнотоксичних ефектів. Поріг відчуття нюхом – 0,5 мг/м³</p>	<p>Сильно подразнює слизові оболонки очей та органів дихання, а також шкірні покриви; викликає рясну сльозотечу, біль в очах, хімічний опік кон'юнктиви і рогівки, втрату зору, напади кашлю, почервоніння та свербіж шкіри.</p>

Продовження табл. 1.9

Фенол	0,3	0,01	0,003	<p>Токсична дія безпосередньо пов'язана з концентрацією вільного фенолу в крові. При вдиханні вельми отруйний для центральної нервової системи.</p> <p>Дратує слизові оболонки очей, дихальних шляхів, шкіру, викликаючи хімічні опіки.</p> <p>Всмоктується в кров через слизові оболонки і шкіру, а потім розподіляється по органах і тканинах.</p>	<p>Гостре отруєння проявляється в вазодилатації, серцевій недостатності, гіпотермії, комі та зупинці дихання. Навіть при впливі мінімальних доз спостерігається чхання, кашель, головний біль, запаморочення, блідість, нудота, занепад сил. Важкі випадки отруєння характеризуються несвідомим станом, синюшністю, утрудненням дихання, нечутливістю рогівки, швидким, ледь відчутним пульсом, холодним потім, нерідко судомами.</p>
Формальдегід	0,5	0,035	0,003	<p>Вражає центральну нервову систему, має дратівливі, припікальні і сенсibiliзуючі властивості.</p>	<p>При гострому інгаляційному отруєнні: кон'юнктивіт, гострий бронхіт, аж до набряку легенів.</p> <p>Можливі набряк гортані, рефлексорна зупинка дихання. Поступово нарастають ознаки ураження центральної нервової системи (запаморочення, відчуття страху, хитка хода, судоми).</p> <p>Хронічне проявляється схудненням, диспепсичними симптомами, ураженням ЦНС (психічне збудження, тремтіння, атаксія, розлади зору, стійкі головні болі, поганий сон). Відзначені випадки бронхіальної астми.</p>

Продовження табл. 1.9

Водню ціанід	0,3	–	0,01	<p>Потрапляє до організму через дихальні шляхи, травний тракт або шкіру.</p> <p>Висока токсичність пояснюється блокуванням цитохромоксидази, що призводить до тканинної гіпоксії, у результаті чого порушуються функції головного мозку і дихального центру.</p> <p>Всмоктуванню через шкіру сприяє висока температура повітря виробничих приміщень і важке фізичне напруження, що викликають гіперемію шкіри і посилення виділення поту.</p>	<p>При легкому отруєнні: запах гіркої мигдалю з рота, першіння в горлі, оніміння порожнини рота і горла, запаморочення, слинотеча, блювота, страх, шок.</p> <p>За дії високих концентрацій синильної кислоти протягом 1–3 хв розвивається блискавична форма отруєння: людина скрикує, втрачає свідомість і через кілька хвилин помирає. В інших випадках виникають болісна ядуха, різко виражені судоми, втрата свідомості. Характерні симптоми інтоксикації: яскраво-рожеве забарвлення видимих слизових оболонок і шкіри обличчя (рум'янець), яке виявляється з перших хвилин отруєння і зберігається до паралітичної стадії [7].</p>
-----------------	-----	---	------	---	---

Відмітимо, що зазначені в таблиці 1.9 шкідливі речовини є такими, для яких при сумісній присутності в атмосферному повітрі встановлено ефект сумачії біологічної дії з коефіцієнтом комбінованої дії ($K_{\text{кд}}$), який дорівнює 1,0 [8]. $K_{\text{кд}}$ відображає характер сумісної біологічної дії одночасно присутніх в атмосферному повітрі забруднюючих речовин (сумація, посилення, послаблення або незалежна дія). Його цифрове значення встановлюється експериментальним (або розрахунковим) шляхом та виражається в частках від індивідуальних ГДК забруднюючих речовин [8].

Оцінки викидів, результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин, а також аналіз фактичного забруднення атмосфери на КХВ, особливо з сухим гасінням коксу (УСГК), показують, що в приземних шарах як атмосферного повітря, так і повітря робочої зони є перевищення ГДК коксового пилу та паро- і газоподібних сполук. При цьому істотну частку забруднення атмосферного повітря складають «організовані» викиди головним чином від стаціонарних джерел об'єктів коксохімічної технології (печі, опалювальні системи печей і вежі гасіння коксу) [9,10].

У процесі видачі розжареного коксу нормальної готовності з температурою близько 1000°C при його падінні в гасильний або коксовозний вагон внаслідок контакту з повітрям утворюється висхідний тепловий потік за рахунок горіння залишкових летких компонентів коксу, самого коксу і його тепловіддачі. В цьому потоці частково згорає коксовий пил, утворюючи залповий пилогазовий викид, який відбувається періодично і триває лише 2–3 хв [11]. Питомі значення кількості токсичних речовин, які утворюються в печах при виробництві 1 тони коксу, складають, г/т: H_2S – 545,0; CO –333,0; NH_3 – 7,0; феноли – 130,0; бензолні вуглеводні –160,0; SO_2 –20,0; NO_x – 65,0.

В опалювальних системах печей при спалюванні доменного і коксового газів, які мають складний хімічний склад, поява в димному аерозолі частинок з різними фізико-хімічними властивостями не викликає подиву, оскільки хімічний склад конкретної частинки визначається всією її історією: місцем зародження у факелі горіння, хімічним складом і температурою навколишніх

парів і продуктів згоряння. Питомі значення кількості токсичних газоподібних сполук складають, кг/т: SO₂ – 1,05 і 0,18; CO – 0,5 і 0,4 (відповідно при опаленні печей коксовим або доменним газом).

При мокрому гасінні з веж разом з парами води до атмосфери надходять розчинені в ній речовини з питомим вмістом, г/т: NH₃– 26,0; H₂S – 9,0; феноли –26,0; SO₂ –64,0; HC_n – 92,0; хлориди – 680,0 (у перерахунку на Cl₂); смолисті речовини – 55,0; 3,4-бензапірен – 0,04.

Метод сухого гасіння коксу дозволяє ліквідувати викиди, що утворюються при випаровуванні фенольних вод, і зменшити до мінімуму вміст в них пилу, CO і SO₂.

Наявні в літературі нечисленні відомості з визначення характеристик викидів КХВ вельми суперечливі: розбіжності при практично однаковій технології та устаткуванні подекуди сягають 800%, що не може бути пояснено ніякими особливостями сировини, технологічних схем, режимів або різним рівнем обслуговування обладнання.

З результатів вимірювання рівня забрудненості атмосферного повітря викидами пилу різного походження КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (табл. 1.10) випливає, що максимально-разова концентрація пилу на стаціонарному посту в зоні впливу КХВ навіть не визначається, у той час як перевищення гранично допустимої середньодобової концентрації пилу у 2014 р. сягає майже в 2 рази.

Як було сказано раніше, більшість технологічних процесів КХВ (вивантаження (видача) з печей, сухе гасіння, транспортування, розсівання і відвантаження коксу) також супроводжуються «неорганізованими» і специфічними викидами забруднюючих речовин, визначення кількісних і якісних характеристик яких в реальних умовах працюючого підприємства і в умовах реального часу є досить складною методичною проблемою. Для проведення вимірювань на таких джерелах в принципі не може бути достатнього методичного обґрунтування, оскільки нема організованих потоків газу, в яких можливий відбір представницьких проб, а прями вимірювання в

неорганізованих потоках неминуче призводять до спотворень об'єктивної інформації.

Таблиця 1.10 – Інформація зі стаціонарного поста контролю запиленості в зоні впливу КХВ ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" в 2013–2014 рр. [4].

Місяць, рік	Максимально-разова концентрація пилу, мг/м ³			Середньодобова концентрація пилу, мг/м ³		
	ГДК	макс.	мін.	ГДК	макс.	мін.
Пил						
Вересень, 2013	0,5	–	–	0,15	0,18	0,05
Жовтень		–	–		0,20	0,04
Листопад		–	–		0,45	0,06
Грудень		–	–		0,15	0,06
Січень, 2014		–	–		0,19	0,05
Лютий		–	–		0,18	0,05
Березень		–	–		0,27	0,06
Квітень		–	–		0,29	0,06

Джерелами утворення пилу на КХВ є цехи вуглепідготовки, відділення коксопідготовки та коксові печі в період завантаження шихти та видачі коксу, викиди яких також включають обвуглені частинки та частинки сажі [12]. Перші мають пористу структуру і складаються в основному з вуглецю [13,14], другі являють собою сферичні вуглецеві частинки субмікронних розмірів (25–60 нм), які утворюють ланцюги завдовжки до 800 нм [14,15].

Пил, що утворюється на різних ділянках КХВ внаслідок особливості сировини, технологічних схем та режимів, різного рівня обслуговування обладнання, є досить різноманітним за властивостями, хімічним і дисперсним складом.

Найбільш повну і впорядковану характеристику властивостей та поведінки забруднюючої речовини можна дати, розглядаючи її як дисперсну систему.

На даний час в теорії та практиці оцінки пилової обстановки в робочій зоні підприємств з урахуванням умов функціонування інженерно-екологічних систем прийнятий детермінований підхід до вимірювання та опису дисперсного складу пилу, який представляється у вигляді диференціальних або інтегральних

кривих як зміст середнього числа частинок даного розміру або їх маси. Для цілого ряду розрахунків, в яких використовуються результати аналізу дисперсного складу пилу, можливий аналітичний опис функцій розподілу частинок за їх розмірами за допомогою різних теоретичних і експериментальних залежностей [14].

Проте аналіз дисперсного складу пилу в робочій зоні, зокрема на підприємствах будіндустрії, показав, що розкид розмірів частинок (еквівалентний, мінімальний, максимальний, медіанний) істотно перевищує помилку вимірювань. Це пояснюється тим, що вибивання пилу з устаткування в реальних технологічних процесах відбувається, як правило, не детерміновано, а випадковим чином, тобто стохастично. Для оцінки стану пилової обстановки в робочих зонах доцільно розглядати величину маси пилу, що вибивається з устаткування, загальну концентрацію пилу у фіксованих точках як випадкові величини, а характеристики дисперсного складу – як випадкові функції. Тобто, оскільки для різних серій замірів дисперсного складу пилу в одній і тій же точці робочої зони можуть мати місце значні розбіжності значень функції проходу маси частинок пилу $D(d_p)$ по діаметрах, наприклад, в силу особливостей технологічного процесу, то інтегральна функція розподілу маси частинок за діаметрами для кожного заміру окремо не може описати дисперсний склад пилу в умовах реальних виробництв. Для цього необхідно розглядати весь діапазон зміни дисперсного складу пилу, використовуючи апарат випадкових функцій.

Причому в більшості випадків для пилу, що міститься в повітрі робочих зон та інженерно- екологічних системах, характерним є усічений логарифмічно- нормальний розподіл частинок за розмірами, як це було показано В.А. Минко і рядом інших дослідників для аспіраційного пилу.

Пилоподібні дисперсні речовини в повітрі робочої та санітарно-захисної зон в інженерно- екологічних системах, як правило, є полідисперсними, тобто містять досить широкий діапазон розмірів частинок. Згідно з [16], дійсний зерновий розподіл подрібненого матеріалу залежить від умов його утворення, але розподіли одного і того ж матеріалу різні в залежності від застосованого

методу дисперсного аналізу. Однак достовірність дисперсного складу залежить від більш широкого набору обставин різних виробництв і видів пилів, що викликає необхідність в їх додатковому дослідженні в конкретних умовах [6], оскільки, як відомо, дисперсний склад уловленого пилю в повітрі робочої зони значно відрізняється від вихідного і, відповідно, застосування таких результатів при підборі обладнання систем пилоочистки або ЗІЗОД дає значну помилку.

Так, за даними коксовий пил можна вважати тонкодисперсним, оскільки його фракційний склад (табл. 1.11) показує, що основними є класи крупності частинок 0,190–0,8 мм і менш 0,09 мм. На жаль, до завдань авторів дослідження не входила подальша диференціація фракції менше 0,09 мм, адже саме ці дані дозволили б зробити висновок щодо співвідношення респірабельної і нереспірабельної частки фракції. До того ж, незрозуміло, де і в яких умовах було відібрано проаналізований коксовий пил.

Таблиця 1.11 – Фракційний склад коксового пилю

Клас крупності	Маса, г	% мас.
>1,0	0,2553	0,25
0,8 ÷ 1,0	0,2257	0,22
0,315 ÷ 0,8	10,2391	9,94
0,190 ÷ 0,6	48,2220	46,62
0,09 ÷ 0,190	9,4955	9,22
менше 0,09	34,5625	33,56
Разом:	103,0001	100,00

В таблиці 1.12 наведені характеристики пилю, що міститься у коксовому газі, частина якого потрапляє до атмосфери як з організованих, так і з неорганізованих джерел.

Таблиця 1.12 – Характеристики пилової складової коксового газу.

Якісний склад пилю:	50% SiO ₂ , 27% Al ₂ O ₃ , 9,5% Fe ₂ O ₃ , 5,5% CaO
Запиленість, г/м ³	0,3–0,5
Щільність пилю, г/см ³	0,9–2
Дисперсний склад пилю, мкм	80–300

Відмітимо, що в відкритих публікаціях не знайдено достовірних загальних

даних щодо дисперсного складу пилу в повітрі робочої зони конкретного КХВ, не кажучи про його диференціацію на робочих місцях. Отже, при виборі ЗІЗОД буде необхідно або вивчити дисперсний склад пилу на конкретному КХВ, або апіорі застосовувати ЗІЗОД з максимальним ступенем захисту.

Відомості про морфологію та склад пилів коксохімічної промисловості практично відсутні, проте, враховуючи структуру всього переробного комплексу, можна припустити, що на різних етапах виробництва їх морфологія та склад будуть різними. Так, на етапах навантаження-розвантаження вагонів, приготування шихти і завантаження коксових батарей буде превалювати пил вугільної етіології, склад якого визначатиметься складом використовуваного вугілля; на етапах вивантаження, транспортування, гасіння. При транспортування і перевалки готового коксу переважатиме пил, що майже на 100% складається з чистого вуглецю. Певний вплив на формування пилу мають і атмосферні фактори, зокрема вологість.

Коксовий пил має практично той же мінеральний склад, що й кам'яне вугілля та кокс, і є структурним елементом зерен коксу.

З хімічної точки зору, кокс має досить простий склад: переважно вуглець з деякими мінеральними речовинами (склад і кількість яких залежать від похідної сировини) і незначна кількість водню, сірки і кисню [17].

Високий вміст золи в коксі є не тільки економічною проблемою внаслідок зниження теплотворної здатності останнього, а й екологічною, оскільки в неорганізованих пилових викидах в робочій зоні концентрація респірабельної твердої складової у вигляді незгорілих мінеральних речовин (в основному оксидів кремнію і металів) перевищує їх концентрацію у вихідній сировині: маючи різну фібриногенну активність, незгорілі мінеральні речовини викликають пневмокніози різної етіології, професійні алергози та захворювання бронхолегеневого апарату токсико-хімічної етіології [18].

З іншого боку, кокс дуже складний структурно, з безліччю пор, розмірів і форм міжпорових стінок, а також тріщин. Коксові стінки складаються з різних структур, які мають різноманітні мікроскопічні властивості і варіюються за

оптичною анізотропією залежно від розряду і типу використовуваного вугілля. Спрощено, коксовий вуглець складається з помірно кристалізованих анізотропних і аморфних ізотропних частинок [19].

Як зазначено [20], у металургійному виробництві (а коксохімічна промисловість є однією з найважливіших галузей металургії) на робітників діє цілий комплекс шкідливих факторів, які окремо можуть не перевищувати нормативних значень, але в поєднанні призводять до несприятливих наслідків. З них можна виділити несприятливі параметри повітря і мікроклімату у робочій зоні, тяжкість і напруженість трудового процесу, акустичний шум. Клас умов праці у провідних професій відповідає 3.3–4 класу, переважно за рахунок температурного чинника, що пов'язано з технологічними особливостями.

Як показали результати дослідження [21], у процесі виробничої діяльності у робітників основних професій відзначається збільшення рівня функціонального напруження ЦНС, зниження концентрації уваги і його переключення, загальної працездатності, на відміну від робітників допоміжних професій, у яких виробнича діяльність відбивається на рівні напруги серцево-судинної системи, істотно позначаючись на показниках артеріального тиску і нервово-м'язового апарату; при цьому відмінності мали місце не тільки в м'язовій силі, а й у м'язовій витривалості.

Цікаві результати отримано при оцінці умов праці робітниками коксохімічного виробництва АО «Арселор Міттал-Теміртау» в різних вікових категоріях [22]. Так, 50% робочих віком до 30 років оцінюють умови праці на своїх робочих місцях як задовільні, 33,3% – як незадовільні і лише 2,4% – як хороші. З віком суб'єктивна оцінка умов праці зазнає значних змін.

Зокрема, знижується відсоток робітників, які оцінюють умови праці як задовільні (з 41,7–42,9% у віці 31–49 років до 33,3% у віці понад 50 років), при високому відсотку незадовільних оцінок (50,0 – 58,3%).

Робітники, що безпосередньо контактують з несприятливими факторами виробничого середовища (основні робочі професії), оцінюють умови праці як незадовільні – 56,7%, задовільну оцінку дали 36,7%, у той час як робітники

допоміжних робочих професій, що займаються ремонтом і налагодженням обладнання і контактують з виробничими чинниками не постійно, в більшості своїй оцінюють умови праці як задовільні – 54,5%, а 36,4% – як незадовільні.

На рисунку 1.3 наведені результати оціночних критеріїв на запитання «Які з факторів виробничого середовища заважають виконувати трудові операції?» [22]. Цікаво відзначити, що основним фактором, який негативно впливає на трудову діяльність робітників, є шум (84,1%); запиленість (65,9%) та загазованість (59,1%) посіли за значимістю лише 4 і 5 місця відповідно.

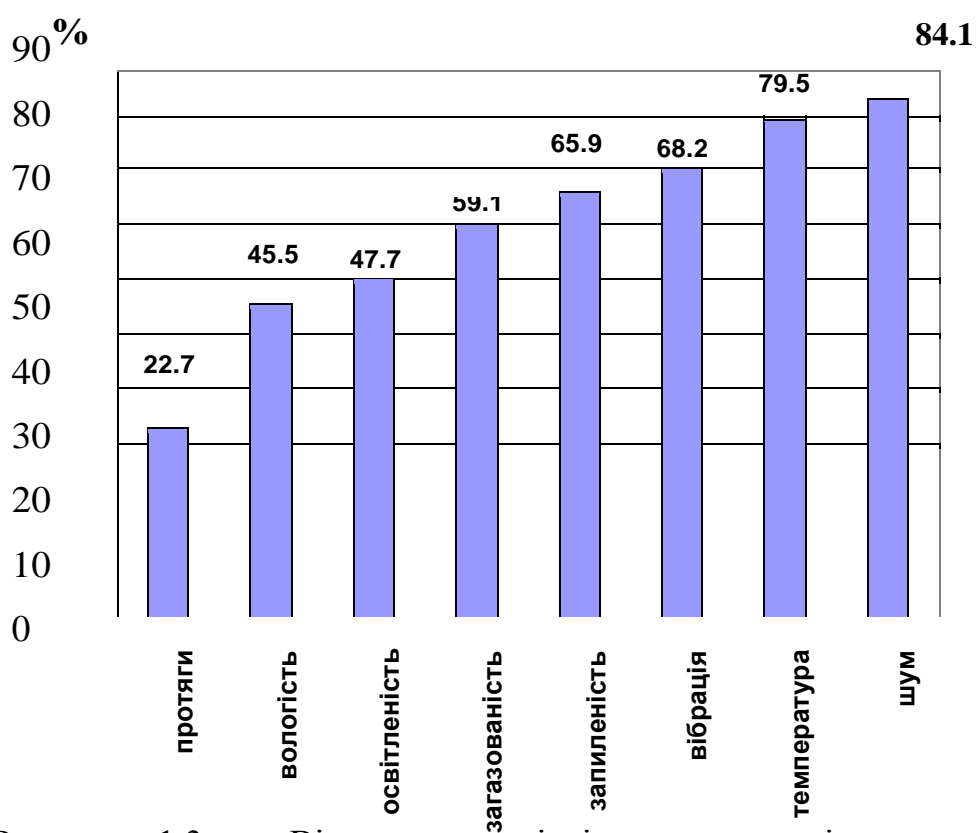


Рисунок 1.3 – Відсоткове співвідношення оціночних критеріїв на запитання «Які з факторів виробничого середовища заважають виконувати трудові операції?»

Негативний вплив пилів виробництва на людину значним чином визначається сумарним токсикологічним впливом пилів на різні органи. До найбільшого впливу пилу схильні органи дихання, шкіра, очі, кров і травний тракт.

Шкідливість неотруйного вугільного і коксового пилу обумовлена

здатністю викликати професійне захворювання легень – пневмоконіоз. Пневмоконіоз, викликаний вдиханням запиленого повітря, що вміщує вільний діоксид кремнію, називають силікозом, а той, що вміщує вугільний пил, – антракозом; при вдиханні пилу виникають пневмоконіоз, пов'язані з відкладенням пилу в легенях і реакцією тканини на його присутність [7].

Виробничий пил викликає також захворювання очей і шкіри – розвиваються кон'юнктивіти, кератокон'юнктивіти і навіть опіки рогівки, що викликають втрату зору. Захворювання шкіри, що викликаються контактом з пилами, проявляються у вигляді дерматитів, екзем, виразок, різних форм псоріазу, лікування яких займає багато років. Професійні шкірні захворювання часто ускладнюються вторинною інфекцією, що утруднює їх діагностику у зв'язку з неясною етіологією [23].

Клінічні синдроми, що спостерігаються при професійних отруєннях, визначаються характером дії речовини. При інтоксикаціях отрутами, переважно тими, що діють на органи дихання, залежно від глибини і поширеності ураження, можуть розвиватися різні клінічні форми. При впливі на верхні дихальні шляхи можливе ізольоване ураження носа, глотки або гортані. Найчастіше спостерігається картина назофаринголарингіту, іноді з некротичними змінами, особливо в результаті впливу концентрованих парів або розбрикування дрібних крапельок токсичних речовин. Важкі форми, які проявляються ларингоспазмом, найбільш часто обумовлені впливом концентрованих токсичних речовин навіть при короткому контакті з ними, іноді після декількох вдихів [24].

Сучасні дослідження, проведені фахівцями медицини праці і промислової екології, свідчать, що стан повітря робочої зони КХВ є реальною чи потенційною небезпекою у відношенні розвитку порушення процесів репродуктивної функції жінок. Аналіз вивчення особливостей плинності вагітності, пологів і їх наслідків для матері, плоду і немовляти на основі проведення комплексу клініко-функціональних досліджень доводить значну соматичну обтяженість здоров'я жінок в екологічно несприятливих регіонах промислових

міст з КХВ, що безсумнівно уплинуло на частоту і вагу патології вагітності. У цьому ж районі у немовлят частіше реєструвалися вроджені вади розвитку. У жінок, що працюють на коксохімічному виробництві, реєструвалася висока питома вага гострої внутрішньоутробної гіпоксії й асфіксії плоду при пологах [25].

Таким чином, можна зробити висновок, що порушення функціонального стану організму, які виникають при впливі виробничих факторів, є безсумнівними ланками патогенезу професійної патології [26].

Наявність постійних і нерегулярних викидів на КХВ ускладнює впровадження у виробничий процес пристроїв забезпечення досягнення у повітрі робочої зони санітарних норм. Наприклад, у цеху вуглепідготовки та у відділенні коксортування обладнання, що виділяє пил, та перевантажувальні вузли, як правило, оснащені аспіраційними системами, питомий викид пилу від яких може бути оцінений в 0,9 кг/т коксу; приблизно 0,4 кг/т виділяється при перевантаженні вугілля на складі та на коксових печах при завантаженні шихти і видачі коксу. Хімічний склад пилу, що уноситься, практично такий же, як і одержуваного продукту. Пил представлено в основному великими фракціями (понад 50% частинок більше 40 мкм).

Коксовий пил практично не знаходить застосування через складнощі з розвантаженням і транспортуванням, зазвичай повертається в шихту коксування в кількості 1 % до маси шихти (що зменшує обсяг корисного завантаження вугільної шихти) або переробляється «на місці» шляхом застосування різних методів ущільнення та фасування (дуже рідко, через відсутність технології, тобто не передбачено проектом заводу спочатку) або запаковується в тару (мішки), але через тонкодисперсний стан і високу зольність мало придатний до прямого використання.

За даними, обсяги утворення коксового пилу вельми великі, в середньому на одному коксохімічному підприємстві близько 18000–20000 т/рік і варіюються в широких межах залежно від режимів роботи і продуктивності заводу.

Таким чином, наведені вище дані свідчать про те, що виробничий процес, властивий КХВ, і характер виробничого середовища є основними факторами,

що впливають на здоров'я людини.

Проблема забезпечення санітарних норм для навколишнього повітря і повітря робочої зони на КХВ пов'язана з вибором надійних і ефективних пиловловлювачів. Однак для підвищення захисту працюючих також необхідно використання засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД), зокрема протипилових респіраторів.

Вибір того чи іншого типу ЗІЗОД здійснюють залежно від величини концентрації пилових частинок в повітрі, яка визначається ваговим способом. Водночас термін служби ЗІЗОД багато в чому залежить від складу пилу, його дисперсності, умов праці та параметрів повітря робочої зони [20]. При цьому саме дисперсність пилу є вирішальним фактором, що впливає на швидкість росту опору диханню під час роботи, тобто на термін його служби.

З урахуванням особливостей повітря робочої зони КХВ для осмисленого вибору ЗІЗОД бажано мати комплексну оцінку реальної обстановки на різних виробничих ділянках, яка міститиме:

- визначення потужності викидів токсичних речовин від різних джерел;
- визначення дисперсного складу та концентрацій РМ 10 і РМ 2,5 аерозолів токсичних речовин в повітрі робочої зони;
- дані щодо складу і фізико-хімічних властивостей забруднюючих речовин, у т.ч. виробничих пилів;
- врахування ризику перевищення можливих нормативів фракційних концентрацій пилу;
- аналіз типів і частоти захворювання працюючих, оцінка ризику їх захворюваності.

Враховуючи патологічну дію на організм людини виробничого шуму, який в умовах перевищення гранично допустимих рівнів (ГДР) руйнівню впливає на функції органу слуху, викликає незворотні зрушення в діяльності центральної і вегетативної нервової, серцево-судинної систем та інших органів, згідно з міжнародною Конвенцією МОТ 148 «Про захист робітників від професійного ризику, що викликаний забрудненням повітря, шумом та вібрацією на робочих

місцях», до якої Україна приєдналась ще в 1977 році [21], працівникам коксохімічного виробництва необхідно застосовувати сучасні засоби індивідуального захисту органу слуху (ЗІЗОС) з відповідними характеристиками шумозниження як кінцевої міри активних заходів профілактики профзахворювань, коли інженерно-технічні заходи не дають бажаних результатів.

При відносно невеликому перевищенні рівня шуму на робочих місцях коксохімічного виробництва для максимального збереження розбірливості і тембрового забарвлення мови та чутності попереджувальних сигналів, які надходять ззовні, акустична ефективність застосованих ЗІЗОС повинна знаходитися в межах 20-25 дБ [22,23].

1.3 Результати інформаційного пошуку щодо сучасних ЗІЗ для потенційного використання в умовах КХВ

Бурхливий розвиток технологій виготовлення фільтрувальних ультратонковолокнистих матеріалів та впровадження сучасних технологій їх формування забезпечили за останнє десятиріччя значний прогрес в області розробки і виробництва фільтрувальних півмасок на основі полімерних волокон та їх композицій, а поява обладнання, наприклад, ультразвукового, для зварювання матеріалів, різних за своїми фізико-механічними властивостями – появу на світовому ринку нових ЗІЗОД різного функціонального призначення.

Спільним у всіх представлених моделей є наявність фільтрувальної півмаски, яку виготовлено методом термічного формування, що забезпечує утворення та збереження об'ємної форми.

Поліпшення експлуатаційних показників в сучасних ЗІЗОД досягається використанням нових матеріалів для виготовлення комплектуючих виробів і удосконаленням їх конструкцій. Так, для швидкої підгонки півмаски використовуються пряжки різних конструкцій; мінімізація тиску на голову досягається завдяки застосуванню еластичних стрічок різної ширини; зниження підсосу по смузі обтюрації і виключення необхідності спорядження півмаски

притискною пластиною – заміною обтюратором з еластичних матеріалів; опір видиху оптимізується використанням вузлів клапанів видиху удосконалених конструкцій; форма півмаски гарантує мінімальне зниження поля зору.

В результаті проведеного пошуку авторами було зроблено спробу класифікувати ЗІЗОД відповідно до їх функціонального призначення і конструктивних особливостей.

В таблицях (Додаток А) представлені фільтрувальні півмаски з клапанами та без, виготовлені різними виробниками (США, Німеччина, Італія, РФ, Франція, Україна та ін.) з використанням фільтруючих і сорбційно-фільтруючих матеріалів, які забезпечують очищення повітря від аерозолів, газів або газів і аерозолів (окрім оксиду вуглецю (II)).

Для роботи в умовах підвищеної запиленості пропонуються фільтрувальні півмаски від аерозолів або газів і аерозолів зі збільшеною поверхнею фільтрації (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Фільтрувальні півмаски «UVEX» зі збільшеною поверхнею фільтрації.

Однією з сучасних тенденцій є розширення асортименту шляхом випуску серій півмасок, що мають однаковий зовнішній вигляд, але відрізняються один від одного за функціональним призначенням.

Як правило, основні відмінності півмасок в межах серії полягають у наступному:

- при використанні загального типу півмаски окремі моделі оснащені клапаном (клапанами) видиху, що забезпечує максимальне відведення тепла і вологи з підмаскового простору;
- використовуються протиаерозольні фільтри з різним класом захисту;

- наявність додаткового спеціалізованого протигазового фільтра.

У цьому випадку, крім відмінностей в маркуванні, використовується колірне кодування окремих елементів або півмаски в цілому за ступенем захисту, що забезпечує візуальну ідентифікацію і допомагає користувачу вибрати фільтрувальну півмаску з потрібним рівнем захисту.

На підприємствах КХВ використання ЗІЗОД від аерозолів та газів і аерозолів з лицевою частиною з повітронепроникного матеріалу обмежується використанням їх на тих виробничих ділянках, де відсутні підвищені температури.

На світовому ринку ці ЗІЗОД представлені високотехнологічними виробами з сучасних матеріалів. Вони відрізняються різноманіттям форм корпусів лицевих частин, конструкцій наголовних гарнітурів, способів кріплення фільтрів (рисунки 1.5–1.7).



Рисунок 1.5 – ЗІЗОД «Profile 40» з різьбовим кріпленням фільтра



Рисунок 1.6 – ЗІЗО «7310» зі штуцерним кріпленням фільтра



Рисунок 1.7 – ЗІЗОД «Draeger X-Plore 2100» з комірковим способом кріплення фільтра

Для роботи в особливо складних умовах розроблені ЗІЗОД з примусовою подачею повітря під корпус лицевої частини, виконаний з силікону. Регулювання подачі повітря здійснюється за певною програмою вбудованим в наголовний гарнітур спонукачем витрати (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – ЗІЗОД «PAFtec CleanSpace2™» з примусовою подачею повітря в підмасковий простір



Рисунок 1.9 – ЗІЗОД «Trend C-TR-AIRACE» з суперрефективною півмаскою з протиаерозольним фільтром [32]

За рахунок збільшення більш ніж в 5 разів, у порівнянні з одноразовою протиаерозольною півмаскою, площі фільтрації, в ЗІЗОД з суперрефективним корпусом лицевої частини (рис. 1.9) вирішуються питання суттєвого зниження опору диханню. Внаслідок зниження лінійної швидкості фільтрації підвищується ефективність протиаерозольного фільтра і зростає його пиломісткість.

Відзначимо, що усі наведені вище ЗІЗОД не мають індикації «спрацьовування» фільтрів, що унеможлиблює контроль за станом їх захисних властивостей. Рекомендовані ЗІЗ повинні забезпечувати комфортні умови при застосуванні та досягнення максимального захисту від того чи іншого шкідливого фактору.

Це може бути досягнуто застосуванням різних спеціальних матеріалів, наприклад, для захисту від вітру – матеріалу «WINDSTOPPER», високих температур – «Polartec» [24], вогню та іскор – «Арсенал» та «Кевлар» [25], токсичних газів – «Carbon X» [26], розробкою відповідних конструкцій, застосуванням сучасних технологічних прийомів виготовлення та обладнання.



Рисунок 1.10 – Теплова маска сухого та жаркого повітря. Окрім захисту органів дихання, теплова маска забезпечує захист шиї та плечей і рекомендована для користувачів різних вікових груп в умовах теплового дискомфорту



Рисунок 1.11 – Балаклава з додатковим захистом від мікроорганізмів «ColdAvenger Balaclava Pro»

Особливий напрямок – це теплові маски, призначені для застосування при екстремальних температурних режимах. Роль регулятора температури в них виконує вмонтований термоблок з термоакумуючими матеріалами, який, будучи високоефективним теплообмінником прямої дії, забезпечує підтримку теплового балансу організму людини та зниження втрат тепла через дихання в умовах зниженої температури (до мінус 50°C), а також охороняє організм від зневоднення в умовах сухого та жаркого повітря.

Додатковий захист, наприклад, від мікроорганізмів, що присутні в повітрі, у балаклаві «ColdAvenger Balaclava Pro» [28] (рис. 1.11) забезпечується за рахунок використання м'якого біосумісного поліуретану, з якого виготовлена знімна маска, що поглинає вологу з поверхні обличчя та із зони дихання.

Балаклави знайшли й широке застосування у якості засобів саморятуння

в умовах НС (рис. 1.12, 1.13) для захисту органів дихання від токсичних паро- і газоподібних речовин. Їх можна використовувати в будь-яких кліматичних умовах.



а



б

Рисунок 1.12 – Балаклави з фільтрами: а – British Army Surplus S10 Nomex Flash Hood Assault Balaclava [29], б – «PurifyAir 30M» [30]



Рисунок 1.13 – Одноразовий ЗІЗОД «DURAM DM-20C-300-YE» [31]

Балаклави, що забезпечують захист органів слуху, представлені виробами зі знімними слуховими накладками (рис. 1.14 (а,б)).



а



б

Рисунок 1.14 – Балаклави зі знімними слуховими накладками

На завершення відзначимо, що при розробці таких спеціалізованих виробів як балаклави, слід врахувати, що:

- матеріал не повинен створювати значний опір диханню;
- при двошаровій конструкції зовнішній шар бажано виконати з гідрофобних, повітропроникних матеріалів, а внутрішній – з гіпоалергенних волого- і повітропроникних матеріалів;
- повинна бути передбачена можливість її використання спільно з захисним шоломом, ЗІЗ органів дихання та зору.

- для роботи в умовах підвищеного шуму балаклаву бажано або оснастити знімними антишумовими накладками, або її конструкція повинна поєднуватися зі штатними засобами захисту слуху (навушниками).

1.4 Висновки за розділом 1. Постановка задач досліджень

Встановлено, що незадовільні умови праці на підприємствах гірничо-видобувної, вугільної, коксохімічної галузей промисловості обумовлені насамперед забрудненням повітря токсичними аеродисперсними частинками різного походження (пил, дим, туман), газо- і пароподібними сполуками та високим рівнем виробничого шуму в робочих зонах. Негативними наслідками їх дії є виникнення хронічної втомлюваності, роздратованості, головного болю, зниження уваги і зменшення швидкості реакції на події з подальшим ураженням органів дихання, передчасної втрати слуху, порушенням у діяльності центральної та вегетативної нервових, а також серцево-судинної систем. Очевидно, в умовах, коли інженерно-технічні заходи не дають бажаних результатів, єдиним способом профілактики профзахворювань є застосування працівниками сучасних комплексних засобів індивідуального захисту (КЗІЗ), які включають: засоби захисту органів дихання (ЗІЗОД) та слуху (ЗІЗОС), розробка яких є сьогодні актуальною задачею.

Виконання трудових обов'язків працівниками у шкідливих умовах вимагає використання декількох засобів індивідуального захисту одночасно. Це викликає певні незручності, пов'язані з суміщенням захисних пристроїв, їх правильним підбором та незручностями експлуатації. Зокрема, підшоломник, виконаний у вигляді балаклави, практично несумісний із ЗІЗОД. Також при застосуванні вушних вкладишів потрібно його знімати або одягати, а розташування навушників поверх тієї ж балаклави призводить до зниження захисних параметрів ЗІЗОС. Крім того, актуальними задачами є забезпечення ЗІЗОС можливості спілкування без зняття засобу, а також чутність попереджувальних сигналів.

В основу створення комплексного ЗІЗ різного функціонального

використання покладено кілька оригінальних і поки що не реалізованих у світовій практиці ідей:

- розробка конструкцій півмасок фільтруючих респіраторів з високими ізолювальними властивостями, які забезпечують врахування антропометричних характеристик різних облич, за рахунок гнучкої смуги обтюрації, збалансованого наголів'я і герметичної клапанної системи;

- стимулювання впровадження організаційно-технічних заходів, що спрямовані на раціональне використання фільтруючих респіраторів завдяки наявності попереднього фільтра, використання якого є найбільш раціональним рішенням, оскільки воно дозволяє пролонгувати ефективне використання скомбінованого фільтра;

- забезпечення високого ресурсу захисних властивостей респіраторів за рахунок впровадження системи контролю перепаду тиску під час роботи.

Викладене вище дозволило сформулювати **задачі подальшого дослідження:**

Для досягнення мети дослідження в дисертаційній роботі сформульовані та розв'язані наступні задачі:

1. Аналіз небезпек і загроз на робочих місцях працівників коксохімічної промисловості.

2. Розробка методу з оцінки професійних ризиків на робочих місцях працівників коксохімічної промисловості для розробки на основі вибору параметрів комплексного засобу індивідуального захисту працівників.

3. Створення каталогу антропометричних розмірів облич користувачів для визначення основних розмірів комплексного засобу індивідуального захисту працівників.

4. Розробка прототипу комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічних виробництв та проведення лабораторних випробувань з перевірки ефективності його захисних показників.

5. Розробка виробництва з виготовлення комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічних виробництв.

1.5 Список використаних джерел за розділом 1

1. Проскуріна І.В. Принципово нове в методах очистки повітря від пилу в процесах видобування коксу з камер коксових батарей / І.В. Проскуріна // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №4/9 (40). – С. 12–15.
2. Руководство ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов: общие руководящие указания по подготовке национальных инвентаризаций выбросов. – № 9 изд. Копенгаген: ЕАОС, 2009. – 30 с.
3. Про затвердження Технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин від коксових печей. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України [прийнятий 29 вересня 2009 року за № 507: зареєстрований Міністром України 15 жовтня 2009 року за № 965/16981]. – Офіційний вісник України-2009 р. – № 82.
4. Контроль якості атмосферного повітря [Електронний ресурс]: ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». – Режим доступу: URL: <https://ukraine.arcelormittal.com/> (дата звернення: 29.09.2022).
5. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджених наказом МОЗ України від 08.04.2014 р. № 248.
6. Вредные вещества в промышленности / Под общей ред. проф. Н.В.Лазарева и проф. И.Д. Гадаскиной. В 3 т. – Л.: Химия, 1976. – Т.1. – 592с.; 1977. – Т.3. – 608 с.
7. Большая медицинская энциклопедия/ Под общей ред. акад. Б.В. Петровского. В 29 т. –М.:Советская энциклопедия.–1982.–Т.18.– 528с.
8. Наказ МОЗ України № 52 від 14.01.2020 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць».
9. Шматков Г.Г. Оцінка забруднення атмосферного повітря викидами

пилу від стаціонарних джерел промислових підприємств, які розташовані в м. Дніпропетровську / Г.Г. Шматков, Ю.І. Мінков. – Екологія і природокористування, 2011. – Вип. 14. – С. 72–75.

10. Минимизация экологической опасности коксохимического производства ОАО "Арселормиттал Кривой Рог" [Электронный ресурс]: eZTUIR. – Electronic Zhytomyr State Technological University Institutional Repository. – Режим доступа: <http://eztuir.ztu.edu.ua/5861/1/77.pdf> (дата звернення: 31.03.2014).

11. Пат.2329291 РФ, МПК С10В 33/00. Способ беспылевой выдачи кокса / Н.А. Беркутов, Ю.В. Степанов, И.Ю. Сухов. – № 2006134144/15; заявл. 25.09.2006; опубл. 20.07.2008, Бюл. № 20.

12. Pipatmanomai S. The Fate of Volatiles from Injectant coals and Soot Formation in Blast Furnaces / Pipatmanomai S., Herod A.A., Morgan T.J., etc.; Energy & Fuels, 2004. –V.18, P. 68–76.

13. Ma J. Thermophoretic Sampling of Coal-Derived Soot Particles during Devolatilization / Ma J., Fletcher T.H., Webb B.W. – Energy & Fuels, 1995. – V.9. – №5. – P. 802–808.

14. Lundgren M. Blast Furnace Coke Properties and the Influence on Off-gas Dust/ Lundgren M. – Lulea Sweden: Lulea University of Technology Department of Chemical Engineering and Geosciences Division of Extractive Metallurgy, 2010 – 67 p.

15. Measurements of Soot and Char in Pulverized Coal Fly Ash / [Veranth J.M., Fletcher T.H., Pershing D.W., Sarofim, A.F.]. – Fuel, 2000. –V.79. – № 9. – P. 1067–1075.

16. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / Коузов П.А. – Л.: Химия, 1974. – 280 с.

17. Gray R.J. Coke Carbon Forms: Microscopic Classification and Industrial Applications/ R.J. Gray,

18. K.F. Devanney. – International Journal of Coal Geology, 1986. – V. 6. – № 3. – P. 277–297.

19. Костюк І.Ф. Професійні хвороби: підручник. – 2 - е вид., переробл. і доп./ Костюк І.Ф., Капустник В.А. – К.: Здоров'я, 2003. – 582 с.
20. Cheng A. Coke Quality Requirements for Blast Furnaces, Part III / Cheng A. – Iron and Steelmaker. – V. 28. – № 3, March, 2001. – P. 39–40.
21. Грин Х. Аэрозоли – пыли, дымы, туманы / Грин Х., Лейн В. – Л.: Химия, 1972.– 472 с.
22. Ткачишин В.С. Вплив виробничого шуму на організм людини/ Ткачишин В.С. // Національний медичний університет ім. О. О. сця. – №3. – 2004. – С. 96–102;
23. Конвенція Міжнародної організації праці «Про захист трудящих від професійного ризику, спричиненого забрудненням повітря, шумом і вібрацією на робочих місцях» від 20.06.1977, № 148 // "Збірник міжнародних договорів СРСР". 1991 г. Випуск XLVI.
24. C-TR-AIRACE Airace half mask [Електронний ресурс] CDUK. – Режим доступу: http://cdukltd.co.uk/tools_detail.php?idTool=1129&idManufacturer=23&p=tools (дата звернення: 07.07.2014).
25. WINDSTOPPER® Product Technologies [Електронний ресурс] WINDSTOPPER. – Режим доступу: <http://www.windstopper.com/remote/Satellite/toc/TechnologyOfComfortFrameset/index> (дата звернення: 07.07.2014).
26. Лисов О. Кевлар - перспективный материал военного назначения / О. Лисов// Зарубежное военное обозрение. – 1986. – №2. – С. 89–90.
27. Спецодежда для сварочных работ Torch Wear [Електронний ресурс] Nestor Media.– Режим доступу: <http://uniforma.nestormedia.com/index.pl?act=PRODUCT&id=7> (дата звернення: 07.07.2014).
28. ColdAvenger Balaclava Pro [Електронний ресурс] COZZYWINTERS. – Режим доступу: <http://cozywinters.com/shop/coldavenger-balaclava.html> (дата звернення: 07.07.2014).

29. British Army Surplus S10 Nomex Flash Hood Assault Balaclava [Электронный ресурс] premiersurplus.co.uk. – Режим доступа: <http://www.premiersurplus.co.uk/more/on/details/0886> (дата звернения: 07.07.2014).

30. Combate a incêndio de emergência de protecção de segurança face a respiração escape de fumaça máscara de gás [Электронный ресурс] Alibaba.com. – Режим доступа: <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/fire-fighting-protection-emergency-face-safety-breathing-escape-smoke-gas-mask-1714663719.html?s=p> (дата звернения: 07.07.2014).

31. The Duram Mask: model DM-20C [Электронный ресурс] Amyron Enterprises Pty Ltd . – Режим доступа: http://www.icas.fi/esite/duram_dm-20c.pdf (дата звернения: 07.07.2014).

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСОБУ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ ТА СЛУХУ

2.1. Опис технологій розпізнавання облич за фотографіями

Процес розпізнавання облич користувачів залежить від правильно сформульованих обмежень (мінімальна кількість рис обличчя, що аналізуються), які будуть накладатися на умови підготовки зображень. Вхідними параметрами для системи розпізнавання облич користувачів є фотографії в фас і профіль, які повинні задовольняти перерахованим нижче обмеженням, в іншому випадку – результат роботи системи може бути некоректний. Вимоги до якості одержуваних зображень і умов зйомки наведені в ISO/IEC 19794-5.

Перший етап – визначення площі зображення обличчя, за умови, щоб довжина і ширина його була понад 100 пікселів, а відстань між координатами центрів зіниць – понад 50. Не допускається наявність зображень додаткових предметів (головного убору, шарфа тощо), а також затемнень.

Розташування обличчя необхідно контролювати за допомогою координат зіниць, які повинні лежати на горизонталі, яка перпендикулярна лінії перенісся. Відстань від нижнього краю зображення до лінії горизонталі зіниць має бути понад 50% і менше як 70% всієї довжини зображення.

При формуванні зображення об'єкт зйомки повинен бути рівномірно освітлений. Наявність будь-якого спрямованого освітлення зображення є критичним для його розпізнавання. Необхідно уникати присутності на зображенні відблисків, що виникають при використуванні одного високоінтенсивного джерела освітлення. Також для успішного розпізнавання рекомендовані наступні вирази обличчя: посмішка відсутня, очі відкриті не широко, рот закритий; посмішка із зімкнутими губами, очі відкриті не широко.

Система розпізнавання включає представлені наступні модулі [1]:

- модуль побудови моделі об'єкта розпізнавання, який необхідний для виявлення координат на обличчі людини, на основі локалізації інформативної області з обробкою і нормалізацією;

- модуль підтвердження автентичності розпізнавання обличчя (алгоритми для виявлення схожих рис, які необхідні для встановлення відповідних розмірів і особливостей конкретного типу обличчя);

- модуль обчислення інформативних ознак (головні компоненти, локальні бінарні шаблони, градієнт яскравості, відстані між антропометричними точками тощо);

- модуль зіставлення інформативних ознак з вихідними даними для з'ясування невизначеності вимірювання (приховані Марковські моделі, ІНС, різні метрики, такі, як хі-квадрат, коефіцієнти кореляції, відстань Бхаттачарія тощо).

Нижче надана формальна постановка задачі ідентифікації в загальному вигляді, яка використовується далі в роботі.

Нехай вся безліч зображень осіб $\Omega_0, \Omega_1, \dots, \Omega_{n-1}$ в базі даних (БД) ділиться на L класів, де кожен відповідає зареєстрованій людині. Для кожного зображення обчислюється вектор ознак, що складається з K значень [1]:

$$\rho = (\rho_0, \rho_1, \dots, \rho_k - 1)^T, \quad (2.1)$$

де T – оператор, який задає кількість перетворень зображення;

Ідентифікація – прийняття рішення про співвіднесення деякого вхідного вектора ознак $\bar{\rho}$ (зображення обличчя) певного класу Ω . Вважається, що вхідний об'єкт належить до класу Ω , якщо значення функції відстані $(\rho, \bar{\rho})$ для вектору ознак $\bar{\rho}$ є найбільшим [1]:

$$d(l, \bar{\rho}) > d(p_j, \bar{\rho}), \quad l \neq j, \quad l, j = 0, 1, \dots, L-1 \quad (2.2)$$

Додатково слід обчислювати випадки помилкового співвіднесення вхідних векторів ознак $\bar{\rho}$. Для цього значення функції відстані $d(\rho_l, \bar{\rho})$ має перевищувати заздалегідь обчислене порогове значення τ_{ROC} [2]:

$$d(pl, p\bar{)} \geq \tau_{ROC} \quad (2.3)$$

Процес аутентифікації відрізняється від ідентифікації тим, що заздалегідь відомо, якому класу Ω_L відповідає вхідний вектор ознак $\rho\bar{}$. Завданням аутентифікації є підтвердження автентичності вхідного об'єкта. Для цього значення функції відстані $d(\rho l, \rho\bar{)}$ для класу Ω_L повинно перевищувати заздалегідь обчислене порогове значення τ_{ROC} .

Наведена постановка задачі розпізнавання розглядалась у багатьох публікаціях, присвячених розпізнаванню облич на зображенні за допомогою моделювання інформаційними системами [3].

Для пошуку координат необхідно співвідносити пікселі на зображенні до антропометричних точок. Згадане рішення дозволяє встановити продуктивність системи, через розрахунок більшої кількості процесорного часу. Пошук координат на зображенні є трудомістким завданням через низку факторів [3]:

- детектор використовується з різним освітленням і розташуванням;
- фон створює додаткові труднощі для зіставлення координат з пікселями.

Для вирішення завдання пошуку координат обличчя на зображенні багато дослідників запропонували різні підходи.

П. Віола і М. Джонс в 2001 році представили алгоритм пошуку координат обличчя на зображенні [4]. Розроблений метод показав результати пошуку координат обличчя на 15% краще в порівнянні з наявними аналогами. Перевагами представленого методу є висока ефективність, можливість використання в реальному часі і спільність, тобто можливість детектування різноманітних об'єктів. Алгоритм Віоли-Джонса здійснюється в два етапи:

- визначаються ознаки розпізнавання і обчислюються їх значення;
- комбінуються найбільш інформативні ознаки з використанням алгоритму AdaBoost.

Для підвищення швидкості алгоритму Пол Віола і Майкл Джонс запропонували використовувати інтегральне зображення, що має однакові розміри з даним зображенням, на якому проводиться пошук координат на обличчі [5].

Математичний вираз для визначення інтегрального зображення представлено нижче [6]:

$$ii(x, y) = \sum_{i=0}^{x*y} i(x', y'), \quad (2.4)$$

де $ii(x, y)$ – значення i -го елемента інтегрального зображення з наступними координатами, (x, y) ; $i(x, y)$ – інтенсивність пікселя розглянутого зображення з координатами (x', y') .

Інтегральне зображення обчислюється незалежно від розміру та місцеперебування. В алгоритмі Пола Віоли і Майкла Джонса використовуються ознаки, подібні примітивам Хаара. Дослідники запропонували використовувати такі види ознак: двопрямокутне, трьохпрямокутне та діагональні. Ознаки f_i розміщують на зображення та вираховують від суми інтенсивності пікселів, що лежать в білих областях, віднімається від суми інтенсивностей пікселів, що лежать в чорних областях [7].

$$f = \sum_{i=0} y * xr - \sum_{i=0} y * xr \quad (2.5)$$

$i=0$ *white* $i=0$ *black*,

де $\sum_{i=0} ri, white, \sum_{i=0} ri, black$ – суми інтенсивностей пікселів розглянутої ознаки.

В алгоритмі Пола Віоли і Майкла Джонса для навчання класифікатора використовується алгоритм AdaBoost. Він сприяє збільшенню ефективності класифікації шляхом об'єднання слабких класифікаторів і формування найсильнішого класифікатора. Нижче представлений алгоритм AdaBoost:

- проводиться пошук «найкращого» слабкого класифікатора. Його вираз з граничним значенням τ має вигляд [8]:

$$w = \begin{cases} 1, & f_i \geq \tau_c; \\ -1, & f_i < \tau_c. \end{cases} \quad (2.6)$$

- обчислюється «найкращий» сильний класифікатор з фіксованого числа слабких. Вираз для нього визначається в такий спосіб [8]:

$$w = \begin{cases} 1, & \sum_{c=1}^C \alpha_c w_c \geq \frac{1}{2} \sum_{c=1}^C \alpha_c; \\ 0, & \sum_{c=1}^C \alpha_c w_c < \frac{1}{2} \sum_{c=1}^C \alpha_c, \end{cases} \quad (2.7)$$

$$a_c = \log \frac{1}{\beta_c}, \quad (2.8)$$

де w_c – слабкий класифікатор, a_c , β_c – вагові коефіцієнти слабого класифікатора; c – номер поточного слабого класифікатора, $z = \overline{I}, C, C$ – кількість слабких класифікаторів.

Ідея каскадів класифікаторів полягає в створенні менших і ефективніших класифікаторів для усунення поганих прикладів і скорочення часу обчислень. Для кожного фрагмента зображення обличчя обчислюється каскад класифікаторів. Якщо будь-який класифікатор виявляє помилку, фрагмент відкидається, а подальші обчислення не виконуються. Якщо фрагмент не потребує трудомістких обчислень на першому етапі, фрагмент автоматично переходить на наступний етап для виконання більш трудомістких обчислень. Щоб знайти координати обличчя на зображенні, нам потрібно пройти всі класифікатори в каскаді зображень.

Другий етап передбачає локалізацію інформативної області на зображенні. В ньому представлений алгоритм чисельного методу побудови моделі об'єкта на основі активних моделей форми та обґрунтований вибір моделі. Метод призначений для швидкої і точної локалізації інформативної області на зображеннях користувачів.

Після знаходження координат виявленого об'єкта наступною дією є коригування координат і точне визначення країв грані. Рішення цієї проблеми запропоновано у дослідженні [9]. Однак слабка контрастність, різні умови освітлення та сильна деформація роблять звичайні детектори країв непридатними. Модель фігури можна використовувати для точного опису меж об'єкта за приблизними координатами положення об'єкта. Спочатку моделі форми

використовувалися для маніпулювання об'єктами з чітко визначеними межами, такими як зображення друкованих плат. Далі у 1992 році група під керівництвом Тіма Кутса запропонувала метод побудови статистичних моделей форми (Statistical shape models) [10], які містять наступну інформацію: взаємне розташування меж (контурів), розташування точок та інформацію про форму. Статистична модель форми несприйнятлива до відмінностей в масштабі, зміні ракурсу і зсувів. Статистична модель форми будується по ряду розмічених зображень. Мітки на зображенні слід вибирати за такими відповідностями характерних точок: кути, «Т»-подібні перетини ліній, біологічні особливості, що дозволило підвищити ступінь достовірності даних.

В той же час виникає необхідність у нанесенні міток на зображення в ручному режимі у зв'язку зі складністю пошуку потрібної координати, (самим експертом) або в напівавтоматичному режимі (експерту необхідно уточнювати координати міток після використання будь-якого алгоритму їх пошуку).

Також для побудови статистичної моделі, виникає потреба переведення всіх даних в одну систему координат, що тягне для компенсації невизначеності в масштабі, зіставлення між собою всіх форм виявлених на зображення фотографії. Класичним рішенням вирівнювання є «Прокрустов аналіз» [10].

Безліч міток формується у вигляді матриці

$$S = [S_1, S_2, \dots, S_m], \quad (2.9)$$

де $S_m = [x_1, y_1, \dots, x_n, y_n]$, T – положення точок без урахування їх взаємного розташування.

Щоб обчислити взаємне розташування, слід застосувати метод головних компонентів. Для статистичної моделі форми скористаємося наступним виразом [11]:

$$s = s_0 + P_{sbs}, \quad (2.10)$$

де s_0 – усереднена за всіма наборами вибірка; P_s – матриця головних компонентів; bs – параметри моделі форми.

Вираз для статистичної моделі форми демонструє, що модель форми

можна виразити як суму усередненої вибірки s_0 з сукупністю власних форм, що знаходяться в матриці P_s . При зміні вектора параметрів b_s виробляються різного роду деформації для приведення форми до вихідного зображення. Межі можливого варіювання параметрів наступні [11]:

$$-3\sqrt{\lambda_s} \leq b_s \leq 3\sqrt{\lambda_s}, \quad (2.11)$$

де b_s - може виступати як дисперсія кількості обробок зображення.

У 1995р. група під керівництвом Тіма Кутса запропонувала ітеративний метод підстроювання статистичної моделі до зображення під назвою «Активні моделі форми» (Active Shape Models – ASM) [12]. Метод активно застосовується для аналізу зображень облич і медичних зображень. Для статистичної моделі ітеративно підбираються: глобальне перетворення T (транспонування, масштаб, поворот), положення кожної точки (локальне уточнення) і критерії моделі форми b_s . Перетворення підбираються таким чином, щоб зменшити помилку зіставлення [12]:

$$X = T(s_0 + P_{b_s})^2, \quad (2.12)$$

де X – профіль найкращого зіставлення.

Для визначення помилки зіставлення слід використовувати відстань Махаланобіса, в якому враховується кореляція між змінними.

Алгоритм ASM включає наступні операції:

- проводиться пошук найкращих координат для кожної мітки. Спочатку ASM запропоновані для роботи із зображеннями, які мають яскравий фон, тому найпростіший спосіб – розпочати обробку зображення уздовж контуру. Проводиться відстань фіксованої довжини з центром в кожній точці, фактично береться нормаль до контуру. Обчислюються яскравості зображення на рівних проміжках уздовж лінії профілю. Обчислюється градієнт і визначається нове положення як точка максимального градієнта;

- проводиться перевірка найбільш підхожого перетворення моделі в новий стан;

- оновлюються параметри моделі з використанням помилки зіставлення між моделлю і зображенням;
- попередні етапи повторюються до досягнення заданого значення помилки зіставлення.

Властивості текстури не менш важливі, ніж властивості форми. У 1998 р. група під керівництвом Тіма Кутса запропонувала метод, що враховує текстуру в контексті форми, під назвою «Активні Моделі Зовнішнього Вигляду» (Active Appearance Models – ААМ).

Алгоритм ААМ включає наступні операції:

- будується активна модель форми;
- проводиться розподіл об'єкта на трикутники з вершинами в мітках моделі форми. Розмічена область витягується з зображення;
- текстура трансформується до усередненої форми методом тріангуляції;
- проводиться нормалізація текстури, компенсуючи різні умови освітлення.

Формується матриця з стовпців, що містять значення пікселів текстури. Застосовується метод МГК для матриці текстури. Для активної моделі зовнішнього вигляду використовується такий вираз:

$$g = g_0 + P_g b_g, \quad (2.13)$$

де g_0 – текстура, усереднена для всіх вибірок (усереднена текстура); P_g – матриця головних компонентів; b_g – параметри активної моделі зовнішнього вигляду.

Щоб коректно відобразити деформації, потрібно корелювати моделі форми і зовнішнього вигляду. У 2001 р. групою під керівництвом Тіма Кутса було запропоновано метод об'єднання моделей. Алгоритм включає наступні операції [13]:

1. Для всіх моделей оцінюються b_s і b_g .
2. Проводиться побудова вектору параметрів об'єднаної моделі:

$$v = \begin{pmatrix} W_s b_s \\ b_g \end{pmatrix}, \quad (2.14)$$

де W_s – діагональна матриця, яка урівноважує внесок відстаней між моделлю форми і моделлю зовнішнього вигляду;

3. До кожного вектору s застосовується метод головних компонентів. Вектор об'єднаних параметрів моделі форми і моделі текстури виражається наступною формулою:

$$v = P_{vbb} \quad (2.15)$$

$$P_v = \begin{pmatrix} P_{vs} \\ P_{vg} \end{pmatrix} \quad (2.16)$$

Це матриця головних компонентів загальної моделі, P_{vs} відповідає довжині вектора P_s , а P_{vg} відповідає довжині вектора P_g .

4. Нові вирази для форми і текстури мають вигляд:

$$s = s_0 + W_s^{-1} P_s P_{vs} b_v, \quad (2.17)$$

$$g = g_0 + P_g P_{vg} b_v \quad (2.18)$$

П'ять взаємозалежних виразів для моделей форми і текстури мають вигляд:

$$s = s_0 + W_s^{-1} P_s P_{vs} b_v, \quad (2.19)$$

$$g = g_0 + P_g P_{vg} b_v \quad (2.20)$$

$$Qs = W^{-1} pp \quad (2.21)$$

$$Qg = P_g P_{vg} \quad (2.22)$$

Чисельний метод побудови моделі розпізнавання об'єкта (рисунок 2.1) складається з нижче перерахованих операцій:

- проводиться побудова активних моделей форми;
- обчислюються координати антропометричних точок, які відзначені на рисунку 2.1 в);
- виконується тріангуляція областей зображення за допомогою обчислених антропометричних точок;
- виробляється відображення областей обличчя і формується текстура об'єкта.

На рисунку 2.1г представлений результат описаного вище перетворення вихідного зображення.

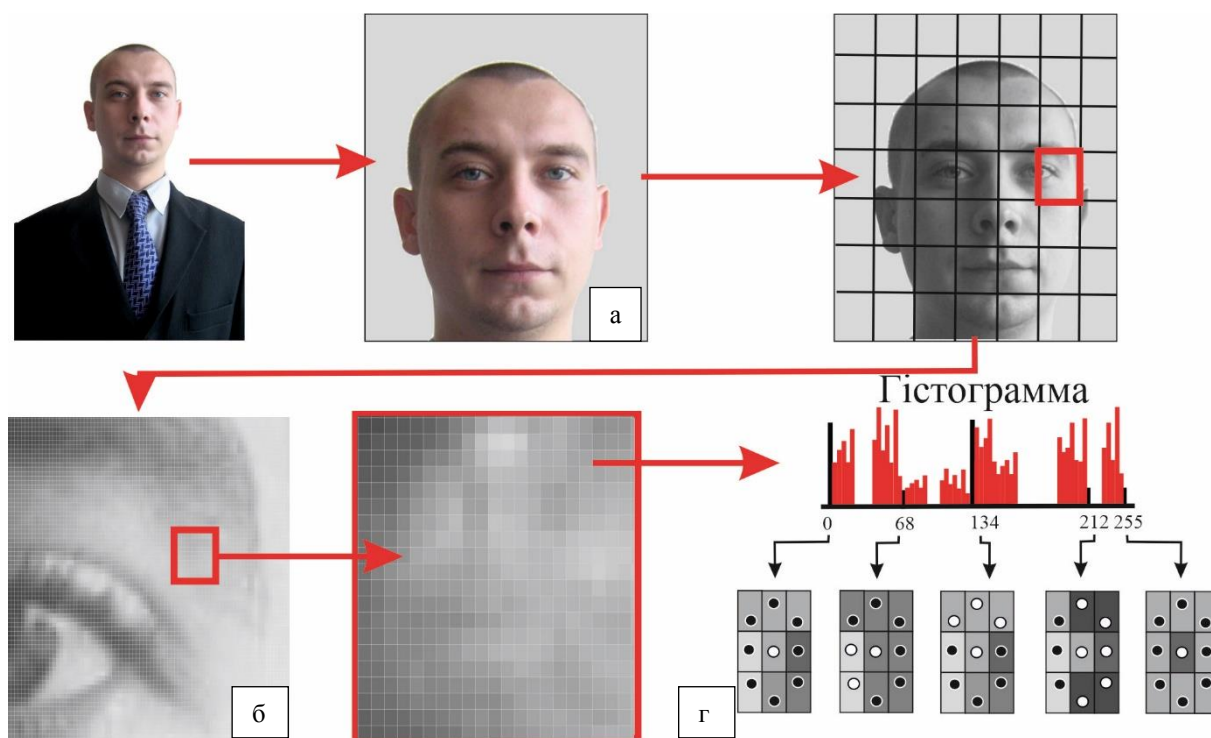


Рисунок 2.1 – Побудова моделі об'єкта: а) вихідне зображення б) формування текстури; в) пошук антропометричних точок; г) результат побудови моделі об'єкта

За даними досліджень розпізнавання облич за допомогою алгоритму ААМ забезпечує необхідні результати з точки зору швидкості роботи і ефективності використання в процесі розпізнавання образів. Даний алгоритм довів свою спроможність у задачах детектування і розпізнавання облич, внаслідок часткової інваріантності до умов освітлення, змін виразів обличчя і високій швидкості обчислення. Алгоритми є простими, але дуже ефективними текстурними ознаками. Зазначені властивості досягаються шляхом того, що підрахунок ведеться не індивідуально для кожного пікселя, а використовуються усереднені дані.

Метод обчислення ААМ удосконалений групою під керівництвом Т. Оjala [14]. Шаблон обчислюється в заданій точці 3×3 , використовуючи значення інтенсивності пікселів, які знаходяться біля точки в якості порогового значення. Якщо значення інтенсивності розглянутого пікселя менше центрального, то

результатом порівняння буде 0, інакше – 1. В результаті обчислень виходить восьмирозрядний бінарний код, в цілому – 256 різних шаблонів.

У 2002 році група під керівництвом Т. Оjala [4] представила даний метод у більш загальній формі. Відмінністю від оригінального методу, в якому використовувалася околиця точки 3×3 , є відсутність обмежень на розмір околиці. Таким чином, кількість пікселів і радіус околиці варіювалися. Для уявлення ЛБШ використовується позначення $LBP_{P,R}$, де P – кількість розглянутих точок околиці, R – радіус околиці. Вираз для ЛБШ, підсумовуючи порогові відмінності інтенсивностей, отримуємо за (2.20):

$$LBP_{P,R}(x, y) = \sum_{i=0}^{P-1} s(g_i - g_c) 2^i \quad (2.23)$$

де (x, y) – координати центрального пікселя; i – номер розглянутого пікселя; g_c – значення інтенсивності центральної точки; g_i – інтенсивність в довільній точці, вираз для $s(z)$ має вигляд:

$$s(z) = \begin{cases} 1, & z \geq 0; \\ 0, & z < 0. \end{cases} \quad (2.24)$$

Необхідно визначити ознаки, інваріантні до зміни ракурсу і змін положення. Згаданим вимогам відповідають рівномірні коди [4], які є рівномірними, якщо кількість побітових переходів не більш двох. Наприклад, шаблони 11111111 (немає переходів) і 11101111 (2 переходи) – рівномірні, а шаблони, які мають більше двох переходів, такі як шаблони 111110100 (3 переходи) і 10101010 (7 переходів), не можна назвати рівномірними.

У 2008 році були запропоновані дві нові удосконалені схеми [5]: Three-Patch (рисунки 2.2 а)) і Four-Patch (рисунки 2.2 б)). Основна відмінність запропонованих ЛБШ від наявних в тому, що вони порівнюються за допомогою метрики (наприклад, Хі-квадрат) фрагменти зображення, а не пікселі.

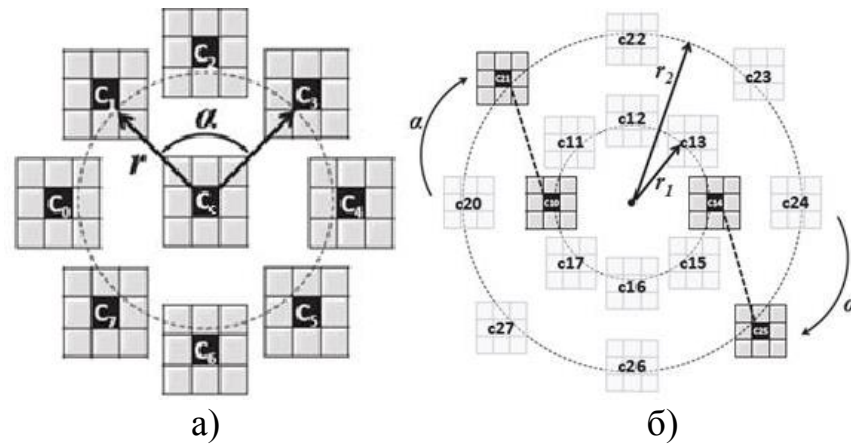


Рисунок 2.2 – Схеми побудови інформативних ознак: а) TP8,1,2 для $P=8, r_1=1$ і $\alpha=2$; б) FP8,1,2,1 для $P=8, r_1=1, r_2=2$ і $\alpha=1$ [15]

Удосконалений алгоритм складається з наступних етапів:

- фрагменти C_i і $C_{i+\alpha}$ порівнюються за певною метрикою d зі значенням центрального фрагмента C_c , де α – число, що визначає другий фрагмент для порівняння;

- якщо околиця C_i ближче за значеннями до C_c , ніж $C_{i+\alpha}$ до C_c , то $s(z) = 1$, інакше $s(z) = 0$;

- для кожного пікселя обчислити $TPP, R, \alpha(x, y)$:

$$TPP_{P,R,\alpha}(x, y) = \sum_{i=0}^{P-1} s(d(C_i, C_c) - d(C_{i+\alpha}, C_c)) 2^i, \quad (2.25)$$

$$s(z) = \begin{cases} 1, & z \geq \tau; \\ 0, & z < \tau. \end{cases}$$

На практиці порогове значення $\tau > 0$ (наприклад, $\tau = 0,01$) для забезпечення стабільності в розрахунках.

2.2 Побудова математичної моделі і алгоритму чисельного визначення інформативних ознак

На цей час крім Three-Patch і Four-Patch існують альтернативні алгоритми [6, 7], одним загальним недоліком яких є їх складність. Тому запропоновано новий більш простий спосіб, який базується на визначенні медіанного пікселя (далі –МП, рисунок 2.3), що прискорює процес обчислення ознак при збереженні

високої ефективності використання в процесі розпізнавання облич.

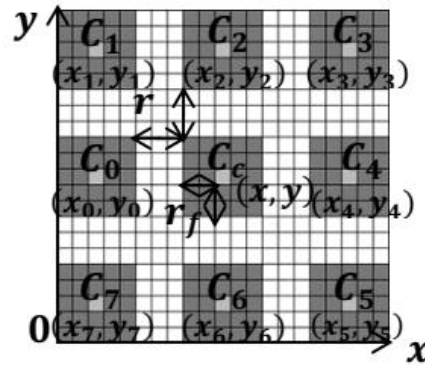


Рисунок 2.3 – Схема побудова МП: $P = 8$, $r = 3$, $P_f = 25$, $r_f = 2$ [16]

Вираз для МП має вигляд:

$$M_{P,r,P_f,r_f}(x,y) = \sum_{i=0}^{P-1} 2^i \cdot s(z_i), \quad (2.26)$$

де i – номер фрагмента; (x, y) – координати пікселя; $i = 0, 1, \dots, P - 1$; P – кількість розглянутих фрагментів; r – радіус околиці; P_f – кількість пікселів у фрагменті; r_f – радіус фрагмента, а вираз s має вигляд:

$$s(z_i) = \begin{cases} 1, & z_i \geq \tau; \\ 0, & z_i < \tau, \end{cases} \quad (2.27)$$

де $z_i = med(C_i) - med(C_c)$ – різниця медіани значень фрагментів C_i і C_c схема знаходження яких зображена на малюнку 2.5; τ – порогове значення, яке береться більше нуля (наприклад, $\tau = 0,01$). Кожен фрагмент складається з значень яскравості наступних елементів:

$$C_i = (g(x_i - r_f, y_i - r_f), \dots, g(x_i, y_i), \dots, g(x_i + r_f, y_i + r_f)), \quad (2.28)$$

де x_i, y_i – координати центрального пікселя фрагмента C_i :

$$x_i = \begin{cases} x - 2r_f - r - 1, & i = 0, 1, 7; \\ x, & i = 2, 6; \\ x + 2r_f + r + 1, & i = 3, \dots, 5, \end{cases} \quad y_i = \begin{cases} y - 2r_f - r - 1, & i = 1, \dots, 3; \\ y, & i = 0, 4; \\ y + 2r_f + r + 1, & i = 5, \dots, 7. \end{cases} \quad (2.29)$$

Щоб знайти медіанне значення $med(C_i)$ фрагмента C_i , необхідно розмістити елементи фрагмента в порядку зростання значень яскравості

пікселів. Елемент з мінімальним значенням яскравості буде перебувати під номером 0, з максимальним значенням – під номером, рівним $4rf$ ($rf + 1$). Медіанне значення $med(C_i)$ буде елементом під номером рівним $2rf$ ($rf + 1$). Вираз для яскравості пікселя, відповідно до рекомендацій стандарту Федеральної комісії зв'язку (FCC) [8], має вигляд:

$$G(x, y) = 0,3 \cdot R_{x,y} + 0,59 G_{x, y} + 0,11 V_{x, y}, \quad (2.30)$$

де $R_{x, y}$, $G_{x, y}$ і $V_{x, y}$ – кольорні складові пікселя з координатами (x, y) .

Подальшим розвитком МП стала зміна форми побудови шаблону і збільшення числа порівнюваних фрагментів. Тоді вище згаданий вираз для координат центрального пікселя x_i та y_i фрагмента C_i матиме вигляд:

$$x_i = \begin{cases} x - 6r_f - 5 - r, i = 0, 11; \\ x - 4r_f - 4 - r, i = 1, 10; \\ x - 2r_f - 1, i = 2, 9; \\ x + 2r_f + 1, i = 3, 8; \\ x + 4r_f + 4 + r, i = 4, 7; \\ x + 6r_f + 5 + r, i = 5, 6, \end{cases} \quad y_i = \begin{cases} y + 2r_f + 1 + r, i = 1, \dots, 4; \\ y + 2r_f + 1, i = 0, 5; \\ y - 2r_f - 1, i = 6, 11; \\ y - 2r_f - 1 - r, i = 7, \dots, 10. \end{cases} \quad (2.31)$$

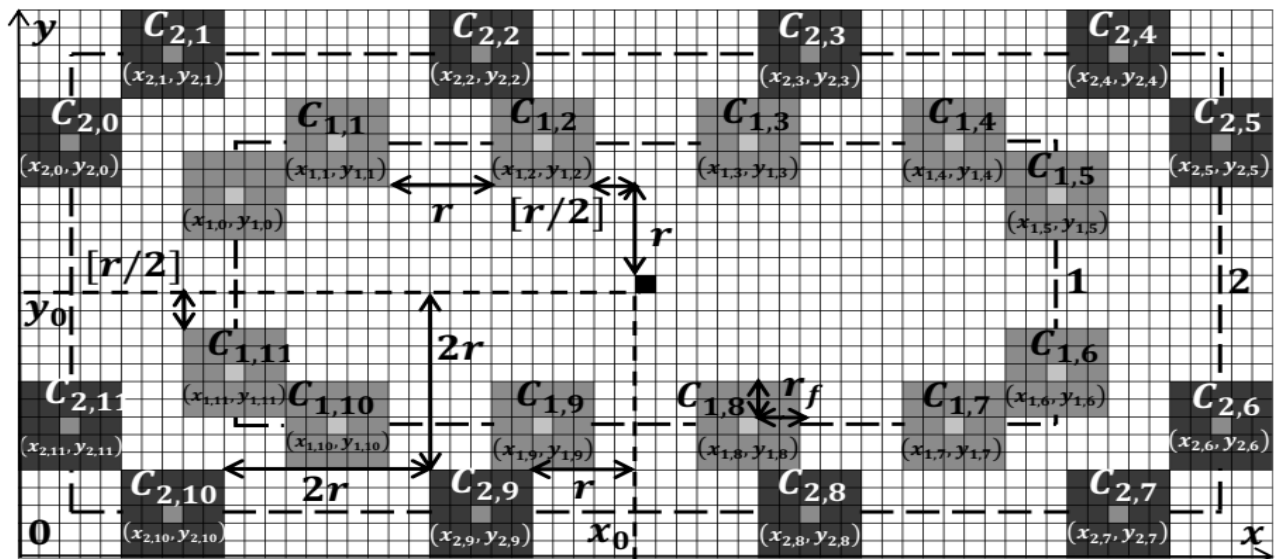


Рисунок 2.4 – Схема побудови ПМ: $P = 12$, $r = 5$, $P_f = 25$, $r_f = 2$

Для збільшення ймовірності правильного розпізнавання додана зовнішня структура порівняння. Подібно Four-Patch, змінився алгоритм порівняння – фрагменти порівнюються не з центральним фрагментом, а з зовнішньою

структурою. Результатом перетворень стала схема, що надана на рисунок 2.4. Зазначена схема побудови показала більш високі результати за даними експериментів. Кількість і схема розміщення фрагментів даної конструкції можуть варіюватися в залежності від необхідного результату.

Гістограма ПМ, побудована одночасно для всього зображення, містить тільки текстурні особливості без інформації про розташування кодів на зображенні. Для обліку інформації про розташування особливостей, зображення розбивається на регіони (в первісному способі Т. Ahonen пропонується розділяти зображення на 7×7 блоків); в кожному обчислюється гістограма ПМ (рисунок 2.5 а), б), в)). Обчислені гістограми для кожної області об'єднуються (рисунок 2.2) в одну загальну (рисунок 2.5 г), д), е)), при цьому загальна гістограма містить текстурні особливості та інформацію про розташування кодових комбінацій. Нижче наведені приклади комбінацій розподілу зображення обличчя на регіони і приклади гістограм.

Таким чином, математична модель інформативної ознаки гістограми кодів МП (рисунок 2.5) буде мати наступний вигляд:

$$H_{P,r,P_f,r_f}(h,k) = V_k \sum_{x=x_0}^{W_k-x_0-1} \sum_{y=y_0}^{H_k-y_0-1} f(M_{P,r,P_f,r_f}(x,y),h), \quad (2.32)$$

де $M_{P,r,P_f,r_f}(x,y)$ – комбінація ЛБШМП, що обчислюється в такий спосіб:

$$f(M_{P,r,P_f,r_f}(x,y),h) = \begin{cases} 1, & M_{P,r,P_f,r_f}(x,y) = h; \\ 0, & M_{P,r,P_f,r_f}(x,y) \neq h, \end{cases} \quad (2.33)$$

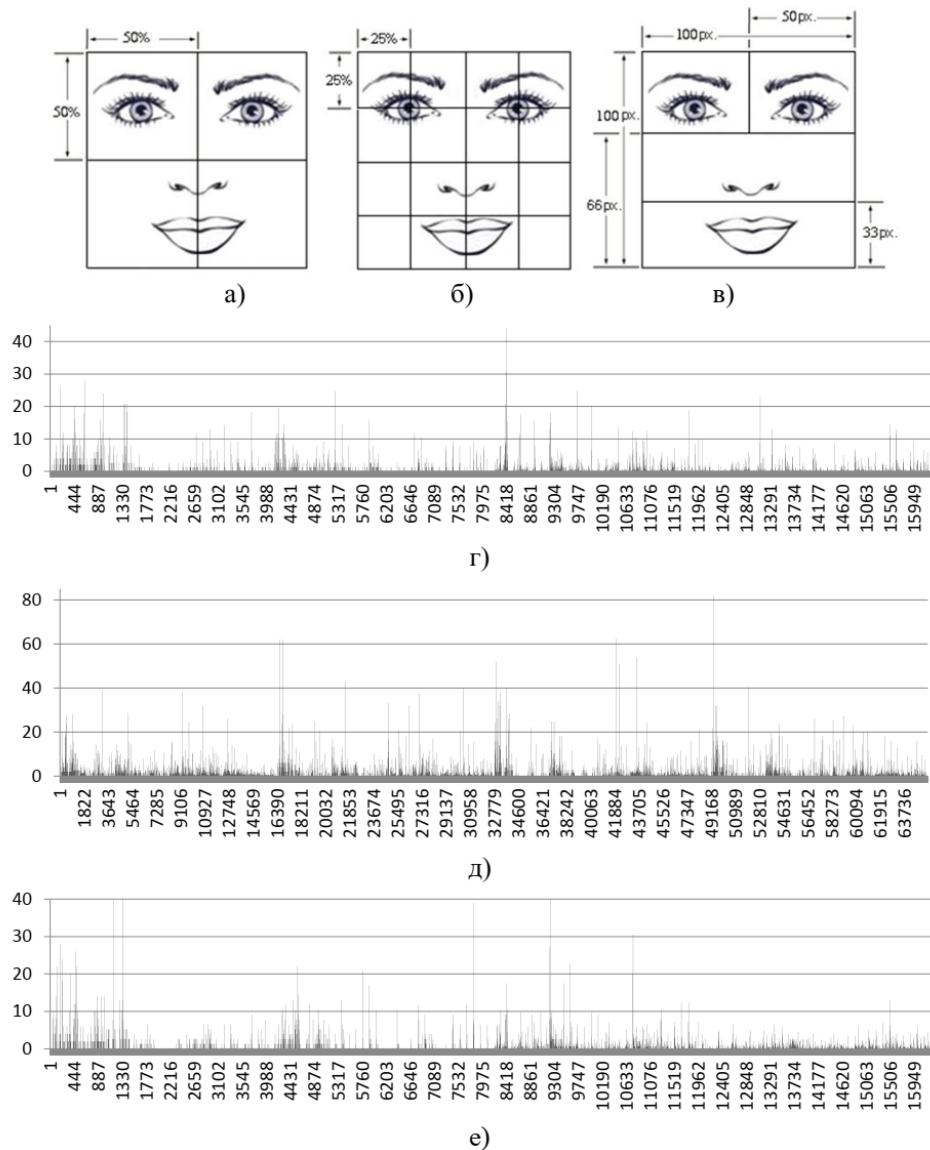


Рисунок 2.5—Схеми розподілу зображення особи на області: а) схема з 4 областей; б) схема з 16 областей; в) схема з 4 областей, з виділеними зонами очей, носа і рота; г) гістограма з 4 областей; д) гістограма з 16 областей; е) гістограма з 4 областями, з областями очей, носа і рота.

де $z_i = med(C1, i) - med(C2, i)$ – різниця медіанних значень фрагментів $Ca, i = Ca, i(x, y)$; a – порядковий номер околиці, $a = \{1, 2\}$; i – номер фрагмента, $i = 0, 1, \dots, P - 1$; τ – порогове значення береться більше, ніж нуль (наприклад, $\tau = 0,01$). Елементи Ca, i слід розташувати в порядку зростання значень яскравості пікселів. Елемент з мінімальним значенням яскравості знаходиться під номером 0, з максимальним – під номером, рівним $4rf \cdot (rf + 1)$. Медіанного значення $med(Ca, i)$ фрагмента Ca, i є елемент під номером, рівним $2rf(rf + 1)$. Фрагмент Ca, i складається зі значень яскравості $g(x, y)$:

$$C_{a,i} = (g(x_{a,i} - r_f, y_{a,i} - r_f), g \dots (x_{a,i}, y_{a,i}), \dots g(x_{a,i} + r_f, y_{a,i} + r_f)), \quad (2.34)$$

де $x_{a,i}$, $y_{a,i}$ – координати центрального пікселя фрагмента $C_{a,i}$:

$$x_{a,i} = \begin{cases} x - 5r_f - 3 - [3ra/2], i = 0, 11; \\ x - 3r_f - 2 - [3ra/2], i = 1, 10; \\ x - r_f - 1 - [ra/2], i = 2, 9; \\ x + r_f + 1 + [ra/2], i = 3, 8; \\ x + 3r_f + 2 + [3ra/2], i = 4, 7; \\ x + 5r_f + 3 + [3ra/2], i = 5, 6, \end{cases} \quad y_{a,i} = \begin{cases} y + r_f + 1 + ra, i = 1, \dots, 4; \\ y + r_f + 1 + [ra/2], i = 0, 5; \\ y - r_f - 1 - [ra/2], i = 6, 11; \\ y - r_f - 1 - ra, i = 7, \dots, 10, \end{cases} \quad (2.35)$$

де $[ra/2]$ – оператор виділення цілої частини від речового виразу.

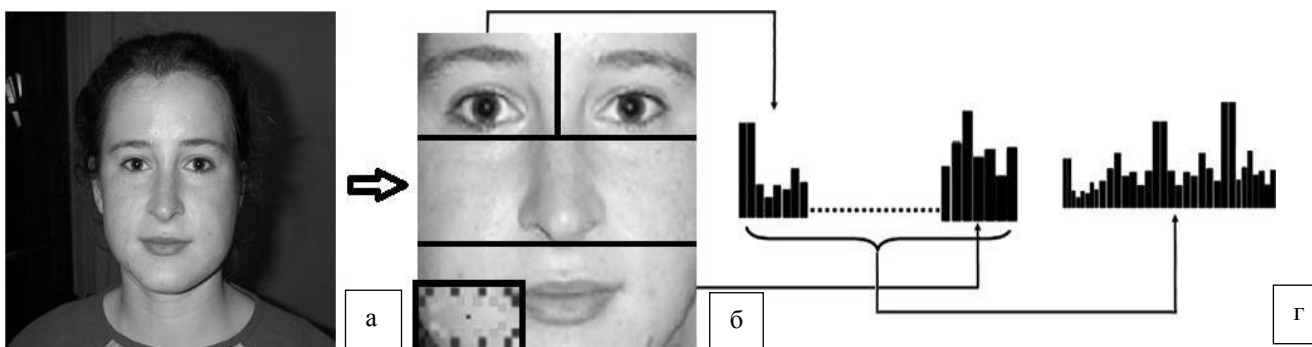


Рисунок 2.6 – Побудова інформативної ознаки: а) вихідне зображення; б) зображення, розділене на області; в) гістограми областей окремо; г) загальна гістограма

Оновлений алгоритм визначення гістограм МП включає наступні етапи:

- зображення (рисунок 2.6 а) ділиться на регіони (рисунок 2.6 б). Для кожного регіону, в залежності від його цінності, встановлюються значення ваги V_k (наприклад, для очей $V_k = 1,2$, для носа $V_k = 1,1$, для рота $V_k = 1$).

- для кожного пікселя k -го області обчислюється значення МП. Визначається медіанне значення кожного фрагмента околиць і обчислюється z_i . Якщо z_i менше порогового значення τ , то результатом буде 0, інакше – 1. Результати порівняння об'єднуються в одну кодову комбінацію і переводяться в десяткову систему числення.

- отримане значення на кроці 2 є номером стовпця h гістограми HP , r , Pf , r_f , до значення якого додається 1.

- локальні гістограми регіонів (рисунок 2.6 в) об'єднуються в одну загальну інформативну ознаку (рисунок 2.6 г) з урахуванням ваги області.

2.3 Технологія визначення антропометричних точок на обличчі: експериментальні дослідження

Технологія визначення антропометричних точок складається з 4-х модулів (рисунок 2.7):

- виділення області на обличчі,
- локалізація інформативної області на зображенні,
- обчислення інформативних ознак (встановлення координат),
- визначення розмірів обличчя.

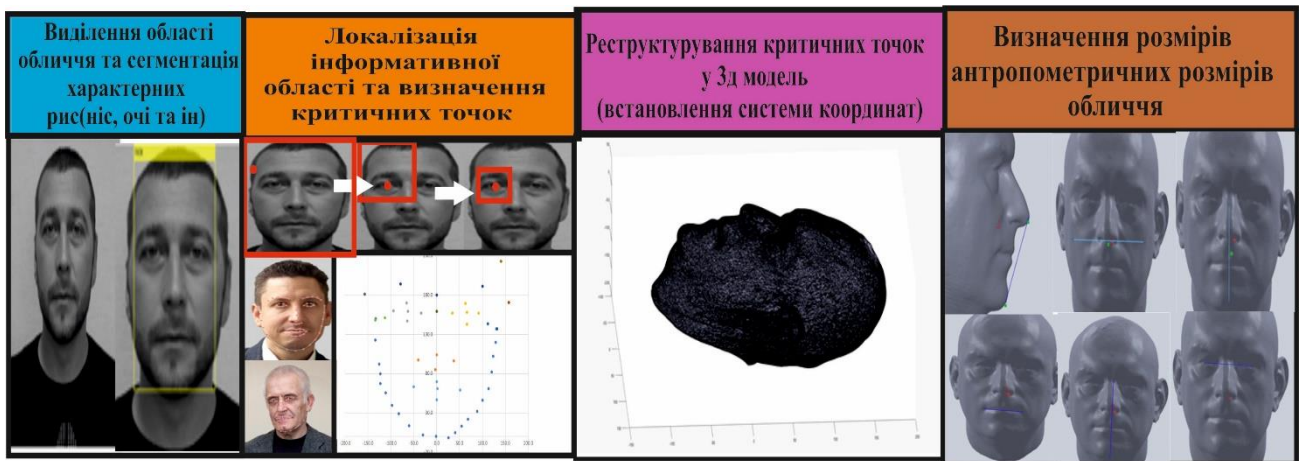


Рисунок 2.7 – Блок-схема визначення антропометричних точок і розмірів облич.

Модуль локалізації інформативної області містить у собі такі операції, як побудова активної моделі зовнішнього вигляду, пошук антропометричних точок обличчя, визначення областей пікселів, які відповідають антропометричним точкам, формування текстури пікселів, застосування різних фільтрів для зменшення впливу фону (рисунок 2.8). Наступний модуль включає: операцію з розрахунку розмірів обличчя і перевірку їх за масштабуванням. Критерієм розпізнавання зображень є перевищення емпірично встановленого порога значенням функції відстані.

У базі даних містяться зображення облич людей з різним віком, мімікою.

За допомогою антропометричних точок і процесу тріангуляції проводиться локалізація інформативної області. Далі текстуру об'єкта піддають фільтрації, щоб прибрати всі можливі шуми. Зображення приводиться до загальної форми і обчислюється інформативна ознака – гістограма кодів МП.

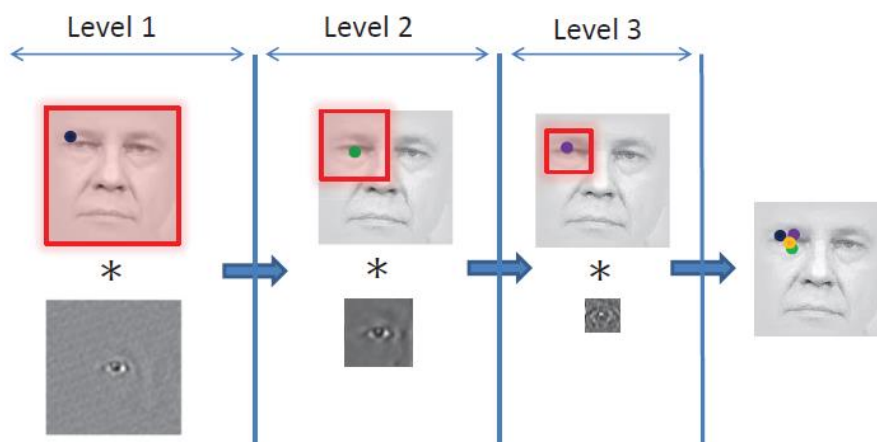


Рисунок 2.8 – Блок-схема обробки зображень для визначення антропометричних точок і генерації даних [17]

Нижня точка носа на більшості фотографій може бути виділена досить точно (рисунок 2.9). Носові або крайні бічні точки крил носа можуть бути погано помітні, особливо при безтіньовому освітленні в момент зйомки. Однак ширина носа є важливим елементом для побудови моделі обличчя людини і ігнорувати його не можна. Ширина обличчя по горизонталі, що проходить через нижню точку носа, надійна при її виділенні для чоловіків, і абсолютно інваріантна для жінок. Так звана серединна точка носа, як, втім, і точка центру обличчя, яка використовується багатьма авторами в роботах по автоматичному розпізнаванню, не наведені в даному списку з тієї причини, що методика визначення їх координат не є достатньо чіткою. Також слід зазначити, що в більшості випадків кінчик носа не може бути достатньо точно автоматично виділено по фотографіях людини в фас. Відстань між нею і нижньою точкою носа є відносно стійким параметром, оскільки не змінюється при напрузі м'язів. Розташування центральної точки рота можна знайти досить легко – щільно стиснувши губи, злегка відкривши рота або злегка посміхнувшись. Ширина обличчя, яка вимірюється по горизонталі, що

проходить через центральну точку рота, точно визначається для більшості зображень жінок, але недостатньо точно у чоловіків в разі наявності бороди або вусів. Те саме можна сказати і до нижньої точки обличчя.

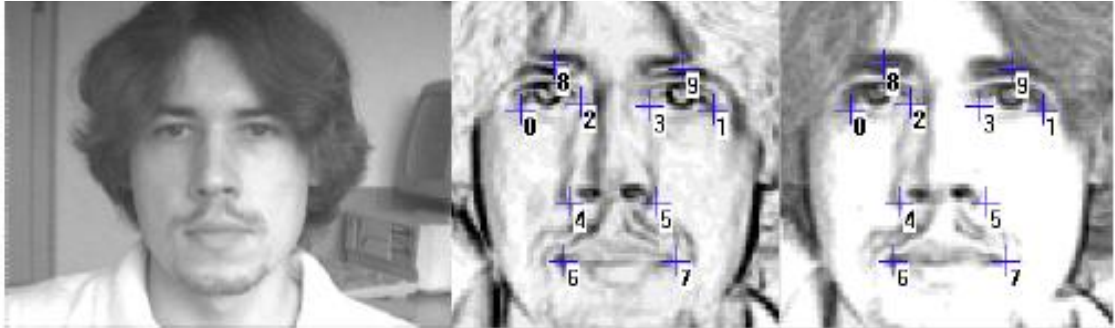


Рисунок 2.9 – Приклад виділення антропометричних точок [18]

Нижче наведені ознаки – характерні точки обличчя, які найчастіше використовуються для визначення розмірів: 1 – на рівні лінії очей, перенісся; 2 – між виличних виступів; 3 – носові точки перетину вертикальних дотичних до крил носа з лінією, що з'єднує нижні точки злиття крил носа з верхньою губою; 4 – крайні точки рота, що лежать на горизонталі; 5 – між підборіддям і переніссям; 6 – на рівні лінії очей і нижньою точкою носа; 7 – між кінчиком підборіддя і серединою обличчя; 8 – нижня точка носа; 9, 10 – крайні точки за виличними виступами від очей до підборіддя; – (рисунок 2.10).

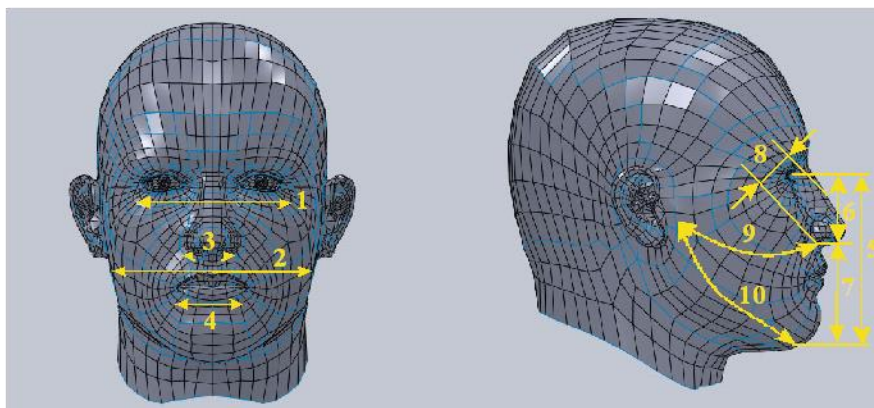


Рисунок 2.10 – Розміри обличчя, які вимірялись у добровольців

Цифра означає номер точки (рисунок 2.11). Процедура визначення координат продемонстрована на рисунку 2.12.

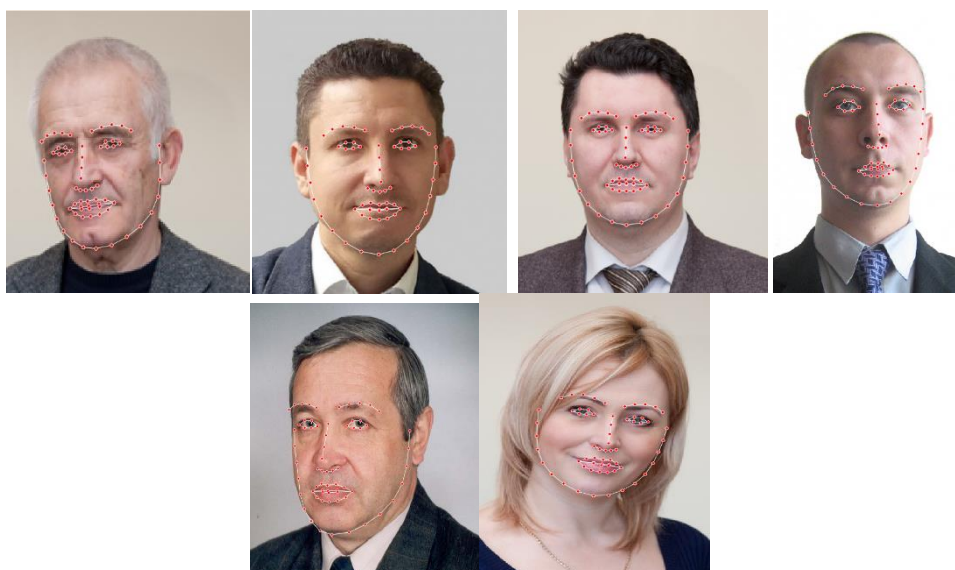
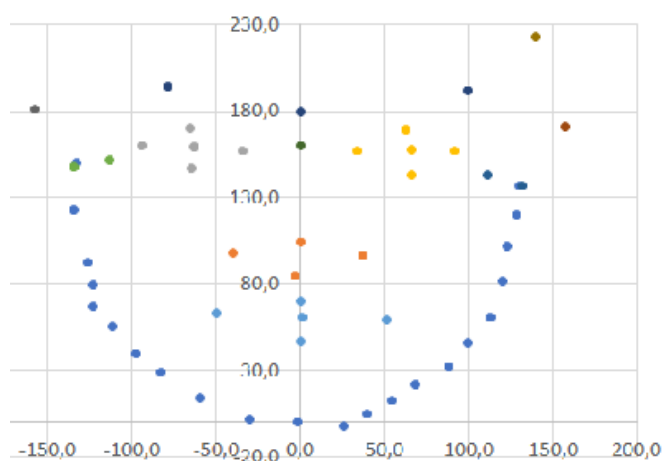


Рисунок 2.11 – Модуль визначення антропометричних точок



132,9	150,0	-134,3	148,2
134,3	123,3	-112,9	151,4
125,7	92,4	67,4	67,4
122,9	79,9	55,6	55,6
122,9	67,4	39,9	39,9
111,4	55,6	29,0	29,0
-97,1	39,9	14,0	14,0
-82,9	29,0	1,8	1,8
-60,0	14,0	0,0	0,0
-30,0	1,8	-1,6	-1,6
-1,4	0,0	4,7	4,7
25,7	-1,6	12,9	12,9
40,0	4,7	22,1	22,1
54,3	12,9	32,1	32,1
68,6	22,1	46,2	46,2
88,6	32,1	61,2	61,2

Рисунок 2.12 – Визначення координат антропометричних точок

Для розрахунку висоти обличчя беремо дві точки, які знаходяться на підборідді і у верхній частині лобного виступу. Розрахунок полягає у визначенні кількості пікселів між точками і відповідній їх кількості в одному міліметрі. Градації головного показника відповідають стандартам, прийнятим в класичних антропологічних дослідженнях - кордони мезокефалію лежать між значеннями 76 мм і 81 мм [19].

Ширину обличчя запропоновано оцінювати між точками на виличних виступах. Розмах варіацій індексу поділений на три приблизно рівні частини таким чином, що середні значення потрапляють в інтервал $X \pm \frac{1}{2} SD$ (середнє

значення плюс мінус половина стандартного відхилення).

Ширина носа в області крил дорівнює відстані між внутрішніми кутами очей, у свою чергу ця відстань дорівнює довжині очної щілини. Ширина перенісся вимірюється в місці найбільшого звуження носових кісток на носо-щелепному шві (сімотична ширина). Ширина спинки носа вимірюється як відстань між носо-щелепними точками, належить до ширини носа.

При оцінці висоти губ використовують розміри субспінале - супрадентале. Характеристикою ширини підборіддя виступає відстань між правою і лівою медіальними точками підборіддя. В таблиці 2.1 наведені усереднені дані з визначення розмірів обличчя за фотографіями.

Таблиця 2.1 – Узагальнені розміри (мм) обличчя

Європеїди		Монголоїди	
чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
Ширина обличчя за кутами нижньої щелепи			
116 – 187	98 – 179	121 – 191	103 – 184
Висота обличчя			
103 – 155	99 – 152	97 – 138	95 – 133
Ширина обличчя за лініями очей			
110 – 136	106 – 131	112 – 146	107 – 135
Ширина носа			
25 – 37	23 – 35	24 – 39	21 – 37
Висота носа			
35 – 53	32 – 49	30 – 42	30 – 41
Ширина перенісся			
6,4 – 7,3	6,4 – 7,3	-	-
Довжина губ			
39,0 – 60,2	33,5 – 48,5	-	-
Нижня частина обличчя			
16,2 – 31,5	12,3 – 26,7	-	-

2.4 Вимірювання антропометричних розмірів середньостатистичного робітника та підбір шеффілдівського манекену голови

Антропометричні характеристики обличчя випробувачів сильно впливають на ізолювальні властивості ЗІЗОД [20] і визначають якість їх перевірки. Відомо, що в США для зменшення похибки при випробуваннях, на відміну від країн

Європейського союзу, залучають 25 осіб, яких підбирають відповідно до спеціальних таблиць, розроблених в Національній лабораторії Лос-Аламоса (LANL) та Національним інститутом охорони праці (NIOSH) (рисунок 2.13). Ці таблиці засновані на експериментальних дослідженнях із встановлення найбільш впливових на захисні властивості ЗІЗОД параметрів обличчя американців. У Національній лабораторії порахували, що це довжина обличчя і довжина губ, а в NIOSH зупинились на довжині і ширині обличчя. Однак те, наскільки добре вони підходять для вітчизняних користувачів, не відомо. Тому виникає питання розробки аналогічних таблиць для підвищення правдивості результатів випробувань.

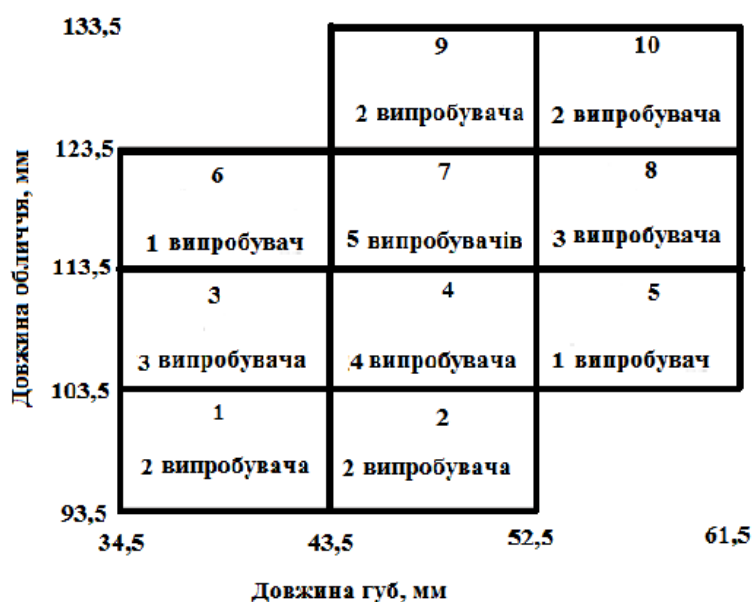


Рисунок 2.13 – Таблиця LANL з підбору випробувачів для перевірки захисних властивостей ЗІЗОД

Таблиця 2.2 – Скорочення і опис розмірів обличчя

Номер*	Скорочення	Розмір обличчя
1	GONI	Ширина обличчя за лінією очей
2	ZYGO	Ширина обличчя за кутами нижньої щелепи
3	NOSEBRTH	Ширина носа
4	LIPLGTHH	Довжина губ
5	MENSELL	Довжина обличчя
6	NOSEPRH	Довжина носа
7	MSNL	Нижня частина обличчя

У дослідженні для визначення антропометричних розмірів осіб брали участь 300 осіб. Серед учасників було 220 чоловіків і 80 жінок. Вік учасників (20–57 років) відповідає віку більшості працюючих в Україні за різними віковими групами (20–30 р., 30–40 р., 40–50 р., 50–60 р.).

Визначались розміри обличчя, відповідно до яких виготовляються маски ЗІЗОД [21]. У таблиці 2.2 показані скорочення і вимірювані розміри. В таблиці 2.3 наведені середні результати вимірів основних антропометричних характеристик обличчя чоловіків і жінок, які необхідні для проектування і перевірки ЗІЗОД. Найбільш впливовими на коефіцієнт підсосу (підсмоктування) за смугою обтюрації вважаються довжина і ширина обличчя, а також довжина губ. Діапазон довжини обличчя перевірених осіб склав від 98,5 мм до 143,2 мм, ширини – від 131,3 мм до 164,9 мм. При порівнянні отриманих значень з даними таблиць LANL та NIOSH, виявилось, що таблиця NIOSH покриває близько 88% людей (рисунок 2.14), тоді в межі таблиці LANL не потрапило понад 20% випробувачів (рисунок 2.15).

Проведена оцінка розподілу дозволила встановити кількість значень, які потрапили в ту чи іншу ділянку таблиці 2.4, з якої видно, що найбільше результатів зосереджено в квадратах 5, 7 і 8, тоді як за американськими даними, насиченими є квадрати 4 і 7 (рис. 2.16). Передбачається, що у випробуваннях братимуть участь 25 випробувачів. Як показано у роботі, тільки за такої мінімальної кількості можна забезпечити достатню точність випробувань. Зрозуміло, що збільшення чисельності дослідників зменшить невизначеність випробувань, але збільшить їх тривалість і кошторис.

Вибір кількості випробувачів рекомендується проводити відповідно від розподілу антропометричних параметрів обличчя по дільницях (до 10% – 2 випробувача; до 15% – 3 випробувача і до 20% – 4 випробувача). На рисунку 2.17 наведена кількість випробувачів, яких необхідно підібрати для проведення перевірки фільтрувальних півмасок.

Таблиця 2.3– Результати вимірів розмірів обличчя, мм

Розмір	Чоловіки (220)	Жінки (80)	Всього (300)
Вік 20 – 30 років			
GONI	128.2±9.1	119.1±9.1	126.4±10.1
ZYGO	142.3±8.9	132.3±6.0	141.5±8.9
NOSEBRTH	30.7±1.9	27.6±3.3	29.0±3.6
LIPLGTHH	50.4±3.7	44.0±3.7	47.7±4.8
MENSELL	123.1±8.4	119.2±5.8	119.8±7.8
NOSEPRH	47.3±4.5	41.2±3.0	44.7±5.0
MSNL	22.1±2.7	21,4±2.2	22.3±2.6
Вік 30 – 40 років			
GONI	130.2±7.1	121.1±8.9	128.4±9.2
ZYGO	144.3±8.9	135.3±6.4	144.5±7.97
NOSEBRTH	32.7±1.5	29.6±4.1	32.0±4.4
LIPLGTHH	51.4±2.5	46.0±6.7	48.7±5.1
MENSELL	123.1±7.9	117.2±7.6	119.8±6.6
NOSEPRH	48.9±5.5	45.2±3.0	46.6±4.3
MSNL	23.1±2.7	22.4±2.2	22.9±3.1
Вік 40 – 50 років			
GONI	134.2±9.2	125.1±9.1	130.4±10.1
ZYGO	146.2±9.5	137.3±6.0	146.5±8.9
NOSEBRTH	39.7±2.9	35.6±3.3	38.0±3.6
LIPLGTHH	55.4±3.7	49.0±3.7	52.7±4.8
MENSELL	122.1±7.4	117.2±5.8	119.8±7.8
NOSEPRH	49.3±4.5	43.2±3.0	47.7±5.0
MSNL	23.1±2.7	21.4±2.2	22.4±2.6
Вік 50 – 60 років			
GONI	134.2±9.5	125.1±10.15	131.4±10.1
ZYGO	147.2±8.9	138.3±6.0	145.5±9.9
NOSEBRTH	39 ± 0.3	35 ± 0.3	37 ± 0.4
LIPLGTHH	49 ± 0.5	44 ± 0.4	49 ± 0.5
MENSELL	122.1±8.4	116.2±6.5	119.8±7.8
NOSEPRH	49.3±4.5	43.2±3.0	47.7±5.0
MSNL	25.5 ± 1.6	24.5 ± 1.3	23.3 ± 1.7

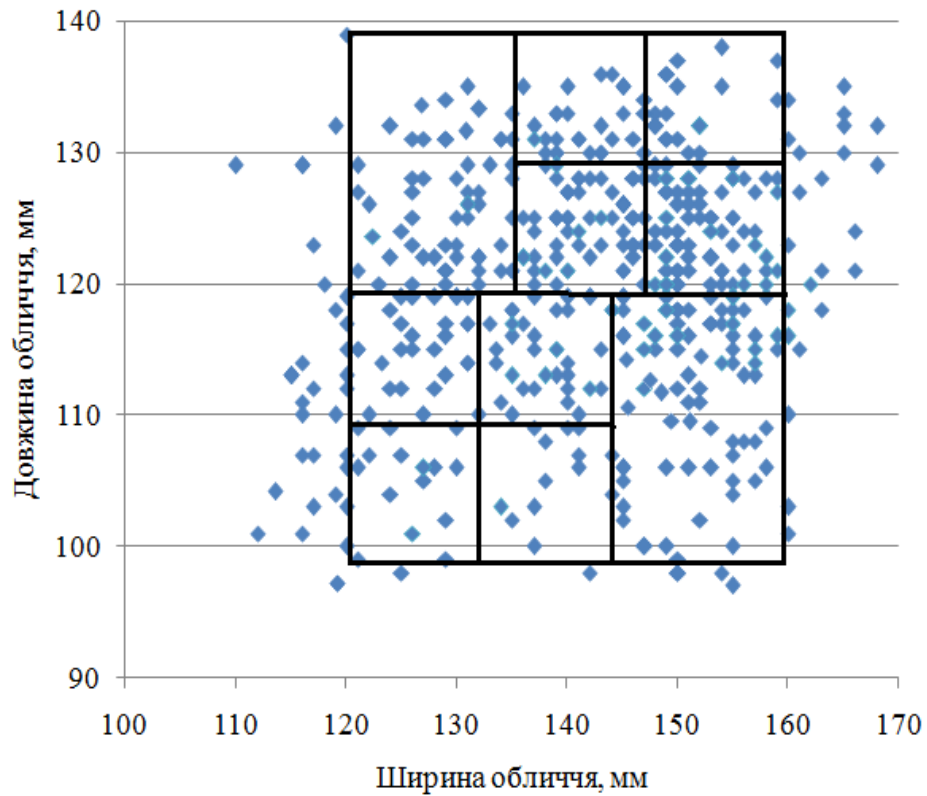


Рисунок 2.14– Розподіл розмірів облич перевіrenих осіб у параметричній таблиці NIOSH

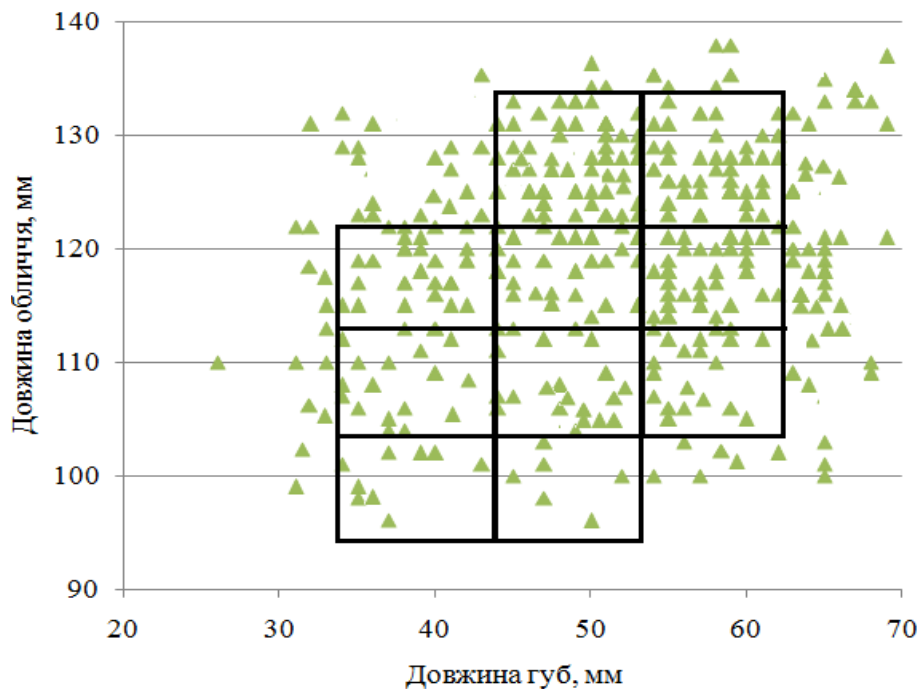


Рисунок 2.15 – Розподіл розмірів облич перевіrenих осіб у параметричній таблиці LANL

Таблиця 2.4 – Розподіл антропометричних параметрів обличчя

№ дільниці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LANL	16	17	24	29	59	52	67	69	18	15
	4%	4,3%	6%	7,3%	14,8%	13%	16,3%	17,3%	4,5%	3,3%
NIOSH	9	16	21	31	34	57	81	66	51	34
	2,3%	4 %	5,3%	7,8 %	8,5 %	14,3%	20,3 %	16,5 %	12,3%	8,5%

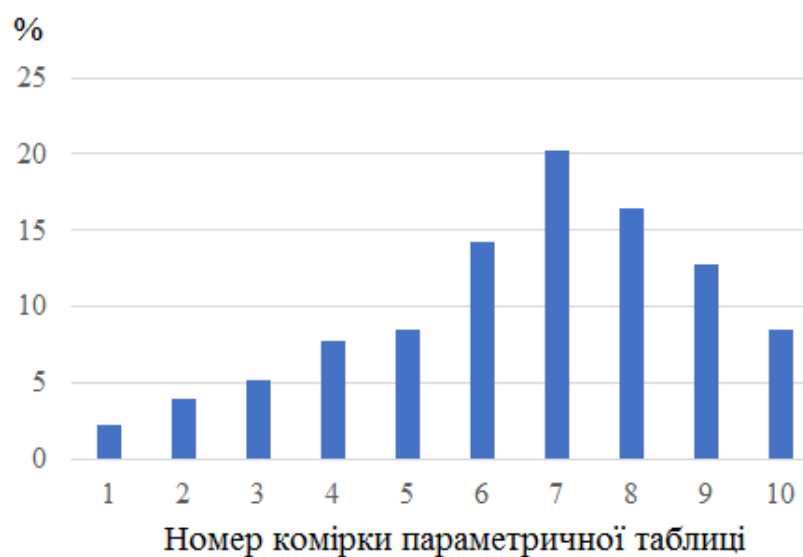


Рисунок 2.16 - Розподіл співвідношення кількості досліджених людей в комітках параметричної таблиці.



Рисунок 2.17 – Спеціальна таблиця для підбору випробувачів з перевірки фільтрувальних респіраторів

Таким чином, за допомогою удосконаленої таблиці NIOSH рекомендовано проводити підбір випробувачів при виконанні досліджень ЗІЗОД в вітчизняних випробувальних лабораторіях, при цьому правдивість отриманих результатів буде підвищена. Також ЗІЗОД, які пройдуть таку перевірку, будуть надійно захищати до 90% користувачів при відповідному підборі і правильній експлуатації. Для збільшення цієї частки необхідно розробити нові параметричні таблиці.

Беручи до уваги вимоги стандарту ISO 16900-1:2020 «Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 1: Determination of inward leakage» до типорозмірів Шеффілдівського манекена голови (рис. 2.18), який використовується при визначенні коефіцієнта проникання фільтрувальних півмасок відповідно до даних табл. 2.5., можна встановити конкретний тип манекена.

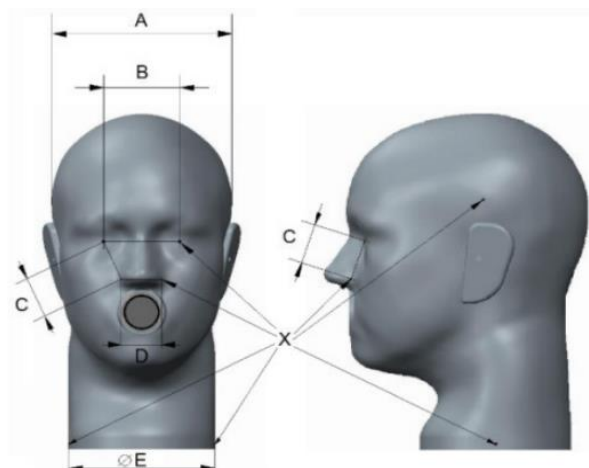


Рисунок 2.18 - Розміри Шеффілдівського манекена голови

Судячи з отриманих результатів розподілу кількості добровольців, які прийняли участь у дослідженнях, найбільша їх кількість (майже 50%) сконцентрована у комірках 6, 7 і 8, що дозволяє говорити про превалювання середнього/широкого типу обличчя. Тому для визначення коефіцієнта проникнення бажано використовувати саме такий манекен голови (табл. 2.5) або два манекени – середнього та середнього/широкого розмірів. На рисунку 2.17 наведено кількість випробувачів, яких необхідно підібрати для проведення перевірки фільтрувальних півмасок.

Таблиця 2.5 - Розміри Шеффілдівського манекена голови

Типорозмір	A	B	C	D	E
малий, мм	144	59	36	32	115
малий/довгий, мм	152	65	39	39	121
середній, мм	152	64	37	36	121
середній/широкий, мм	153	63	43	35	125
великий, мм	161	68	40	42	138

Отримані результати розподілу кількості випробувачів для перевірки захисних властивостей респіраторів на добровольцях дозволяють охопити весь спектр антропометричних параметрів обличчя, які зустрічаються в нашій країні. Також встановлені розміри довжини і ширини обличчя дозволяють розрахувати периметр обтюратору півмаски, який забезпечить відповідність її конструкції розмірам обличчя (рис. 2.19).

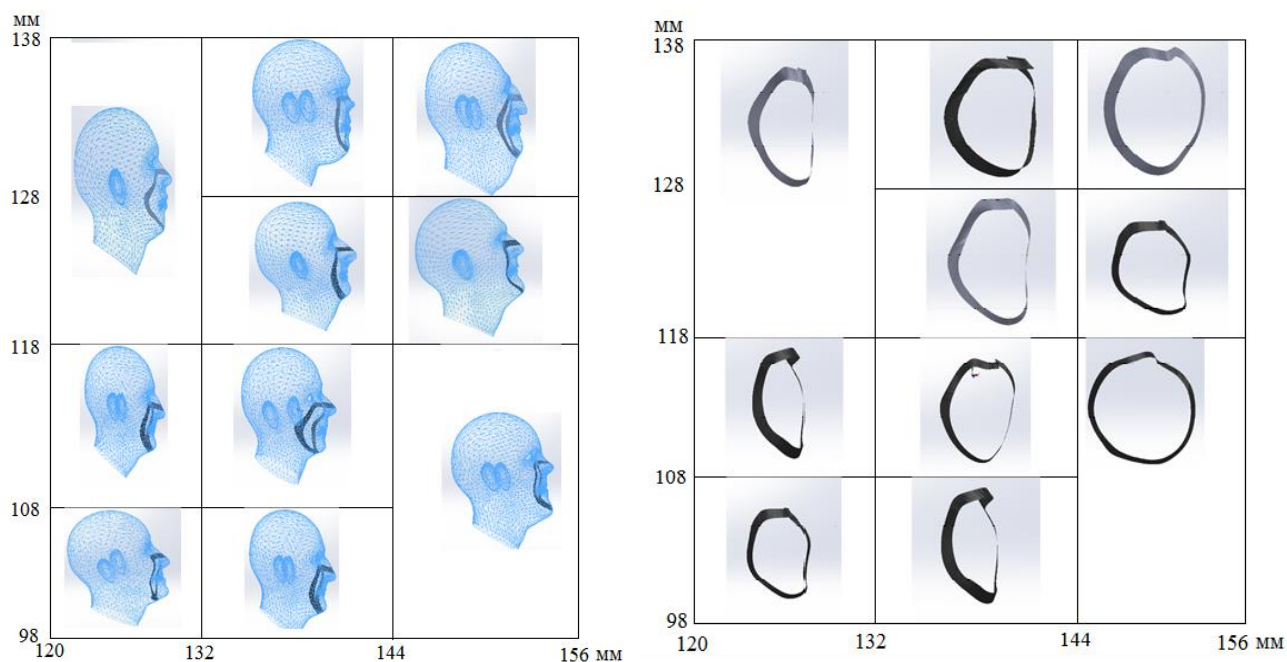


Рисунок 2.19 - Розрахунок периметру обтюратора півмасок для різних типів обличчя.

Аналіз наведених даних показує, що зі збільшенням розміру ширини обличчя виникає необхідність нарощення фільтрувальної поверхні півмаски. Очевидно, для забезпечення надійного ізолювання органів дихання потрібно виготовити або декілька розмірів півмасок, або надати можливість підганяти обтюратор відповідно до антропометричних параметрів. Цікаво, що на розмір

периметру півмаски впливає ширина і висота перенісся. До речі, саме ця ділянка є найбільш проблемною для забезпечення щільного прилягання обтюратора до обличчя користувача респіратора.

Виготовлення декількох типорозмірів таких півмасок призведе до значних додаткових затрат виробника. Тому подальші дослідження повинні бути направлені на пошук раціональної конструкції півмаски зі змінною геометрією, яка зможе швидко переналаштовуватись для різних типів облич.

2.5 Сучасні тенденції і теоретичні можливості щодо розробки конструкцій респіраторів із заданими захисними та експлуатаційними властивостями

Створення сучасних респіраторів – складне завдання. Його вирішення можливе завдяки використанню новітніх фільтруючих, сорбційно - фільтруючих матеріалів та каталізаторів, а також розробці конструкцій корпусу лицевої частини півмаски, головного гарнітура та клапанної системи, які забезпечать високі ізолювальні властивості за умови відповідності антропометрії облич користувачів формі корпусу лицевої частини півмаски, урахування якої при конструюванні є доволі складним процесом.

Відповідність респіраторів вимогам нормативної документації (НД) залежить від їх захисних та експлуатаційних характеристик. Найбільш важливими є наступні [22]:

- технічні характеристики фільтрів, які визначаються функціональним призначенням засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД): коефіцієнт проникання, пиломісткість;

- ергономічні показники вузлів клапанних систем вдиху-видиху, смуги обтюраторії, елементів кріплення корпусу лицевої частини: опір вдиху та видиху, вміст діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі, відповідність лицевої частини антропометричним розмірам обличчя, поля зору, розбірливість мови;

- показники надійності (можливість збереження властивостей протягом задекларованого терміну використання): час захисної дії.

Досягнення заданих значень технічних характеристик можливе тільки при використанні відповідних основних та допоміжних матеріалів за умови їх переробки у виробі відповідно до розроблених технологічних прийомів з подальшим контролем отриманих технічних характеристик в процесі лабораторних випробувань та виконанням коригувальних дій за необхідності.

Фільтрувальні ЗІЗОД відповідно до свого функціонального призначення повинні забезпечувати очищення вдихуваного повітря від шкідливих речовин до концентрації, яка не перевищує гранично допустиму. Принцип захисту у них базується на обов'язковій ізоляції органів дихання від навколишнього середовища та використанні матеріалів відповідного функціонального призначення [23, 24]. В таблиці 2.6 наведено дані стосовно підбирання конструктивних елементів ЗІЗОД, основних та допоміжних матеріалів [25-28].

Таблиця 2.6 – Основні технічні завдання, які потрібно вирішити при розробці конструкцій ЗІЗОД

Визначення шкідливих факторів	- аеродисперсні частини різного походження (пил, дим, туман), токсичні гази і пари
Способи захисту від потрапляння шкідливих факторів	- ізоляція підмаскового простору; - фільтрація, у тому числі по смузі обтюрації; - герметичність за рахунок щільного прилягання пелюсток клапанів видиху і вдиху до сидловини
Розробка конструктивних елементів	- обтюратори різних конструкцій; - фільтруючі елементи; - вузли клапанів вдиху і видиху; - елементи фіксації
Підбирання матеріалів відповідного функціонального призначення	- повітронепроникні матеріали (гума, силікон, поліетилен, та ін.); - фільтруючі матеріали (імпрегновані волокнисті хемосорбенти з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності, вуглецеві волокнисті матеріали, каталізатори низькотемпературного окиснення, фільтрувальні матеріали); - допоміжні матеріали
Контрольні показники	- коефіцієнт підсосу через смугу обтюрації, через клапани вдиху і видиху; - коефіцієнт проникання через фільтруючий матеріал; - час захисної дії

Сучасний процес проектування респіраторів охоплює декілька кроків (рисунки 2.20) [28]. Перший крок пов'язаний з визначенням розмірів облич, які характерні для працівників відповідного регіону. У роботах Chen, W., Zhuang, Z., Benson, S., Du, L., Yu, D., Landsittel, D., Wang, L., Viscusi, D., Shaffer, A. наведені дослідження з визначення найбільш впливового параметру, а саме розміру обличчя для проектування півмасок.



Рисунок 2.20 –Блок-схема САПР та виготовлення фільтрувальних півмасок

Зазвичай вимірювання проводять 3D-скануванням з відповідною обробкою для визначення реальних розмірів (наприклад, можна скористатись методом «Active Shape Models» або методом об'єднаних моделей), а для визначення взаємозв'язку між нормаллю l і площиною π необхідно задати параметри камери сканера і проектора їх розміщення (рисунки 2.21) з матричного рівняння:

$$[0,1 - d(i)] \times Pp [x, y, z]^T = 0, \quad (2.38)$$

де Pp – проекційна матриця проектора; (x, y, z) – координати точки, які належать нормалі.

Відскановані зображення голови перетворюють за допомогою методу триангуляції у геометричну поверхню з визначенням 3D-координат ключових точок скануємої поверхні, які уточнюємо, застосувавши параметричну таблицю 2.4.

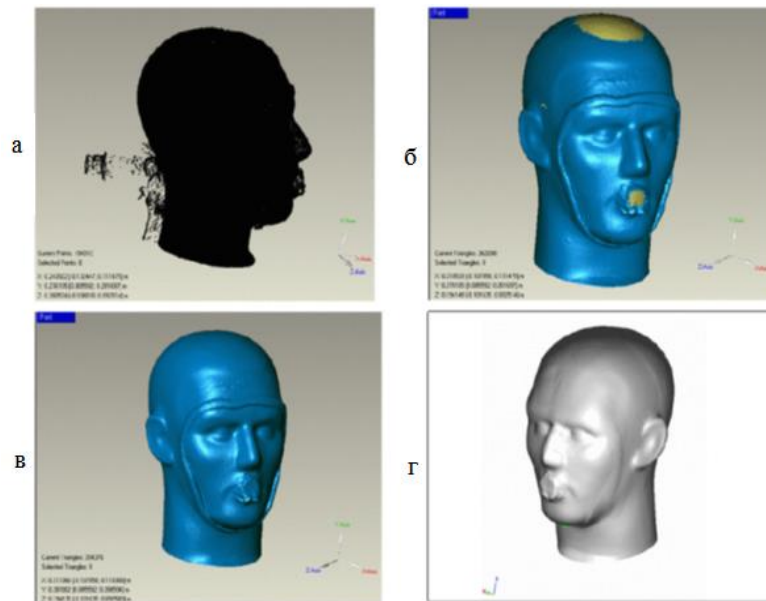


Рисунок 2.21 – Перетворення відсканованого зображення обличчя у 3D-модель голови у пакеті програми Geomagic за три кроки: набір точкової хмари (а); перетворення в трикутники (б) згладжування поверхні (в) готова модель (г)

Другий крок – це індивідуальний дизайн півмаски, який включає в себе нанесення критичних точок на 3D-модель голови відповідно до вимірних раніше розмірів. На рисунках 2.22 і 2.23 наведено процес отримання геометрії півмаски за попередньо визначеними координатами точок. Здебільшого розглядаються два варіанти можливого дизайну контуру обтюратора півмаски. У першому враховують ширину обличчя, ширину носа та відстань від перенісся до підборіддя. У другому, крім зазначених точок, додатково враховують і ширину обличчя за нижніми щелепами. На підставі отриманих даних та осереднених результатів замірів будують контур смуги обтюратора на обличчі, який потім роздруковують на 3D-принтері.

Існує більш складний механізм побудови корпусу півмаски. Особливість його полягає у використанні NURBS – поверхонь, які визначаються спочатку хмарою точок, яку перетворюють у чисельну кількість трикутників [25–29]. Потім отримана поверхня може бути декілька разів перетворена в різні моделі: Polygon, CAD-модель, FE-модель, в яких більш детально відпрацьовується кожний елемент конструкції для одержання максимальної точності зображення і відповідності розмірам обличчя.

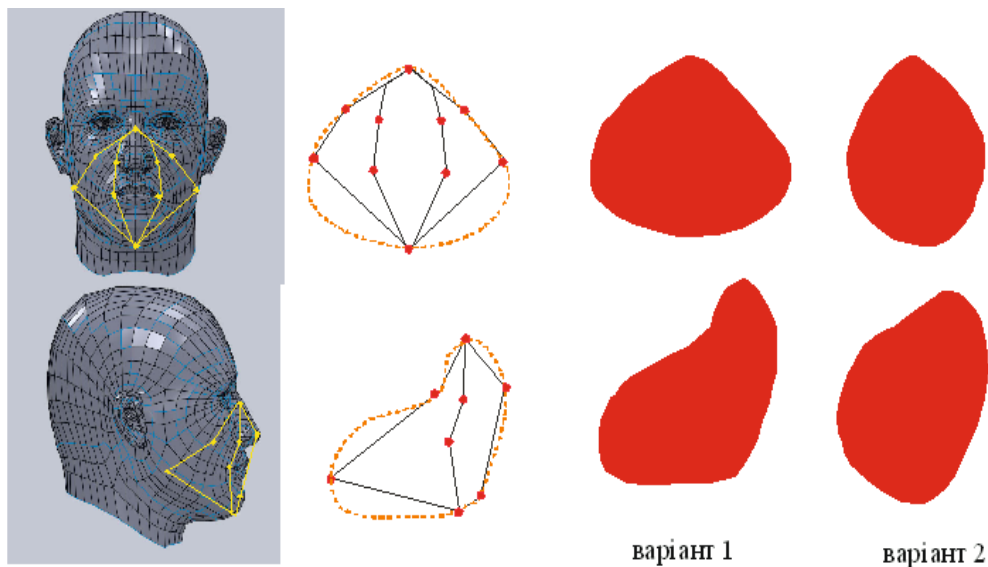


Рисунок 2.22 – Схеми контурів смуги обтюрції

Подальші дії полягають у поєднанні півмаски з 3D-моделлю голови для визначення площі контакту по смузі обтюрції. Контактна область між головою і півмаскою являє собою нерівномірне кільце, обмежене внутрішньою і зовнішньою граничними кривими (рисунок 2.24). Поверхня області контакту вважається симетричною, оскільки обидві сторони голови та півмаски є симетричними. Деякі контактні ділянки підганяють вручну, оскільки існує неточність у оформленні тримірного зображення півмаски.

Найбільш проблемним місцем є область перенісся, яка є опуклою. У зображенні півмасок ця зона не зовсім співпадає з реальними розмірами.

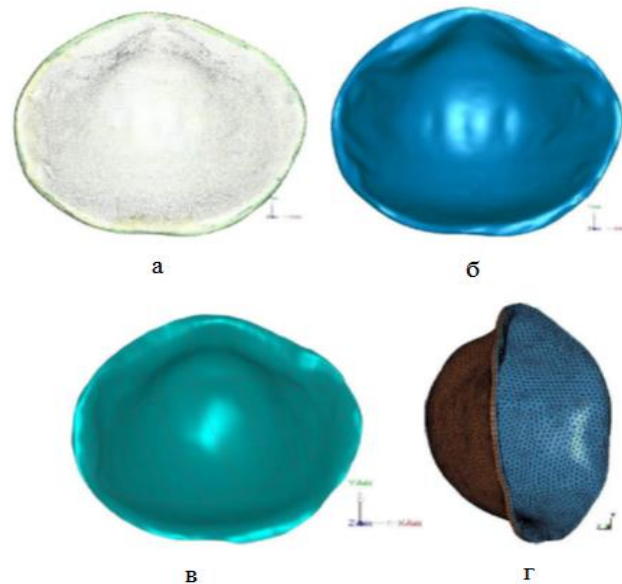


Рисунок 2.23– Етапи побудови моделі півмаски: точкова хмара (а); модель NURBS (б); модель CAD (в) і модель FE (г)

На практиці для виключення цього недоліку кожна півмаска споряджена притискною пластиною, за допомогою якої можна покращити герметичність в області перенісся. Тому вважається, що дані маніпуляції не вносять значну похибку у представлених вимірюваннях площі контакту.

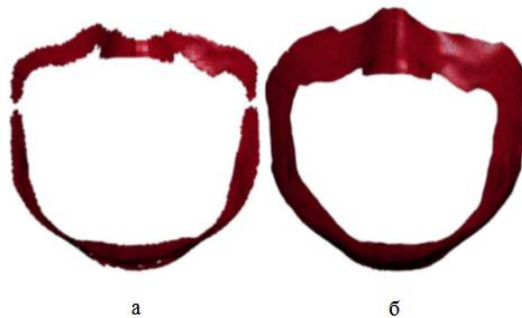


Рисунок 2.24 – Контактна область півмаски і обличчя: початкова (а), після обробки (б).

Отримана 3D-модель півмаски дозволяє проводити різні дослідження з визначення механічних та аеродинамічних характеристик респіратору з метою мінімізації важливої характеристики – опору диханню, рівномірного розподілу притискних зусиль по смузі обтюраторії та підвищення захисних властивостей. Для цього використовують різні програмні середовища. Наприклад, у програмі ANSYS можна зробити моделювання руху повітря, проаналізувати результати впливу на півмаску температури, притискних зусиль та механічного впливу [30].

Однак їх використання потребує вхідних параметрів, які часто встановлюються експериментально вже на готових виробках.

Наступний етап – вибір відповідного матеріалу для виготовлення фільтра респіратора та обтюратора. В основному фільтруюча поверхня одноразових півмасок виготовляється з кількох шарів спеціальних матеріалів (рисунки 2.25). Перший (зовнішній каркасний) виконує функції захисту фільтрувального матеріалу від механічного пошкодження, забезпечує стійкість респіратора до деформації. Його виготовляють зі спеціальних жорстких матеріалів, які забезпечують збереження форми корпусу півмаски при використанні. Наступний шар – це попередній фільтр, призначений для видалення з повітряного потоку найбільших частинок пилу, що дозволяє підвищити термін дії ЗІЗОД. Для його виготовлення можуть бути використані матеріали з лавсанових, поліамідних або поліпропіленових волокон з відносно великим діаметром і незначною щільністю їх упакування. Третій – фільтрувальний, призначений для тонкого очищення повітря, визначає ступінь захисної ефективності ЗІЗОД. Для його виготовлення використовуються поліпропіленові матеріали з відносно невеликим діаметром волокон (див. таблицю 2.7).

Таблиця 2.7 – Основні технічні характеристики фільтрувальних матеріалів

Марка фільтрувального матеріалу	Середній діаметр волокон, мкм	Розривне навантаження, Н	Щільність волокон, г/м ²	Опір при лінійній швидкості повітряного потоку 1 см/с, Па	Коефіцієнт проникнення за тест-аерозолем ПФ* при лінійній швидкості повітряного потоку 1 см/с, %
ФПП 15-0,6	1,5	0,5	13 – 19	5 – 7	0,5
ФПП 15-1,5			25 – 30	12 – 15	0,01
Елефлен 5Р	2,5	11	45 – 50	3 – 5	6 – 9
НФП 0,5-0,1	2,0	10	40 – 45	4 – 6	6 – 8

*ПФ– парафінова олива.

Користуються популярністю також і спеціальні матеріали, виготовлені із суміші целюлози, азбесту і скловолкна. Четвертий – гігієнічний шар, може бути

опорою для фільтрувального матеріалу, але часто використовується для забезпечення комфортних умов використання, наприклад, для вбирання вологи з підмаскового простору. У більшості сучасних конструкцій одноразових респіраторів обтюратор виготовляють з того самого матеріалу, що і саму півмаску. Однак для покращення ізолювальних властивостей можуть використати спеціальні ущільнюючі матеріали. Найчастіше це пінополіуретан, силікон, гума.

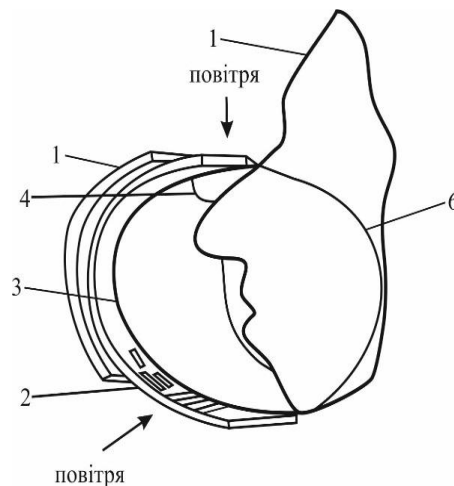


Рисунок 2.25 – Структура півмаски: 1 – зовнішній захисний шар; 2 – внутрішній захисний шар; 3 – матеріал фільтра; 4 – ущільнювач внутрішній; 5 – людське обличчя; 6 – шар для вбирання вологи.

Дослідні зразки ЗІЗОД обов'язково випробовуються в лабораторних умовах на відповідність вимогам НД (таблиці 2.8, 2.9).

Зауважуючи, що з кожним роком підвищуються вимоги до захисту працюючих, а також існує конкурентна боротьба між провідними виробниками ЗІЗОД за ринки збуту, даний алгоритм розробки конструкцій ЗІЗОД із заданими захисними та експлуатаційними властивостями необхідно постійно модернізувати і удосконалювати з метою скорочення часу проектування ЗІЗОД і підвищення якості кінцевого продукту.

Для цього важливо враховувати:

- особливості антропометричних характеристик обличчя працюючих, в тому числі за віком та статтю;

Таблиця 2.8 – Вимоги до фільтрувальних протиаерозольних респіраторів і півмасок

Найменування показника	ДСТУ EN 143:2002			ДСТУ EN 149:2017		
	Клас фільтра			Клас респіратора		
	P3	P2	P1	FF P3	FF P2	FF P1
Максимальний початковий коефіцієнт проникання аерозоллю хлориду натрію при витраті повітря 95 дм ³ /хв., %	0,05	6	20	1	6	20
Максимальний початковий коефіцієнт проникання аерозоллю парафінової оливи при витраті повітря 95 дм ³ /хв., %	0,05	6	20	1	6	20
Максимальний опір диханню на вдиху при витраті повітря 30 дм ³ /хв., мбар	1,2	0,7	0,6	1,0	0,7	0,6
Максимальний опір диханню на вдиху при витраті повітря 95 дм ³ /хв., мбар	4,2	2,4	2,1	2,1	2,4	3,0
Вміст діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі, %, не більш	–	–	–	1	1	1
Коефіцієнт підсосу, %	–	–	–	5	11	25

- параметри виробничого середовища (мікроклімат, якісний і кількісний склад небезпечних та шкідливих виробничих чинників);
- режими використання (тривалість, циклічність, періодичність);
- важкість і напруженість праці;
- взаємозв'язки між конструктивними елементами ЗІЗОД для забезпечення їх функціональної цілісності.

Аналізуючи сучасні тенденції, можна спрогнозувати, що покращення алгоритму розробки ЗІЗОД відбуватиметься в сфері пошуку нових ефективних методів із:

- швидкої обробки статистичних даних антропометричних параметрів облич з метою побудови аутентичної цифрової моделі голови, яка б дозволяла враховувати у цифровому зображенні зміни рис обличчя працівників за віком, статтю і національністю;
- коректної побудови 3D-поверхні півмаски, яка б дозволяла враховувати зміни індивідуальних рис людини при виготовленні обтюратора півмаски;

- перевірки якості респіраторів як на етапі розробки, так і на етапі виготовлення дослідного зразка, що дозволило б вносити корективи у побудовану модель для забезпечення високої щільності прилягання;

- обрахунку часу захисної дії з урахуванням різних як кліматичних, так і експлуатаційних параметрів, що вимагає пошуку новітніх фільтрувальних матеріалів з відповідною індикацією їх властивостей;

- теоретичного розрахунку захисної ефективності ЗІЗОД, що дозволяє на етапі проєктування провести оцінювання їх захисних властивостей з урахуванням як функціональних, так і експлуатаційних параметрів [31].

Застосування сучасних підходів до проєктування ЗІЗОД дозволяє знизити витрати, зменшити строк виконання конструкторських робіт, а також забезпечити швидке і якісне виготовлення оснащення.

2.6 Висновки за розділом 2

1. Обґрунтовано вибір методу з визначення антропометричних точок на обличчі людини, який складається з побудови активних моделей форм облич, обчислення координат антропометричних точок за рахунок тріангуляції областей зображення методом удосконалення математичної моделі для визначення координат антропометричних точок на основі використання комбінації форми і способу порівняння фрагментів інформативної ознаки гістограм МП.

2. Запропоновано алгоритм чисельного визначення інформативних ознак, що дозволяє домогтися збільшення швидкості обчислення шаблону на 20 % у порівнянні з кращими аналогами Three-Patch і Four-Patch при збереженні високої ефективності використання в процесі розпізнавання образів.

3. На підґрунті одержаних антропометричних даних щодо 400 типових користувачів фільтрувальних респіраторів – робітників Авдіївського коксохімічного заводу (АКХЗ) віком від 20 до 55 років визначено їх розподіл за довжиною і шириною обличчя, що дозволило підібрати для проведення

лабораторних випробувань респіраторів з визначенням коефіцієнту підсмоктування півмаски респіратора за смугою обтюрації та клапанної системи (за наявності) двадцять п'ять випробувачів, які розподілені відповідно до комірок удосконаленої параметричної таблиці. На основі встановленого антропометричного розподілу запропоновано підхід з визначення моделі Шеффілдівського манекену голови середньостатистичного українського робітника для визначення коефіцієнту проникнення через фільтрувальну поверхню/фільтр респіратора.

4. Аналіз тенденцій удосконалення конструкцій ЗІЗОД дозволяє говорити про можливість реалізації кількох оригінальних і не реалізованих ідей для прискорення процесу проектування: розробку конструкцій корпусів півмасок ЗІЗОД, які забезпечують високі ізолювальні властивості, на базі 3D-моделей облич працюючих, які точно передають антропометричні характеристики; розробку моделей руху повітряних потоків у фільтрувальних коробках, яка забезпечить рівномірне поле швидкості повітряного потоку по всій площі фільтрувального елемента, з метою зменшення опору дихання і збільшення захисної дії респіратора; оснащення ЗІЗОД електронними системами контролю для забезпечення визначення ресурсу їх захисних властивостей.

Основні результати дослідження опубліковані у [31]

2.7 Список використаних джерел за розділом 2

1. Face ID: [Electronic resource] – Access mode: https://uk.wikipedia.org/wiki/Face_ID
2. Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel: Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition, Neural Computation, 1(4):541-551, Winter 1989.

3. T. Xiao, J. Zhang et al., “Error-driven incremental learning in deep convolutional neural network for large-scale image classification,” in International Conference on Multimedia, no. 22. ACM, 2014, pp. 177– 186.
4. O. J. Zhao, M. Mathieu et al., “Stacked what-where auto-encoders,” arXiv preprint arXiv:1506.02351, Jun. 2015. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1506.02351v1>
5. Самарский, А.А. Численные методы/А.А.Самарский, А.В.Гулин//М: Наука. – 1992.– 423с.
6. Adamiak, K. Liveness detection in remote biometrics based on gaze direction estimation /K.Adamiak, D.Zurek, K.Slot //Proc. Fed. Conf. Comput. Sci. Inf. Syst.–2015. – С. 225–230.
7. Ahonen, T. Face Recognition with Local Binary Patterns / T. Ahonen, A. Hadid, M. Pietikainen // ECCV 2004. – 2004. – С. 469–481.
8. Ahonen, T. Face description with local binary patterns: Application to face recognition / T. Ahonen, A. Hadid, M. Pietikäinen // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 2006. – № 12 – С. 2037–2041.
9. Ahonen, T. Face recognition based on the appearance of local regions / M. Pietikainen, A. Hadid, T. Maenpaa // Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004. Proceedings of the 17th International Conference on. – 2004. – С. 153–156.
10. Almaev, T.R. Local gabor binary patterns from three orthogonal planes for automatic facial expression recognition / T. R. Almaev, M. F. Valstar // IEEE Computer Society.–2013.–С.356-361.
11. Automatic access to an automobile via biometrics : пат. 6498970 США : A. Colmenarez, S. Gutta, M. Trajkovic ; заявитель и патентообладатель Phillips Electronics N.V. № 09/836,680 ; заявл. 17.04.2001 ; опубл. 24.12.2002.
12. Захаров І. Взаємне перерахування похибок та невизначеностей вимірювань/І.Захаров //Стандартизація, сертифікація, якість.–2005.–№5.–С. 49–56.
13. Cheberyachko S.I. Analysis of test methods of determining and dust respirator quality / S.I. Cheberyachko, O.O. Yavors'ka, T.I. Morozova // School

Underground Mining. Geomechanical processes during underground mining abstracts materials of V International scientific-practical conference. – London: Taylor & Francis Group, 2012. – P. 123–127.

14. Опыт разработки и внедрения облегченных фильтрующих газопылезащитных респираторов «Снежок ГП» / А.А. Эннан, В.И. Байденко, Н.Н. Абрамова и др. // Тр. 1-ой Междунар. науч.-практ. конф. «Защита окружающей среды, здоровье, безопасность в сварочном производстве», 11-13 сент. 2002 г., г. Одесса: Астропринт, 2002. – С. 255-276.

15. Каминский С.Л., Басманов П.И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. – М.: Машиностроение, 1982. – 126 с.

16. Волокнистые фильтрующие материалы ФП / И.В. Петрянов, В.И. Козлов, П.И. Басманов, Б.И. Огородников. – М.: Знание, 1968. – 78 с.

17. Лепесток (легкие респираторы) / И.В. Петрянов, В.С. Кошечев, П.И. Басманов и др. – М.: Наука, 1984. – 216 с.

18. А.с. 212755 СССР. Респиратор/П.И. Басманов, С.М. Городинский, И.И. Квитко и др. - № 1129880/31-16; Заявл. 26.01.67; Опубл. 29.11.68., Бюл. № 9.

19. А.с. 241987 СССР. Респиратор / И.В. Петрянов, П.И. Басманов, В.И. Козлов и др. - № 1130124/31-16; Заявл. 30.01.67; Опубл. 18.04.69., Бюл. № 4.

20. А.с. 350487 СССР. Респиратор / И.И. Квитко, С.Н. Шатский, С.М. Городинский. - № 1444958/31-16; Заявл. 03.04.70; Опубл. 13.09.72., Бюл. №27.

21. А.с. 474172 СССР. Респиратор «Снежок КУ» / С.М. Городинский, Шатский, И.И. Квитко, и др. - № 1856446/40-23; Заявл. 11.12.72.

22. Шнейдер В.Г., Байденко В.И., Эннан А.А. Средство и метод оптимизации размеров и формы полумасок каркасных респираторов // Тр. 1-ой Междунар. науч.-практ. конф. «Защита окружающей среды, здоровье, безопасность в сварочном производстве», 11–13 сент. 2002 г., Одесса: Астропринт, 2002. – С. 705–709.

23. Blanz V., Vetter T. A morphable model for the synthesis of 3D faces // Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. 1999. P. 187 – 194.

24. Де Ванса Викрамаратне В.К. Автоматизированная система реконструирования и анализа текстурированных 3D моделей человеческих лиц : дис. канд. техн. наук / Викрамаратне В. К. Де Ванса. – М., 2009. – 176 с.
25. Kathryn M. (2007) Butler A Computational Model of Dissipation of Oxygen from an Outward Leak of a Closed-Circuit Breathing Device. – National Institute of Standards and Technology Technical Note 1484, 41 pages.
26. Ashkenazy A.V. Basic theory and computational algorithms: Tutorial. Tver: Pub. house of the Tver State University, 2003. 82 p.
27. Comparison of five methods for fit-testing N95 filtering-facepiece respirators. / C.C. Coffey, R.B. Lawrence, Z. Zhuang, D.L. Campbell, P.A. Jensen and W.R. Myers // *Appl. Occup. Environ. Hyg.* – 2002. – Vol.17. – P. 723 – 730.
28. Gutierrez A. Designing an improved respirator for automotive painters / Alma Maria Jennifer A. Gutierrez, Melissa D. Galang, Rosemary R. Seva, Michelle C. Lu, Diana Rose S. Ty // *International Journal of Industrial Ergonomics* – 2014 – № 44. – P. 131 – 139.
29. Zhuang Z. New respirator fit test panels representing the current U.S. civilian work force. / Z. Zhuang, B. Bradtmiller and R.E. Shaffer // *Journal of Occupational and Environmental Hygiene.* – 2007. – Vol 4. – P. 647 – 659.
30. Groce D. Three-dimensional facial parameters and principal component scores: Association with respirator fit. / D Groce., S. Guffey, D.J. Viscusi // *Journal of the International Society for Respiratory Protection.* – 2010. - № 27(1). – P. 1 – 15.
31. Вибір респіраторів на основі результатів вимірювання антропометричних розмірів середньостатистичного робітника АКХЗ та шеффілдівського манекену голови / Чеберячко С.І., Гридяєв В.В., Еннан А.А.-А., Чеберяко Ю.І., Абрамова Н.М., Книш І.М. // *Науковий вісник ДонНТУ.* – 2022. - №1(8)-2(9). – С. 216-228. [https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1\(8\)-2\(9\)-216-227](https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1(8)-2(9)-216-227).

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСОБУ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ І СЛУХУ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЙОГО ВИГОТОВЛЕННЯ

3.1 Розробка конструкції комплексного засобу захисту органів дихання і слуху

Виконаний аналіз умов праці, результати вивчення шкідливих факторів і їх впливу на користувача в умовах КХВ дозволили зробити висновок про те, що найбільш ефективним засобом захисту можна вважати комплексний засіб захисту органів дихання і слуху (далі – КЗЗОДС), який представлено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – КЗЗОДС: 1 – корпус півмаски від газів і аерозолів; 2 – балаклава з еластичних матеріалів; 3 – елементи захисту слуху; 4 – вузол клапана видиху

КЗЗОДС складається з: балаклави з еластичного матеріалу, що закриває голову, нижню частину обличчя та шию (2), з'єднаної з корпусом фільтрувальної півмаски від газів і аерозолів (1) за допомогою хвостовика патрубку клапана видиху (4) і гайки. Щільне та надійне прилягання КЗЗОДС забезпечується використанням еластичних матеріалів для виготовлення

балаклави, а також прострочуванням еластичною ниткою в областях, де потрібно забезпечити прилягання корпусу півмаски.

Захист органу слуху забезпечується шумопоглинаючими елементами (далі – ШЕ) (3) з пакетів шумопоглинаючих матеріалів, які вмонтовані в балаклаву в області органу слуху та скроневи́х кісток.

ШЕ для комплектації КЗЗОДС було виготовлено за конструкцією, що наведена на рисунку 3.2. Ущільнювальний валик і денце виготовлені з односторонньо ламінованого тканинним полотном листового матеріалу «Неопрен» та обтягнуті трикотажем.

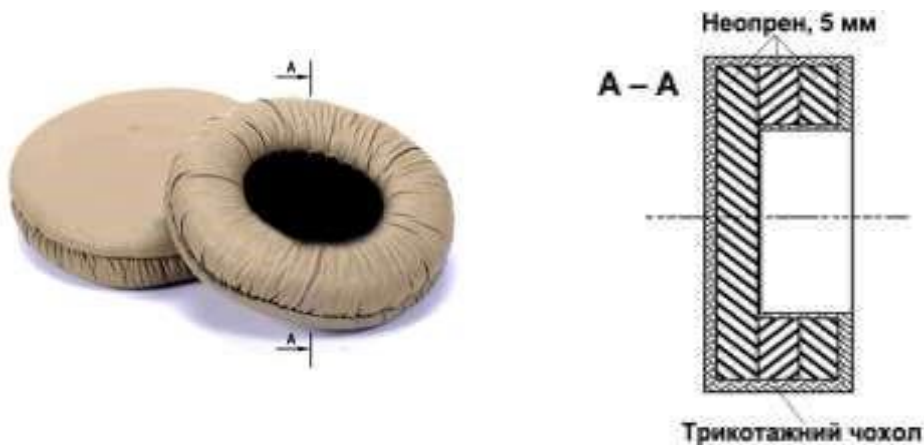


Рисунок 3.2 – Варіант конструкції ШЕ

«Неопрен» [1] – особливий вид синтетичного каучуку, основу якого складає полімер хлоропрену. Для отримання матеріалів з певними властивостями, до складу вводять спеціальні добавки – полімери, сірку. До переваг «Неопрену» можна віднести стійкість до тривалого впливу атмосферних факторів, мастил, багатьох інших хімікатів та механічних ушкоджень завдяки гнучкості та пластичності.

Структура матеріалу «Неопрен» без порушення внутрішньої структури складає в середньому 150% повітря- вологонепроникність; нешкідливість для навколишнього середовища та нейтральність при контакті зі шкірою людини.

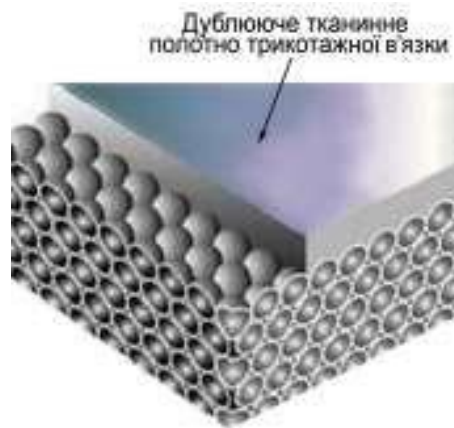


Рисунок 3.3 – Структура матеріалу «Неопрен».

«Неопрен» менш горючий, в порівнянні з багатьма типами гуми, а температурний діапазон, при якому він не втрачає своїх властивостей, дорівнює від мінус 50°C до плюс 100°C.

У перетині будова «Неопрена» нагадує бджолині стільники, в яких кожна комірка запечатана і заповнена азотом (рисунок 3.3). Така структура поряд з низькою теплопровідністю надає спіненому матеріалу і певні звукопоглинальні властивості [2, 3].

Поліпшенню звукопоглинальних властивостей сприяє можливість виготовлення матеріалу з "відкритими порами", тобто коли комірки на поверхні листа є розкритими.

Результати лабораторних випробувань ШЕ показали, що при їх застосуванні в діапазоні частот 63–1000 Гц спостерігається посилення рівня сприйманого мікрофоном сигналу у порівнянні з сигналом, котрий отриманий для «чистого» мікрофона, тобто без ШЕ (рисунок 3.4). Водночас акустична їх ефективність в діапазоні частот 2000 – 8000 Гц є достатньою.

Очевидно, це пов'язано з тим, що внутрішні стінки ущільнювального валика разом з денцем та поверхнею муляжу утворюють резонатор, в якому посилюються зазначені коливання, а роль мембрани відіграє саме денце з неопренової гуми.

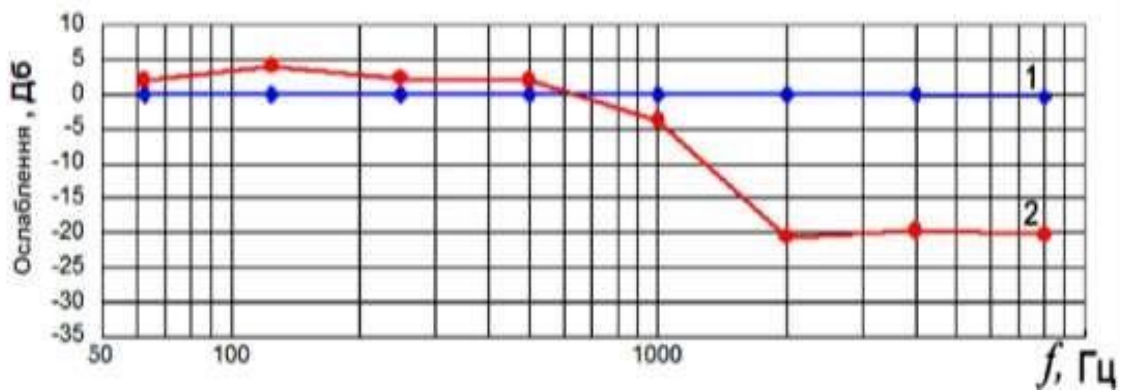


Рисунок 3.4 – Результати лабораторних випробувань ШЕ: 1 – «чистий» мікрофон; 2 – дослідний зразок ШЕ_210715

Тому було виконано ряд додаткових дослідів з метою підбору композиції шумопоглинальних шарів, ефективних у діапазоні октавних смуг (63 – 8000 Гц).

Експериментально встановлено, що найбільш прийнятні характеристики має конструкція ШЕ, яка складається з двох шарів різномірних звукопоглинальних матеріалів на основі синтетичних каучуків («Неопрен» і «СОФТ 6») і розташованої між ними алюмінієвої пластини (рисунок 3.5).

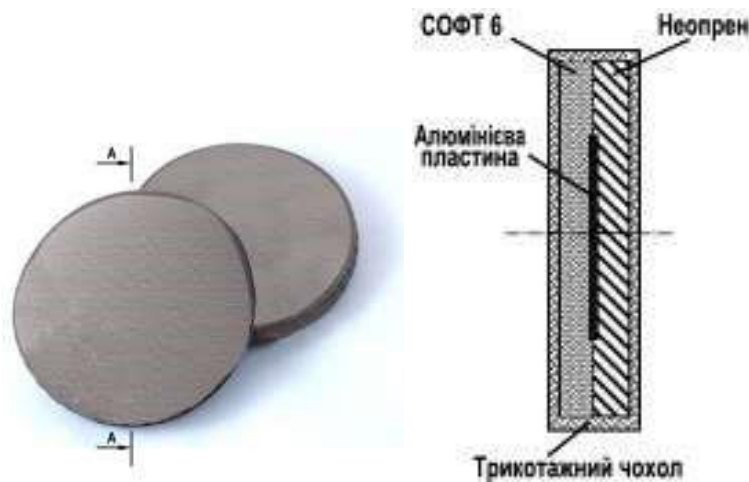


Рисунок 3.5 – Модернізований варіант конструкції ШЕ

«SOFT 6» – професійний високопластичний звуко- і теплоізолювальний матеріал на основі спіненого каучуку із закритою пористою структурою. Має демпфуючі і звукопоглинальні властивості [4,5]. Деякі технічні характеристики матеріалу наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Деякі технічні характеристики матеріалу «SOFT 6»

Найменування	Товщина, мм	Поверхнева щільність, г/м ²	Звукоізоляція DIN 4109, дБ(А)	Теплопровідність, Вт/мК	Токсичність
СОФТ 6	6	300	36	0,32-0,34	Не виділяє токсинів при нагріванні до 150°C

Акустична ефективність модернізованого ШЕ в діапазоні частот 63–8000Гц складає (таблиця 3.2):

Таблиця 3.2 – Результати лабораторних випробувань модернізованого варіанту ШЕ

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Зменшення рівня шуму, дБ	3,34	1,8	17,13	3,79	7,16	10,94	32,85	30,54

Близькі результати отримані і при використанні «білого шуму»: акустична ефективність склала близько 11 дБ.

Графіки залежності акустичної ефективності модернізованого ШЕ від частоти, які отримані як різниця між усередненими значеннями рівня звукового тиску для незахищеного і захищеного мікрофона, наведені на рисунку 3.6.

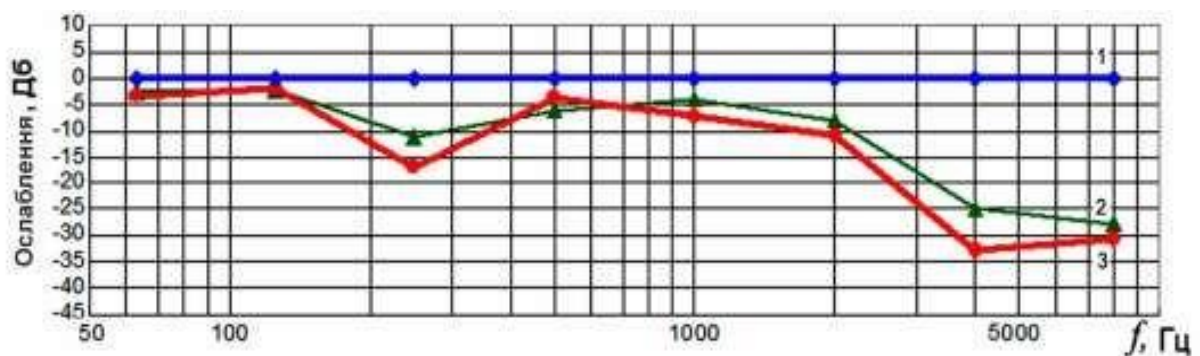


Рисунок 3.6 – Результати лабораторних випробувань модернізованого варіанту ШЕ: 1 – «чистий» мікрофон; 2 – навушники ED1N Ear Defender (Швеція); 3 – дослідний зразок ШЕ_220715

Порівняння у зіставних умовах акустичної ефективності шумозахисних навушників ED1N Ear Defender (рисунок 3.6, крива 2) і розробленого нами ШЕ

(рисунок 3.6, крива 3) свідчить, що за шумозахисними властивостями модернізований ШЕ повністю відповідає вимогам, які пред'являються до сучасних засобів захисту слуху.

Порівняння у зіставних умовах акустичної ефективності шумозахисних навушників ED1H Ear Defender (рисунок 3.6, крива 2) і розроблених нами ШЕ (рисунок 3.6, крива 2) свідчить, що останні за шумозахисними властивостями повністю відповідають вимогам, які пред'являються до сучасних засобів захисту слуху.

При виготовленні дослідної партії КЗЗОДС були використані ШЕ, результати випробування яких наведені вище. Акустична ефективність складала: на «білому шумі» – 11 дБ, в діапазоні октавних частот – 14 дБ.

Оскільки при виготовленні зразків ШЕ дослідної партії замість неопрену «понаме» був використаний неопрен «5,0/відкрита пора», для оцінки відтворюваності значень акустичної ефективності, отриманих для дослідного зразка ШЕ_220715 (таблиця 3.7), був проведений вибірковий контроль якості 6 елементів, довільно відібраних з виготовленої дослідної партії в 60 шт.; статистичну обробку результатів вимірювань проводили, як рекомендовано [6].

Наведені на рисунку 3.6 і в таблиці 3.8 дані проведених досліджень свідчать:

- усереднений графік залежності акустичної ефективності від частоти, отриманий для 6 зразків ШЕ, з достатнім ступенем наближення відповідає графіку, отриманому для модельного модернізованого варіанту ШЕ (криві 1 і 2 на рисунку 3.6);

- розкид значень акустичної ефективності в діапазоні частот $63 \div 8000$ Гц для всіх зразків ШЕ не перевищує ± 2 дБ;

- за захисними характеристиками виготовлені зразки ШЕ дослідної партії відповідають сучасним вимогам, що пред'являються до засобів захисту органа слуху виробничого призначення, зокрема у коксохімічній промисловості.

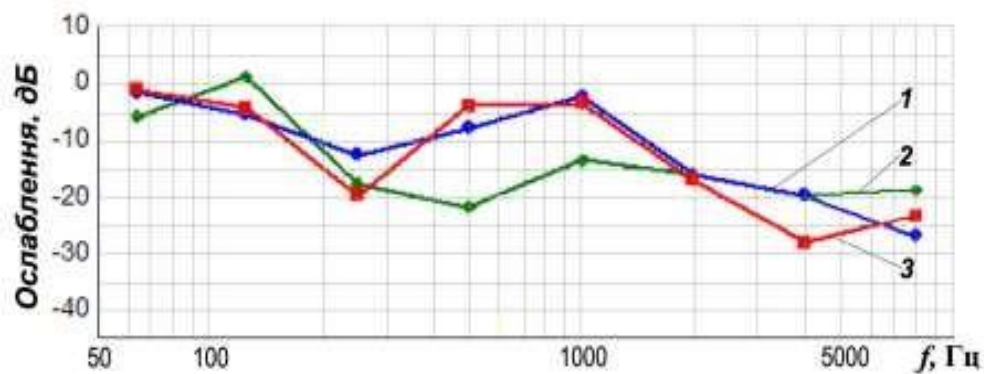


Рисунок 3.7 – Результати дослідження акустичної ефективності: 1 – середнє значення по 6 ШЕ; 2 – шумозахисні навушники ED1H Ear Defender (Швеція); 3 – дослідний зразок ШЕ_220715

Таблиця 3.3 – Узагальнені дані вимірювання акустичної ефективності зразків ШЕ з дослідної партії.

Контрольований параметр	Частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Акустична ефективність, дБ	1,5±0,3	5,4±0,3	12,7±1,9	8,0±1,7	2,2±0,2	16,0±1,9	19,8±1,1	26,7±0,5

КЗЗОДС комплектується півмаскою, яка одночасно є протиаерозольним фільтром, спорядженою протигазовим фільтром відповідного функціонального призначення, що виготовлений з імпрегнованих волокнистих хемосорбентів з індикацією «спрацьовування».

3.2 Виготовлення імпрегнованих волокнистих хемосорбентів з індикацією «спрацьовування»

3.2.1 Хемосорбент кислих газів

Імпрегнований волокнистий хемосорбент кислих газів з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності (надалі – «Екофіл-1(i)») складається з двох шарів: першого – хемосорбційного і другого – індикаторного, які виготовляються імпрегнуванням полотен-носіїв розчинами реагентів заданої концентрації. В якості хемосорбційного шару використовується імпрегнований

волокнистий хемосорбент кислих газів «Екофіл-1», виготовлений згідно з Технологічним регламентом ТР 03-02-2014.

При виготовленні індикаторного шару в просочуючий розчин додається індикатор – алізарин, який забезпечує індикацію моменту «спрацьовування» поглинальної ємності хемосорбційного шару. Шари розмежовані між собою і покриті з обох сторін нетканним матеріалом Спанбонд. Основні технічні характеристики хемосорбенту «Екофіл-1(i)» надані в таблиці 3.4 [6].

Таблиця 3.4– Основні технічні характеристики хемосорбентів

Марка хемосорбенту	Вміст хімічних реагентів, не менш	Забарвлення		Час захисної дії, хв*, не менш
		початкове	після «спрацьовування»	
«Екофіл-1(i)»	230–280	фіолетове	біле	420

*При концентрації оксиду сірки (IV) – 150 мг/м³ і лінійній швидкості ГПС – 2,0см/с; відносній вологості ГПС– 90÷95 %, температурі – 25 °С

При виготовленні індикаторного шару в якості носія використовують тканину білизняну (ДСТУ ГОСТ 29298:2008). Мінімальна кількість розчину для просочування 1 м² полотна-носія, що визначена дослідним шляхом, складає 300 г. В таблиці 3.5 надані вмісти реагентів для виготовлення просочуючого розчину для імпрегнування 1м² полотна-носія.

Таблиця 3.5 – Вмісти реагентів [7]

№ з/п	Назва реагенту	Хімічна формула	Вміст реагентів в 300 г просочуючого розчину, г
1	Карбонат натрію	Na ₂ CO ₃	6,0
2	Гліцерин	C ₃ H ₅ (OH) ₃	9,0
3	Алізарин	C ₁₄ H ₈ O ₄	0,06
4	Спирт етиловий	C ₂ H ₅ OH	30,0
5	Вода	H ₂ O	255,0

Для отримання 300 г розчину, який використовується при виготовленні 1 м² **індикаторного шару** хемосорбенту «Екофіл-1(i)», у 225,0 г води розчинюють у скляній ємності при температурі 18–30°C 5,8 г карбонату натрію. При перемішуванні додають 9,0 г гліцерину. В окремій ємності змішують 30,0 г спирту етилового (96%) і 30,0 г води. Додають 0,2 г карбонату

натрію і після розчинення 0,06 г– алізаринового індикатора. Перемішують протягом 10 хвилин і фільтрують. Додають спиртовий розчин індикатора до водного розчину карбонату натрію і перемішують протягом 5 хв. Термін зберігання готового розчину 1 тиждень [7].

Імпрегнування полотна-носія виконується методом занурення в статичних умовах у ванну. Просочування здійснюється шляхом послідовного занурення кожного шару носія (загальна кількість 8–10 шарів), які витримуються в розчині протягом 10 хв.

Контролюються протягом усього процесу: температура розчину і час витримування заготовок полотен-носіїв у ванні.

Просочені заготовки матеріалу (8–10 шарів) разом **віджимаються** за допомогою покритих шаром хімічно стійкої гуми валків до запланованого ступеня віджиму (1,3–1,5 г розчину на 1 г носія).

Сушіння здійснюється у горизонтальному положенні при температурі не вище 40° С і швидкості руху повітря не більш 0,5 м/с. Для висушування використовуються стелажі з перфорованими полицями, на яких розташовується імпрегноване полотно шаром по 8–10 шт.

3.2.3 Хемосорбент основних газів

Імпрегнований волокнистий хемосорбент основних газів з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності (надалі – «Екофіл-2(і)») складається з двох шарів: першого – хемосорбційного і другого – індикаторного, які виготовляються імпрегнуванням полотен - носіїв розчинами реагентів заданої концентрації. В якості хемосорбційного шару використовується імпрегнований волокнистий хемосорбент основних газів «Екофіл-2», виготовлений згідно з Технологічним регламентом ТР 03-02-2014.

При виготовленні індикаторного шару в просочуючий розчин додається індикатор – бромфеноловий синій, який забезпечує індикацію моменту «спрацьовування» поглинальної ємності хемосорбційного шару. Шари

розмежовані поміж собою і покриті з обох сторін нетканим матеріалом Спанбонд.

Основні технічні характеристики хемосорбенту «Екофіл-2(i)» надані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні технічні характеристики хемосорбенту [8]

Марка хемосорбенту	Вміст хімічних реагентів, не менш	Забарвлення		Час захисної дії, хв*, не менш
		початкове	після «спрацьовування»	
«Екофіл-2(i)»	650-750	жовте	синє	180

*При концентрації аміаку – 300 мг/м³, лінійній швидкості ГПС – 2,0см/с; відносній вологості ГПС – 90÷95 %, температурі – 25 °С

При виготовленні індикаторного шару в якості носія використовують тканину білизняну (ДСТУ ГОСТ 29298:2008). Мінімальна кількість розчину для просочування 1 м² полотна-носія, що визначена дослідним шляхом, складає 300 г. В таблиці 3.7 надані вмісти реагентів для виготовлення просочуючого розчину для імпрегнування 1м² полотна-носія.

Таблиця 3.7 –Вмісти реагентів [9]

№ п/п	Назва реагенту	Хімічна формула	Вміст реагентів в 300 г просочуючого розчину, г
1	Лимонна кислота	C ₆ H ₈ O ₇	9,0
2	Гліцерин	C ₃ H ₅ (OH) ₃	6,0
3	Бромфеноловий синій	C ₂₇ H ₂₉ Br ₂ O ₅	0,06
4	Спирт етиловий	C ₂ H ₅ OH	30,0
5	Вода	H ₂ O	255,0

Для отримання 300 г розчину, який використовується при виготовленні 1 м² **індикаторного шару** хемосорбенту «Екофіл-2(i)», у 255,0 г води розчинюють в скляній ємності при температурі 18–30°С 9,0 г лимонної кислоти. При перемішуванні додають 6,0 г гліцерину. В окремій ємності при перемішуванні розчиняють 0,06 г індикатора бромфеноловий синій в 30,0 г спирту етилового (96%) [10]. Додають спиртовий розчин індикатора до водного розчину лимонної кислоти і перемішують протягом 5 хв, після чого

фільтрують. Термін зберігання готового розчину складає 1 тиждень [8-10].

Подальше імпрегнування, віджимання і сушіння здійснюється аналогічно до виготовлення хемосорбенту кислих газів.

3.3 Виготовлення та дослідження ефективності фільтрувальних півмасок від аерозолів та газів і аерозолів

Для виготовлення фільтрувальних півмасок від аерозолів та газів і аерозолів були використані основні та допоміжні матеріали, перелік яких надано нижче:

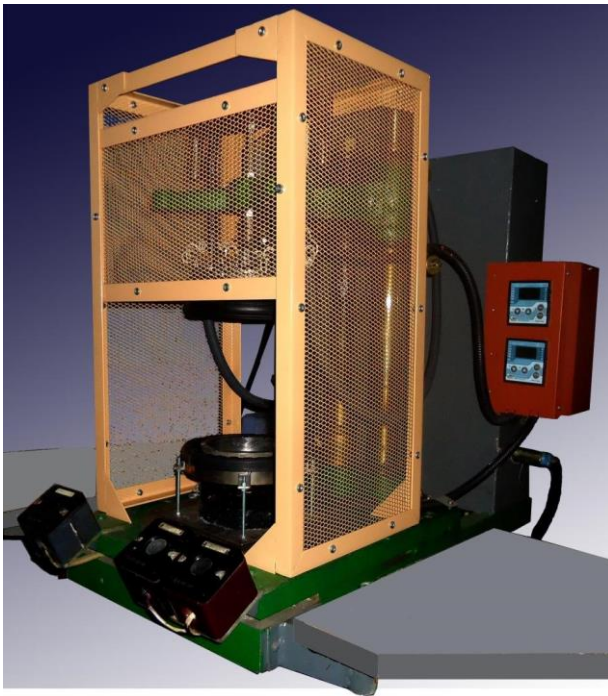
- матеріал на основі поліпропіленових волокон Елефлен 5Л ТУ У 25513947.010-2000;
- полотно неткане голкопробивне для респіраторів арт. 13В233(160) Н6 ТУ У 17.5-30712238-023:2008;
- марля ГОСТ 9412-93;
- хемосорбент волокнистий імпрегнований "Екофіл-1" чи "Екофіл-2" ТУ У 33.1-01530125.032:2012;
- шнур ГОСТ 29231-91;
- поліетилен HDPE ГОСТ 16338-85. Лист з алюмінієвого сплаву 1050 Н 18 ГОСТ 21631-76;
- SMS Неотекс Мед М20027-60-100-1600-1500 ТУ 2282-001-72716572-08.

В процесі виготовлення були визначені основні технологічні операції та орієнтовний час їх виконання (таблиця 3.8).

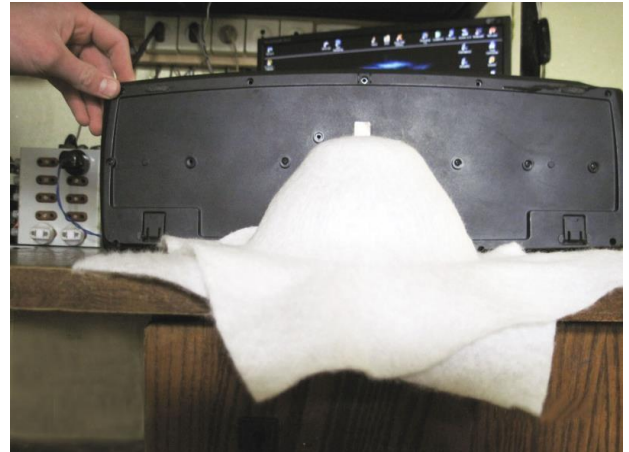
Для виготовлення формованого корпусу півмасок для захисту від аерозолів та газів і аерозолів використовували полотно неткане голкопробивне для респіраторів (ТУ У 17.5-30712238-023:2008), яке при термічному формуванні утворює об'ємну форму. На рисунках 3.9–3.11 зображено комплект технологічного обладнання для виготовлення формованих корпусів півмасок.

Таблиця 3.8 – Основні технологічні операції та час їх виконання при виготовленні фільтрувальних півмасок від аерозолів та газів і аерозолів

Назва технологічної операції	Час виконання основних технологічних операцій при виготовленні одиниці виробу, с
Фільтрувальні півмаски від аерозолів	
1 Виготовлення розпірки з сідловиною пелюстки клапана видиху	55,0
2 Виготовлення екрана	67,0
3 Виготовлення притискної пластини	52,0
4 Виготовлення настилу (Елефлен 5Л + марля) і розкрій обтачки	35,0
5 Виготовлення настилу з полотна нетканого голкопробивного для респіраторів арт. 13В233(160) Н6 і розкрій заготовок для формування корпусів півмасок	40,0
7 Виготовлення заготовок еластичного шнура	5,0
8 Виготовлення формованого корпусу півмаски	14,0
9 Обрізання корпусу півмаски по периметру	49,0
10 Свердлення отвору для монтажу вузла клапана видиху	12,0
11 Пришивання обтюратора до півмаски	20,0
12 Збирання фільтрувальної півмаски	25,0
13 Пакування	40,0



а

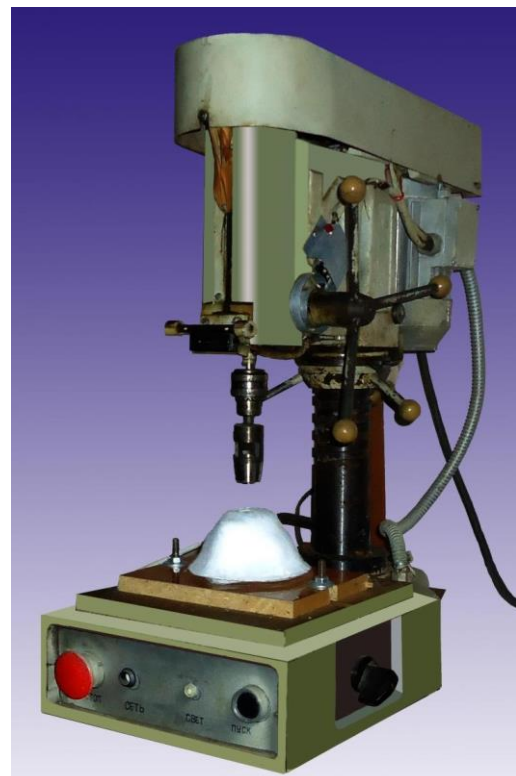


б

Рисунок 3.9 – Установка термічного формування корпусу півмаски: а – експериментальна установка термічного формування корпусу півмаски, б – корпус півмаски



а



б

Рисунок 3.10 – Експериментальна установка для зварювання кромки корпусу півмаски (а); устаткування для свердлення отворів в корпусі півмаски (б)

На рисунках 3.11 та 3.12 надано корпус півмаски, виготовлений методом термічного формування – протиаерозольний фільтр та змінний фільтр від газів.



Рисунок 3.11 – Корпус півмаски, виготовлений методом термічного формування – протиаерозольний фільтр



Рисунок 3.12 – Змінний фільтр від газів

Зразки КЗЗОДС виготовлялися відповідно до розробленої конструкторської документації з використанням наступних матеріалів:

- полотно трикотажное. Общие технические условия. ГОСТ 28554-90;
- матеріал на основі поліпропіленових волокон Елефлен 5Л. ТУ У 25513947.010-2000;
- полотно неткане голкопробивне для респіраторів арт. 13В233(160) Н6 ТУ У 17.5-30712238-023:2008;
- марля ДСТУ EN 14079: 2009;
- хемосорбент волокнистий імпрегнований «Екофіл-1» та «Екофіл-2» ТУ У 33.1-01530125.032:2012;
- поліетилен HDPE ГОСТ 16338-85;
- лист з алюмінієвого сплаву 1050 Н 18 ГОСТ 21631-76 SMS Неотекс Мед М20027-60-100-1600-1500 ТУ 2282-001-72716572-08;
- тканина арселонова вогнезахисна арт. 07А334+ВУ ТУ ВУ 400031289.212-2007;
- пінополіуретан(ППУ) еластичний (поролон ST-223 0,5 мм) ТУ У 25.2-35055734-001:2008;

- нитка латексна 37;

- матеріал фільтруючий ФПП-15-1,5 ТУ 2568-411-05795731-2008.

Виготовлення виконувалося відповідно до перерахованих в таблиці 3.9 технологічних операцій.

Таблиця 3.9 – Перелік та час виконання технологічних операцій при виготовленні однієї одиниці КЗЗОДС

Назва технологічної операції	Час виконання основних технологічних операцій при виготовленні 1 одиниці КЗ, с
1 Виготовлення настилу з полотна трикотажного бавовняного	60,0
2 Розкрій заготовок деталей балаклави	120,0
3 Зшивання заготовок деталей балаклави	90,0
4 Обшивка панорамного вирізу смугою з трикотажного бавовняного полотна	30,0
5 Виготовлення настилу з матеріалів: полотно неткане СМС, Елефлен 5Л	50,0
6 Виготовлення настилу з поролону (5 мм)	50,0
7 Виготовлення настилу з матеріалів: полотно неткане СМС, тканина арселонова, арт. 07А334+ВУ	50,0
8 Виготовлення настилу з матеріалу СФМ-ОП	50,0
9 Розкрій заготовок елементів захисту органу слуху	150,0
10 Виготовлення елементів захисту органу слуху	300,0
11 Прострочування балаклави ниткою латексною згідно з конструкторською документацією	600,0
12 Збирання КЗ	180,0
13 Пакування	60,0

Для виготовлення елементів захисту слуху КЗЗОДС був використаний набір нижчеперерахованих матеріалів, скомплектованих наступним чином:

1 шар – тканина арселонова вогнезахисна, арт. 07А334-ВУ, ТУ ВУ 400031289212-2007;

2 шар – пінополіуретан еластичний ППУ, ТУ У 25.2-35055734-001.2008;

- 3 шар – матеріал фільтруючий ФПП 15-1,5 ТУ 2568-411-05795731-2008 – 2 шари;
- 4 шар – полотно неткане голкопробивне фільтрувальне, арт.13В239/550/Н6;
- 5 шар – матеріал фільтруючий на основі поліпропіленових волокон Елефлен;
- 6 шар – пінополіуретан еластичний ППУ, ТУ У 25.2-35055734-001.2008;
- 7 шар – SMS Неотекс МедМ20027-60-100-1600-1500, ТУ 2282-001-72716572-08.

3.4 Проект виробництва комплексного засобу захисту органів дихання і слуху

Виробництво здійснюватиметься на підприємстві, що обладнане необхідними засобами виробництва і має відповідну нормативно-технічну документацію для виготовлення КЗЗОДС, який повинен мати стабільно високу якість та надійність. Це можливо при відповідній технологічній підготовці і організації виробництва, ефективність роботи якого забезпечується його структурою, яка гарантує функціонування зв'язків між структурними елементами.

Структура виробництва КЗЗОДС надана на рисунку 3.13.

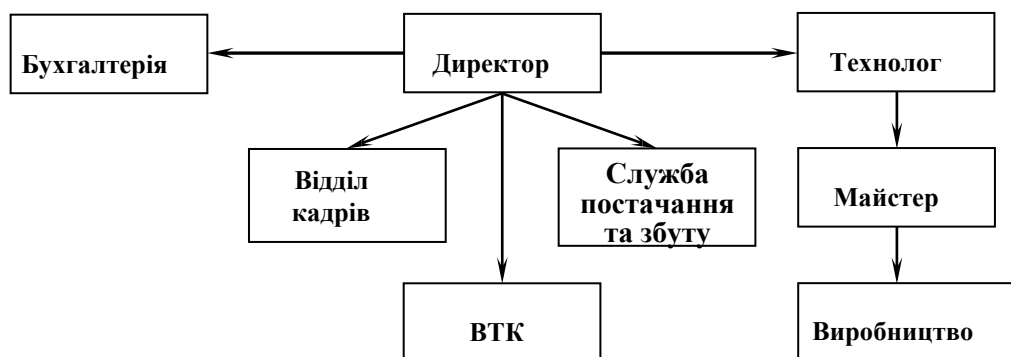


Рисунок 3.13 – Структура виробництва КЗЗОДС

Виробничі процеси будь-якого підприємства підрозділяються на основні та допоміжні. В процесі основних сировина та матеріали перетворюються в

готову продукцію, а допоміжних – виготовляються вироби для основного виробництва.

При виготовленні КЗЗОДС використовуватимуться в основному технології швацького виробництва, технології формування корпусів півмасок та ті, що пов'язані з перероблюванням і зварюванням полімерних матеріалів, а також виготовлення імпрегнованих волокнистих хемосорбентів (надалі – хемосорбентів) та індикаторів «спрацьовування» поглинальної ємності (надалі – індикаторів).

Відповідно до технічної доцільності основне виробництво підрозділяється на ділянки, на яких виконуються операції з розкрою, формування, пошиття, складання та пакування КЗЗОДС [11].

Допоміжні операції виконуватимуться на ділянках з виготовлення комплектуючих виробів, хемосорбентів та індикаторів.

Перевірка відповідності до вимог нормативно-технічної документації проводитиметься в лабораторії, куди надходитимуть відібрані зразки КЗЗОДС. До додаткових функцій лабораторії відноситься проведення вхідного контролю використовуваних матеріалів.

КЗЗОДС – це вироби, які повинні мати стабільну якість, а їх виготовлення повинно здійснюватися висококваліфікованими виконавцями.

Виходячи з встановлених умов, найбільш прийнятним є виробництво одиничного типу з однозмінним режимом роботи.

До його переваг можна віднести:

- застосування уніфікованого обладнання;
- забезпечення високої якості виготовлення;
- раціональне використання обладнання завдяки його більш повному завантаженню;
- раціональне використання робочого часу завдяки виключенню пересування напівфабрикатів;
- можливість використання виробничих площ будь-якої конфігурації, що особливо важливо у випадку реконструкції наявних приміщень;

- можливість поштучного контролю якості;
- високу продуктивність праці за рахунок технологічних операцій, що багатократно повторюються.

Підприємство з виготовлення КЗЗОДС розташовуватиметься у триповерховій реконструйованій будівлі на загальній площі 661,4 м² з висотою приміщень 4,2 м.

Поверхові планувальні рішення надані на рисунках 3.14–3.16.

На першому поверсі (рисунок 3.14) розташовуватимуться роздягальні, ділянка з виготовлення комплектуючих з полімерних матеріалів, розкроювальна ділянка.

Перший поверх матиме два виходи: основний та запасний. Загальна площа приміщень першого поверху складатиме 180,8 м².

На другому поверсі загальною площею 254,9 м² (рисунок 3.15) розташовані ділянки з виконання операцій з формування, швацьких та складально-пакувальних операцій, а також приміщення для побутового обслуговування робітників.

На третьому поверсі загальною площею 225,7 м² передбачені приміщення для виготовлення хемосорбентів та індикаторів, випробувальна лабораторія, компресорна та офісні приміщення.

Відповідно до Технічного паспорта споруда споряджена ліфтом, газовим опаленням (перший поверх), припливно-витяжною вентиляцією, кондиціонерами, системою пожежогасіння та штучним освітленням.

Характеристика приміщень надана в таблиці 3.10.

Чисельність та кадровий склад персоналу дослідного виробництва надано в таблиці 3.11.

Таблиця 3.10 – Перелік приміщень по поверхах із зазначенням площі та виду підлоги

№	Назва приміщення (ділянки)	Площа, м ²	Вид підлоги
1-й поверх			
1	Ливарно-зачисна	28,1	монолітна з магnezіального бетону
2	Розкроювальна-заготівельна	58,1	
3	Слюсарна	6,5	
4	Роздягальня	26,4	МОНТОВАНА з синтетичних матеріалів
5	Вестибюль	32,9	монолітна з магnezіального бетону
6	Санвузол	23,1	
7	Тепловузол	5,7	
Разом 1-й поверх:		180,8	
2-й поверх			
8	Швейна, формувальна	180,9	МОНТОВАНА з синтетичних матеріалів
9	Складально-пакувальна	51,5	
10	Приміщення для побутового самообслуговування робочих	22,5	
Разом 2-й поверх:		254,9	
3-й поверх			
11	Виготовлення хемосорбентів і індикаторів	71,0	МОНТОВАНА з синтетичних матеріалів
12	Випробувальна лабораторія	68,4	
13	Компресорна	5,2	МОНОЛІТНІ з магnezіального бетону
14	Офісні приміщення:		МОНТОВАНА з синтетичних матеріалів
15	кабінет директора	24,6	
16	технолог	9,6	
17	відділ кадрів	11,4	
18	відділ збуту	13,1	
19	бухгалтер	10,6	
20	санвузол	11,8	
Разом 3-й поверх:		225,7	
Загальна площа, м ²		661,4	

Виробничі процеси проєктованого виробництва супроводжуються шумом, вібрацією, виділенням волокнистого та мінерального пилу, надлишковим теплом та вологістю.

Таблиця 3.11 – Чисельність та кадровий склад персоналу

Керівний склад та фахівці			Виробничий персонал	
№ з/п	Посади	Чисельність	Посади	Чисельність
1	Директор	1	Розкрійник	2
2	Бухгалтер	1	Швачка	11
3	Інспектор з роботи з персоналом	1	Оператор з виготовлення формованих корпусів півмасок	4
4	Фахівець з комерційних питань	1	Свердлильник	1
5	Технолог	1	Оператор з виготовлення комплектуючих виробів	2
6	Інженер	1	Складальник	4
7	Лаборант	2		
8	Майстер	1		
Загальна чисельність, чол.				33

Окрім шкідливих виробничих факторів, на підприємстві існує вірогідність виникнення виробничих травм, які трапляються завдяки наявності рухомих частин обладнання; існує можливість ураження електричним струмом, отруєння хімічними речовинами, наприклад, при виготовленні хемосорбентів та індикаторів, виникнення пожежі. Таблиця 3.12 ілюструє наявність шкідливих небезпечних факторів на кожній ділянці виробництва.

Створення умов, що відповідають вимогам виробничої санітарії, – неодмінна вимога при розробці проекту реконструйованого підприємства.

Оптимальними для виробничих приміщень підприємств швейної промисловості прийняті:

- температура в холодний період року, °С – 19,0–21,0;
- температура в теплий період року, °С – 20,0–22,0;
- вологість повітря, % – 40–60;
- швидкість руху повітря, м/с – 0,2;
- рівень звукового тиску, дБ – 80;
- освітлення, лк – 40.

Шкідливі фактори (шум, вібрація, пи́л), що присутні у умовах швейного виробництва, чинять дію на функціональні системи організму працюючих і є причиною виникнення захворювань бронхолегеневої системи, зниження гостроти слуху та зору, головних болів, запаморочень, болів в суглобах та ін.

Забезпечення нормальних умов роботи буде досягнуто застосуванням системи загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря, регулюванням подавання тепла, нормованим освітленням робочих місць.

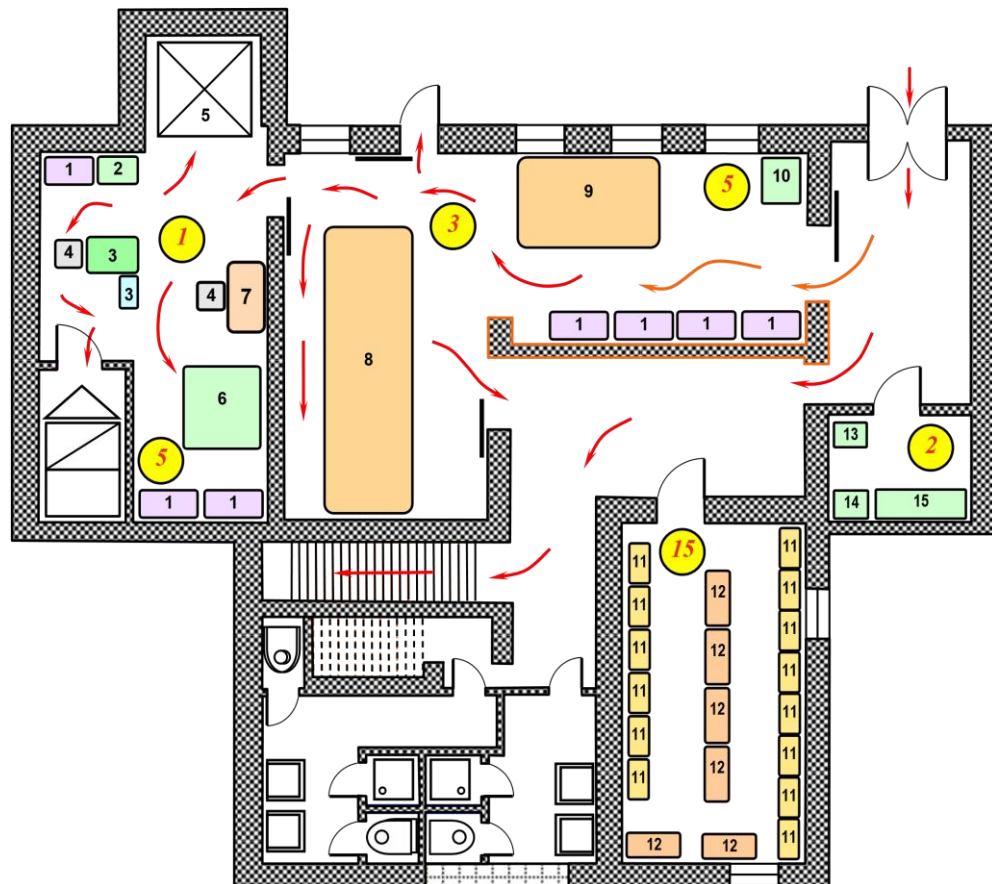


Рисунок 3.14 – Планувальне рішення ливарно-зачисної (1), слюсарної (2), розкроювально-заготівельної (3), вирубної (5) виробничих ділянок та роздягальні (15) (1-й поверх): 1 – стелаж; 2 – машина для подрібнення полімерів; 3 – машина ливарна вертикальна МЛВ-32; 4 – стілець; 5 – ліфт малий вантажний 250 кг; 6 – прес електрогідравлічний вирубний ПКП-10; 7 – стіл робочий (контролера); 8 – розкроювально-настильний стіл; 9 – розкроювальна стрічкова машина РЛ-1000-1; 10 – прес штампувальний ексцентриковий ОБ40900; 11 – шафа для робочого одягу; 12 – лава; 13 – верстат заточувальний; 14 – верстат свердлильний; 15 – стіл слюсарний.

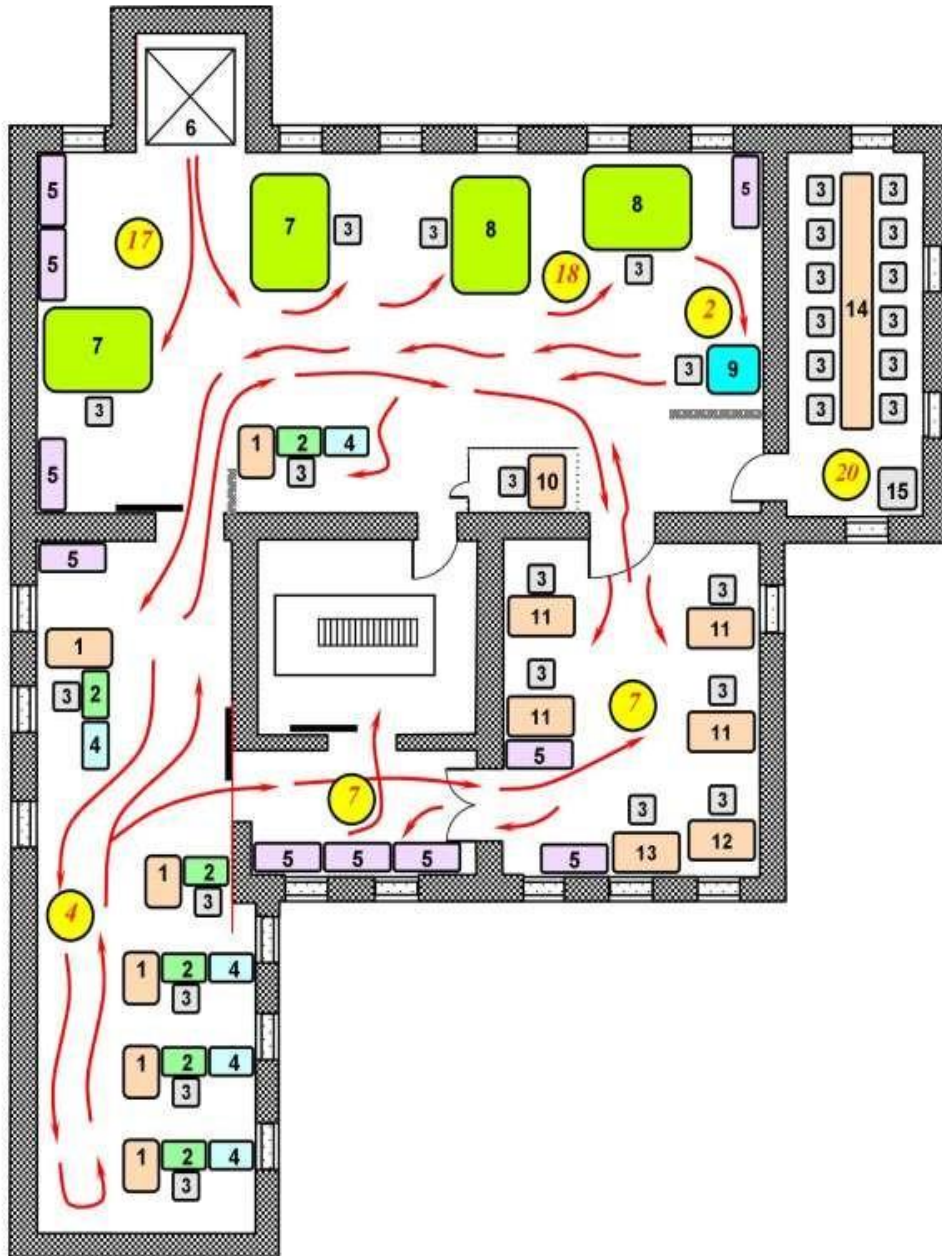


Рисунок 3.15 – Планувальне рішення ділянок дослідного виробництва КЗЗОДС (2-й поверх): свердлильної (2), швейної (4), складально-пакувальної (7), формування корпусів півмасок (17), зварювання кромки корпусів півмасок (18), а також підсобного приміщення для побутового самообслуговування робочих (20): 1– стіл робочий; 2 - машина швацька промислова класу 1022М; 3 – стілець; 4 – зшивально-обметувальна машина 51-2745×3,2; 5 – стелаж; 6 – ліфт малий вантажний 250 кг; 7 – установка термічного формування корпусу півмаски; 8 – установка зварювання кромки корпусу півмаски; 9 - верстат свердлильний; 10 – стіл майстра; 11 – стіл складальника; 12 – стіл контролера; 13 – стіл комплектувальний; 14 – стіл обідній; 15 – холодильник.

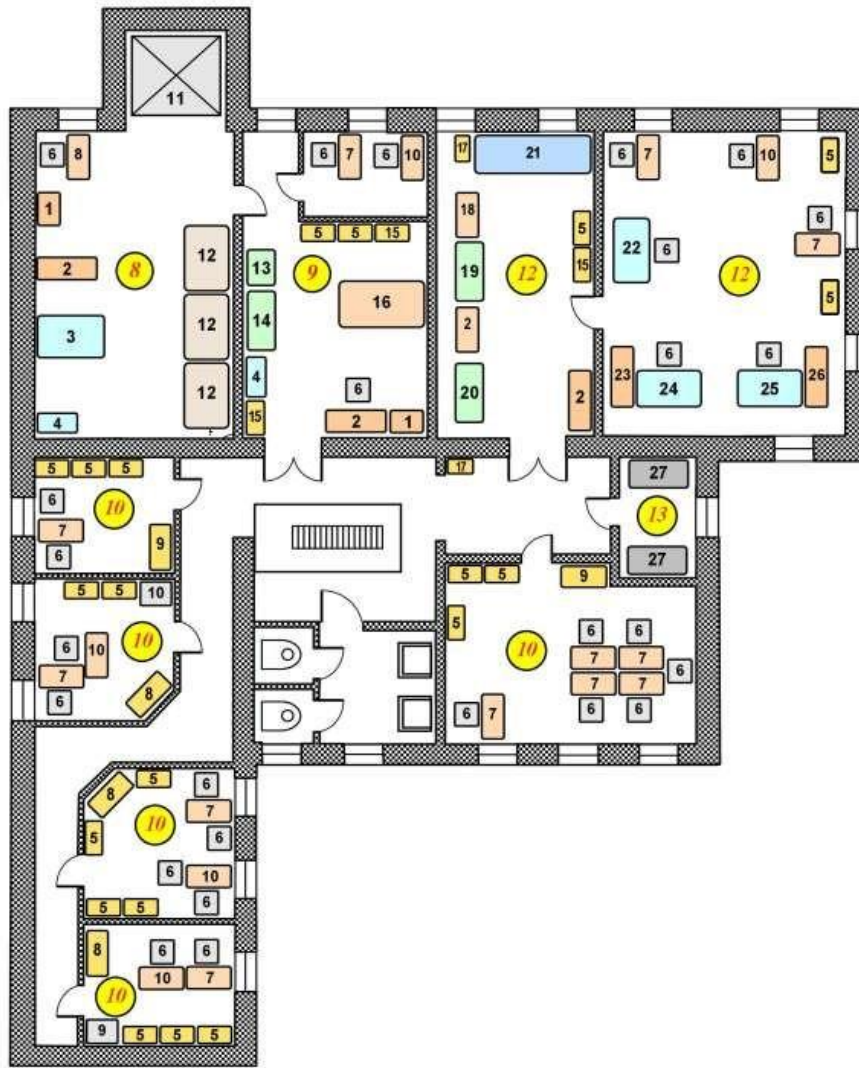


Рисунок 3.16 – Планувальне рішення ділянок дослідного виробництва ЗІЗОД (3-й поверх) з виготовлення хемосорбентів та індикаторів (8, 9); офісних приміщень (10), випробувальної лабораторії (12), компресорної (13). 1 – стіл лабораторний для аналітичних ваг СВ-1-0.8; 2 – стіл лабораторний СП-1П-КТ-1.5; 3 – пристрій для просочування полотен-носіїв; 4 – мийка лабораторна МЛ-2-1; 5 – шафа лабораторна ШЛ-1-0.8; 6 – стілець; 7 – стіл письмовий; 8 – шафа для одягу ШЛ-3-0.8; 9 – сейф металевий; 10 – стіл комп'ютерний; 11 – ліфт малий вантажний 250 кг; 12 – стелажі для сушіння хемосорбенту і індикатора; 13 – шафа витяжна сушильної шафи Memmert UFB-400; 14 – шафа витяжна ШВ-2-1.5; 15 – шафа лабораторна для реактивів ШР-2-0,8; 16 – стіл лабораторний острівний СО-1пт-ЛЗ-2.2; 17 – шафа лабораторна для зберігання балонів ШБ-1-0,3; 18 – стіл лабораторний до установки «Динамика-3»; 19 – шафа витяжна ШВ-2-1.5 до установки «Динамика-3»; 20 – шафа витяжна для випробування вогнем ЗІЗОД (ДСТУ EN 13274-4:2005, ч.4); 21 - стенд для визначення концентрації CO₂ в підмасковому просторі; 22 – стенд для визначення герметичності ЗІЗОД; 23 – стіл лабораторний СП-2-ЛТ-1.5 до стенду для визначення коефіцієнта проскакування по NaCl; 24 – стенд для

визначення коефіцієнта проскакування по NaCl; **25** – стенд для визначення коефіцієнта проскакування по масляному туману; **26** - стіл лабораторний СП-2-ЛТ-1.5 до стенду для визначення коефіцієнта проскакування по масляному туману.

Таблиця 3.12 – Потенційні шкідливі виробничі небезпечні фактори на кожній з ділянок виробництва

Номер та назва ділянки	Шкідливі виробничі фактори						Небезпечні фактори			
	Тривала напруга окремих м'язових груп	Підвищена температура	Підвищений вміст пилу	Підвищена вологість повітря	Наявність звукового тиску	Наявність вібрацій	Ймовірність отримання травм від рухомих частин обладнання	Ймовірність ураження електричним струмом	Ймовірність отруєння шкідливими газами і хімічними речовинами	Ймовірність виникнення пожеж
1 Ливарно-зачисна	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
2 Слюсарна	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
3 Розкроювальна, заготівельна	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-
4 Швейна, формувальна	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-
5 Вирубна	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-
6 Зварювальна	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-
7 Складально-пакувальна	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 Виготовлення хемосорбентів та індикаторів	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Для захисту від небезпечних шкідливих факторів необхідно застосовувати засоби захисту, що видаватимуться працівникам в залежності від виду виконуваних робіт.

В таблиці 3.13 наведено перелік небезпечних факторів виробництва та рекомендованих КЗЗОДС.

Згідно зі СНиП II-М.2-72 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования» швейні підприємства належать до

категорії В «Пожежна безпека». На випадок пожежі в будівлі проєктованого підприємства передбачені два виходи, ширина проходу між обладнанням складає 1,5 м, ширина дверей – 2 м, що відповідає питомій пропускній здатності – 50 чол./хв. Заплановано оснащення будівлі первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, пісок, пожежні магістралі, шанцевий інструмент) та системою пожежної сигналізації.

Таблиця 3.13 – Небезпечні фактори дослідного виробництва

Назва ділянки	Професія	Види засобів індивідуального захисту	Строк служби засобів захисту	Можливі небезпеки
Ливарно-зачисна	Оператор з виготовлення комплектуючих виробів	Фартух бавовняний з нагрудником, захисні окуляри, рукавиці, спеціальне взуття	12 міс.	Підвищена температура обладнання, дрібні частки полімерів при подрібненні
Розкроювально-заготівельна	Розкроювальник	Фартух бавовняний з нагрудником, захисні окуляри, спеціальне взуття	12 міс.	Пил
Слюсарна	Складальник	Фартух бавовняний з нагрудником, захисні окуляри, спеціальне взуття	12 міс.	Частки металу
Швейна, формувальна	Швачка, оператор з виготовлення формованих корпусів півмасок, свердлильник	Халат бавовняний, фартух бавовняний, головний убір	12 міс.	Пил
Складально-пакувальна	Складальник	Халат бавовняний, фартух бавовняний, головний убір	12 міс.	Пил
Виготовлення хемосорбентів та індикаторів	Лаборант	Халат бавовняний	12 міс.	Аеродисперсні частинки
		Гумові рукавички, ЗІЗОД	До зносу	
Лабораторія	Лаборант	Халат бавовняний	12 міс.	

Відповідальність з питань охорони праці та пожежної безпеки буде покладена на директора, що забезпечуватиме безпеку виробничих процесів, належний стан будівлі, обладнання, виділення коштів на охорону праці, контроль за виконанням структурними підрозділами заходів з охорони праці та дотриманням правил і норм техніки безпеки та трудової дисципліни, своєчасне виконання вказівок контролюючих органів, прийняття заходів щодо ліквідації недоліків, що маються та що виникли.

Інженер цеха контролюватиме дотримання на виробничих ділянках законодавства з охорони праці, наявність інструкції з безпечної роботи для кожної одиниці обладнання; проводитиме вступний інструктаж та перевірятиме своєчасність та якість інструктажу на робочому місці; контролюватиме своєчасність забезпечення КЗЗОДС, безпеку повітряного середовища; братиме участь в підготовці проєктів, наказів та розпоряджень директора у питаннях з охорони праці.

3.5 Результати визначення захисних і експлуатаційних характеристик фільтрувальних півмасок

3.5.1 Опис методів лабораторного дослідження ефективності комплексного засобу захисту органів дихання і слуху

В основу досліджень була покладена процедура випробувань, що включала визначення відповідно до ДСТУ EN 140 коефіцієнтів проникання та підсмоктування півмаски за тест-аерозолем – хлорид натрію на добровольцях-випробувачах.

Значення коефіцієнта проникання півмаски – K_{II} розраховували у відсотках за результатами замірів зовнішньої та підмаскової концентрації тест-аерозолю, як [12]

$$K_{II} = \frac{C_1}{C_0} 100, \% \quad (3.1)$$

де C_1 – концентрація тест-аерозолі у підмасковому просторі, $\text{мг}/\text{м}^3$; C_0 – зовнішня концентрація тест-аерозолі, тобто у випробувальній камері, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Коефіцієнт підсмоктування за смугою обтюрації визначали як різницю між коефіцієнтами проникання півмаски та фільтра [12]

$$K_{\text{ПД}} = K_{\text{П}} - K_{\text{ПФ}} \quad (3.2)$$

де $K_{\text{ПФ}}$ – коефіцієнт проникання тест-аерозолі через фільтр, %, який визначається аналогічно $K_{\text{П}}$ за формулою (1).

Дослідження захисної ефективності КЗОДІС проводили з використанням тест-аерозолі хлориду натрію. Схема установки наведена на рис. 3.17.

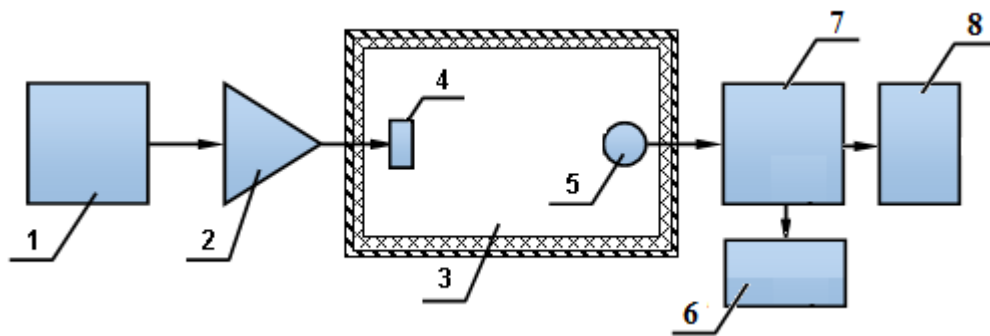


Рисунок 3.17 - Блок-схема установки для проведення випробувань з визначення захисної ефективності засобів індивідуального захисту: 1 – генератор аерозолі; 2 – змішувач; 3 – випробувальна камера; 4 – розпилювач аерозолі; 5 – манекен голови; 6 – аспіратор; 7 – спектрофотометр; 8 – комп'ютер

Сутність методу полягає у тому, що спеціально підготовлена суміш хлориду натрію у генераторі (1) (розпилювач Колісна для хлориду натрію) з концентрацією $8 - 10 \text{ мг}/\text{м}^3$ з визначною швидкістю ($100 \text{ л}/\text{хв}$), подавалась у випробувальну камеру (3) через змішувач (2) і розпилювач аерозолі (4), де забезпечується потрібна концентрація випробувальної суміші. Захисний виріб розміщується на манекені голови (5) у камері (3). За допомогою аспілятора (6) з підмаскового простору манекену зі швидкістю $95 \text{ л}/\text{хв}$. відбиралося повітря, яке направлялось до спектрофотометру Селмі С-115Е (7) для визначення

концентрації і коефіцієнту проникнення півмаски. В результаті роботи пристрою (8) зі спеціальним програмним забезпеченням обраховується коефіцієнт захисту і підсмоктування, як співвідношення концентрацій тест-аерозолю до і після КЗІЗ [13].

Стенд для визначення захисної ефективності респіраторів на людях відповідає вимогам ДСТУ EN 149:2003 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Півмаски фільтрувальні. Вимоги, випробування, маркування».

Добровольці під час дослідження виконували послідовно протягом 2 хв. різні дії (вправи), що імітували виробничу діяльність, а саме: звичайне дихання; глибоке дихання; повертання голови зі сторони в сторону; рухи голови вгору і вниз; розмова вголос; ходьба на біговій доріжці зі швидкістю 6 км/год. та наклони тулуба.

Концентрацію тест-аерозолю (хлорид натрію) у камері і підмасковому просторі півмасок визначали за допомогою спектрофотометру Селмі С-115Е. У випробувальній камері вона складала 8...10 мг/м³. Розподіл частинок знаходився у межах від 0,02 до 2 мкм при середньомасовому діаметрі близько 0,6 мкм.

Для виміру концентрації під маскою використовувався два пробовідбірника, одночасно розміщених у камері – один із підмаскового простору, а інший знаходився на рівні обличчя випробувача. Швидкість аспірації аерозолів і в першому, і в другому випадку складала 15 дм³/хв. У кожного випробувача проводили одразу три заміри під час кожної дії (вправи). Результат осереднювався, заносився у таблицю спеціалізованої програми AAS-2009, що додається до спектрофотометра, та виводився на монітор комп'ютера у вигляді графіків.

Спочатку визначався коефіцієнт проникання півмаски, одягненої на випробувачів без спеціальних заходів ущільнення її за смугою обтюрації. Потім визначався коефіцієнт проникання тест-аерозолю, але тільки крізь фільтр, при цьому для запобігання підсмоктування тест-аерозолю за смугою обтюрації півмаски місця стикання обличчя з обтюратором герметизувались

шляхом нанесення на шкіру обличчя медичного гелю – «Aqualaser». Після чого визначався коефіцієнт підсмоктування за формулою (3.2)

Акустичну ефективність шумопоглинальних елементів визначали за допомогою установки (рис. 3.18) методом аудіометрії на чистих тонах від 63 до 8000 Гц з кроком в одну октаву за усередненою різницею звукового тиску для незахищеного і захищеного ШЕ приймача звуку, вмонтованого на рівні слухового вушного каналу в манекен голови, що була розміщена у заглушеній камері. Таке рішення дозволило не тільки строго зафіксувати положення приймача звуку у всіх дослідах, але і, в деякому наближенні, змодельовати поширення звуку по периферійних каналах, вплив яких обумовлює відмінність фізичної та аудіометричної ефективності шумопоглинальних матеріалів на 10–15 дБ [10].

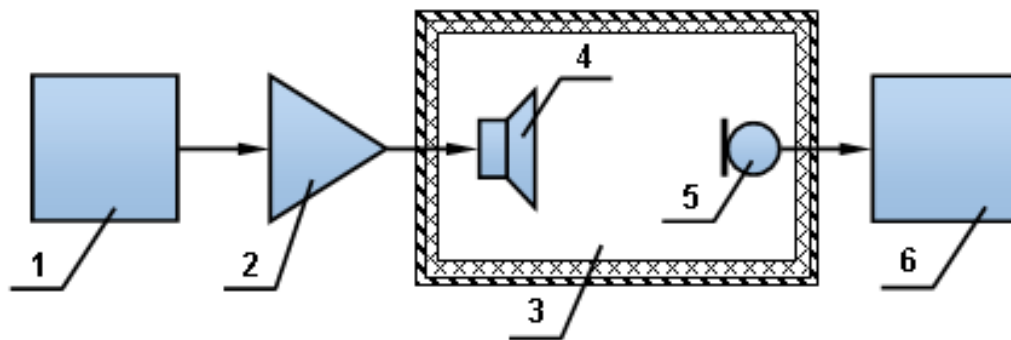


Рисунок 3.18 - Блок-схема установки для проведення випробувань акустичної ефективності ЗІЗОС: 1 – генератор сигналів; 2 – підсилювач потужності; 3 – заглушена камера; 4 і 5 – випромінювач і приймач звукових сигналів, відповідно; 6 – комп'ютер

Звукові фіксовані чисті тони постійної амплітуди відтворювали за допомогою програмного генератора сигналів 1, підсилювача потужності 2 і широкосмугового випромінювача 4 (рис. 3.19). Амплітуду, частоту і форму сигналів, що надходили від приймача звуку 5, вимірювали і обробляли за допомогою програмного пакета WaveTools (Free) [14, 15].

Динаміку зміни температури під балаклавою, спорядженою ТЕ, під впливом високої зовнішньої температури вивчали на установці, блок-схему якої наведено на рис.3.19.

Для забезпечення мінімальної теплопередачі манекен голови, на якому в лобній, тім'яній та потиличній зонах під ТЕ розташувалися відкалібровані цифрові термодатчики DS18S20 [16] було виготовлено з пінополіуретану; контрольний термодатчик, що фіксував температуру повітря в камері, знаходився на зовнішній стороні балаклави поза зоною розташування ТЕ. Результати вимірювань в режимі реального часу записувалися в цифровій формі до log-файлу і оброблялися за допомогою програми «MS Excel».

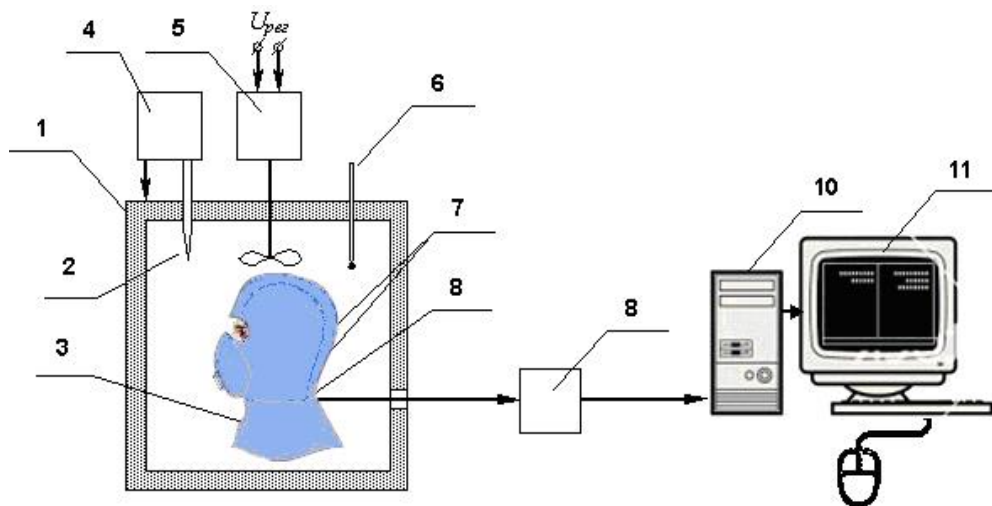


Рисунок 3.19 - Блок-схема установки для визначення динаміки зміни температури під балаклавою: 1 – камера SUP-4 с регульованим температурним режимом; 2 – регулювальна термопара; 3 – балаклава; 4 – регулятор температури Щ4538; 5 – вентилятор; 6 – контрольний термометр; 7 – цифрові термодатчики DS18S20 (показані умовно); 8– клемна коробка; 9 – конвертер сигналів термодатчиків DS9097; 10 – системний блок; 11 – дисплей

3.5.2 Результати лабораторних досліджень ефективності фільтрувальних півмасок

Результати визначення коефіцієнта проникання і опору фільтрувальних півмасок наведено в таблиці 3.14, тоді як результати визначення опору диханню фільтрувальних півмасок на видиху наведено в таблиці 3.15.

Таблиця 3.14 – Результати лабораторних випробувань дослідних зразків фільтрувальних півмасок від аерозолів та газів і аерозолів

Назва зразка	Умови проведення випробувань	Максимальний коефіцієнт проникання тест-аерозолю, %				Максимальний опір, мбар			
		Випробування з хлоридом натрію, 95 дм ³ /хв		Випробування з парафіною оливою, 95 дм ³ /хв		за 30 дм ³ /хв	за 95 дм ³ /хв		
		Без попередньої підготовки	Після попередньої підготовки	Без попередньої підготовки	Після попередньої підготовки	Без попередньої підготовки	Після попередньої підготовки	Без попередньої підготовки	Після попередньої підготовки
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<p>Корпус півмаски з клапаном видиху. Виготовлений з: полотна нетканого голкопробивного для респіраторів – 1 шар, матеріалу на основі поліпропіленових волокон Елефлен – 1 шар (проти-аерозольний фільтр – АФ), хемосорбенту волокнистого імпрегнованого «Екофіл-1»– 1 шар, матеріалу SMS Неотекс Мед – 1 шар (газопилозахисний фільтр – ГПФ); ГПФ з'єднаний з корпусом півмаски</p>	<p>P = 102,0кПа t = 18,5°C φ = 67%</p>	0,53	0,63	2,01	3,17	0,51	0,48	1,53	1,45

Продовження табл. 3.14

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<p>Корпус півмаски з клапаном видиху. Виготовлений з: полотна нетканого голкопробивного для респіраторів – 1 шар, матеріалу на основі поліпропіленових волокон Елефлен 5Л – 1 шар (протиаерозольний фільтр – АФ), хемосорбенту волокнистого імпрегнованого «Екофіл-2» – 1 шар, матеріалу SMS Неотекс Мед – 1 шар (газопилозахисний фільтр – ГПФ); ГПФ з'єднаний з корпусом півмаски</p>	<p>P = 102,3кПа t = 19,0°C φ = 60%</p>	1,25	0,86	2,19	3,42	0,55	0,55	1,49	1,38

* В таблиці надані середні значення результатів випробувань

Таблиця 3.15 – Результати визначення опору диханню на видиху**

Назва зразка	Умови проведення випробувань	Опір диханню на видиху за постійного потоку повітря 160 л/хв, мбар	
		Без попередньої підготовки	Після попередньої підготовки
1	2	3	4
Корпус півмаски з клапаном видиху. Виготовлений з: полотно нетканого голкопробивного для респіраторів – 1 шар, матеріалу на основі поліпропіленових волокон Елефлен – 1 шар (протиаерозольний фільтр – АФ), хемосорбенту волокнистого імпрегнованого «Екофіл-1» – 1 шар, матеріалу SMS Неотекс Мед – 1 шар (газопилозахисний фільтр – ГПФ); ГПФ з'єднаний з корпусом півмаски	$P = 102,0$ кПа $t = 18,5^{\circ}\text{C}$ $\varphi = 67\%$	0,12	0,15
Корпус півмаски з клапаном видиху. Виготовлений з: полотно нетканого голкопробивного для респіраторів – 1 шар, матеріалу на основі поліпропіленових волокон Елефлен-5Л – 1 шар (протиаерозольний фільтр – АФ), хемосорбенту волокнистого імпрегнованого «Екофіл-2» – 1 шар, матеріалу SMS Неотекс Мед – 1 шар (газопилозахисний фільтр – ГПФ); ГПФ з'єднаний з корпусом півмаски	$P = 102,3$ кПа $t = 19,0^{\circ}\text{C}$ $\varphi = 60\%$	0,12	0,16

** В таблиці надані середні значення результатів випробувань

Коефіцієнт підсосу повітря фільтрувальних півмасок відповідно до вимог п. 7.21 ДСТУ EN 1827:2017 (пункт випробувань 8.12) визначався при випробуванні десяти одиниць, п'ять з яких після виготовлення та п'ять після температурного впливу.

У випробуванні прийняли участь десять випробувачів з відповідними розмірами обличчя (рисунок 3.20, таблиця 3.16).



Рисунок 3.20 – Визначення розмірів обличчя випробувачів

Таблиця 3.16 – Розміри обличчя випробувачів

Номер зразка на випробувачі	Розміри обличчя (мм)			Ширина рота, мм
	Висота	Ширина	Глибина	
1	105	138	120	53
2	110	140	110	55
3	108	140	109	50
4	104	136	108	51
5	110	133	107	52
6	109	138	110	51
7	114	134	112	53
8	102	139	117	50
9	107	135	114	52
10	106	140	115	54

Результати визначення коефіцієнта підсосу тест-аерозолію хлориду натрію (%) у підмасковий простір зразків фільтрувальних півмасок для захисту від кислих газів за наступних умов: температура, °С – плюс 18,5; атмосферний тиск, кПа – 102,5; відносна вологість, % – 68; контрольна речовина – тест-аерозоль хлориду натрію, % – 2 зразків фільтрувальних півмасок для захисту від кислих газів надані в таблиці 3.17.

З таблиці 3.17 видно, що середньоарифметичне значення коефіцієнта підсосу зразків фільтрувальних півмасок для захисту від кислих газів не перевищує 2%.

Результати визначення вмісту діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі зразків фільтрувальних півмасок для захисту від кислих газів за наступних умов: температура, °С – плюс 18,5; атмосферний тиск, кПа – 102,0; відносна вологість повітря, % – 67 надані в таблиці 3.18.

Таблиця 3.17–Коефіцієнт підсосу зразків фільтрувальних півмасок для захисту від кислих газів

Номер зразка на випробувачі	Вид впливу	Назва вправи випробувачів при носінні півмаски					Середньоарифметичне значення коефіцієнта підсосу
		Ходіння без поворотів голови та без розмови	Повороти голови зі сторони в сторону (15 разів)	Рухи голови в верх та вниз (15 разів)	Читання тексту вголос	Ходіння без виконання вправ	
73	п.п.	1,54	1,65	1,45	1,72	1,54	1,58
74	п.п.	1,48	1,58	1,50	1,70	1,48	1,55
75	п.п.	1,60	1,55	1,60	1,75	1,50	1,60
76	п.п.	1,45	1,63	1,41	1,63	1,60	1,54
77	п.п.	<u>1,52</u>	<u>1,60</u>	<u>1,43</u>	<u>1,70</u>	<u>1,42</u>	1,53
		Сер.=1,51	Сер.=1,60	Сер.=1,48	Сер.=1,70	Сер.=1,50	
78	т.в.	1,80	1,85	1,90	2,00	1,80	1,87
79	т.в.	1,60	1,90	1,75	1,90	1,90	1,81
80	т.в.	1,72	1,78	1,80	1,87	1,63	1,76
81	т.в.	1,81	1,90	1,75	1,70	1,70	1,77
82	т.в.	<u>1,75</u>	<u>1,65</u>	<u>1,70</u>	<u>1,90</u>	<u>1,85</u>	1,77
		Сер.=1,74	Сер.=1,81	Сер.=1,78	Сер.=1,87	Сер.=1,78	

Таблиця 3.18 – Результати визначення вмісту діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі зразків фільтрувальних півмасок для захисту від кислих газів

Номер зразка	Тип впливу	Вміст діоксиду вуглецю в повітрі підмаскового простору, що вдихається, %
1	п.в.	0,75
2	п.в.	0,65
3	п.в.	<u>0,85</u>
		Сер. = 0,75

Стійкість до займання зразків, що випробуються, визначалася відповідно до вимог п. 7.11 ДСТУ EN 149:2017 (пункт випробувань 8.6), для випробування були використані чотири одиниці виробу, дві з котрих після виготовлення, а два

піддавалися попередньому температурному впливу. Випробування проводилися з використанням установки «Сопка–2М».

Ушкодження зразків фільтрувальних півмасок для захисту від кислих газів при дії полум'я на відстані (20 ± 2) мм над вершиною полум'я з температурою $(800\pm 50)^\circ\text{C}$ не виявлено.

Маса зразків визначалася відповідно до вимог п. 7.14 ДСТУ EN 1827:2017 пункт випробувань 8.3) і складає, г – 31,7.

3.5.3 Результати порівняльних випробувань комплексного засобу захисту органів дихання і слуху та одноразових півмасок

Для проведення порівняльних досліджень використовували легкі півмаски типу «Сніжок» (рис. 3.21).



а



б

Рисунок 3.21 - Зразки засобів індивідуального захисту органів дихання, які використовувались у порівняльних дослідженнях

Під час експериментальних досліджень на стенді отримані типові графіки, що характеризують змінність визначених коефіцієнтів підсмоктування випробуваних 3-х зразків півмасок при виконанні різних дій (вправ), що наведені на рис. 3.18 (побудовані на комп'ютері з використанням програми AAS-2009).

Результати перевірки захисної ефективності запропонованого комплексного засобу захисту наведені на рис. 3.22

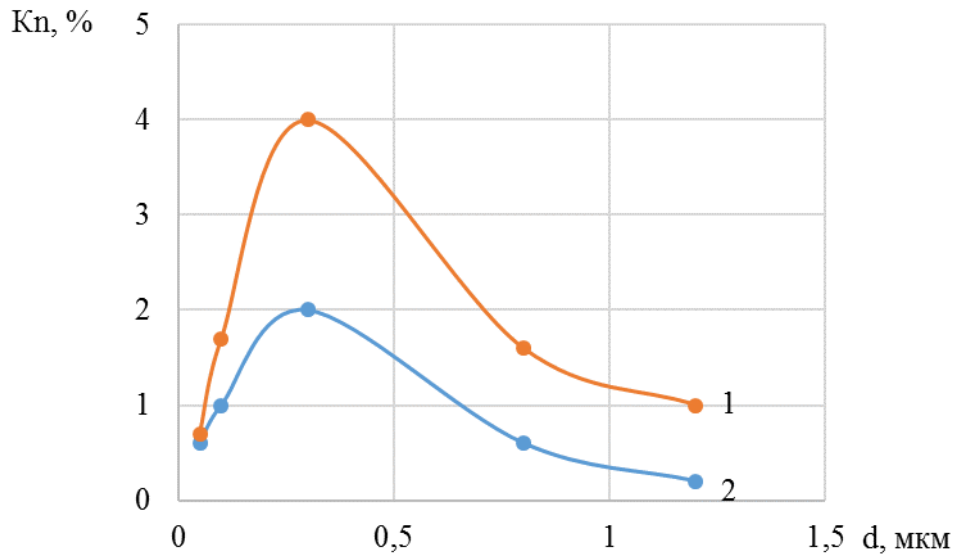


Рисунок 3.22 - Захисна ефективність від пилу: 1 – звичайної півмаски Сніжок; 2 – комплексного засобу захисту у вигляді балаклави, суміщеної з респіратором.

Отримані графіки указують на поступове з часом збільшення кількості аерозольних частинок, що проникають у підмасковий простір. Цей факт можна пояснити наявністю під маскою зони, де є застій повітря та накопичуються певна частина аерозолі, що не був видалений через клапан під час фази видиху [17].

Встановлено, чим більше ця зона, тим швидше зростає підмаскова концентрація аерозолі, особливо при глибокому диханні та нахилах тулуба, коли збільшується час фази вдихання та з'являються додаткові щілини за смугою обтюрації. В цьому випадку об'єму видиху недостатньо для забезпечення видалення всього аерозолі, оскільки відомо, що об'єм видиху дещо менший за об'єм вдиху [18, 19].

Різниця у значеннях коефіцієнтів підсмоктування однієї півмаски, на наш погляд, зумовлена нерівномірністю розподілу притискних зусиль, чому сприяє зростання відстані між центрами прикладення нормальної і дотичної складових притискної сили F , створюваної наголів'ям півмаски. Доказом слугує те, що у першому перевіреному зразку для наголів'я використовувався вдвічі більша

пластикова смужка, ніж у другому, тоді як у третьому вона взагалі відсутня. Збільшення ж розміру пластикової смужки викликає значний момент МР відносно горизонтальної площині півмаски, що свідчить про різницю між механічним тиском в області перенісся та підборіддя [20]. Саме нерівномірність розподілу притискних зусиль і призводить до появи нещільностей за смугою обтюрації. Найбільш вірогідне місце підсмоктувань у цієї півмаски є ротоносова зона, де тиск складає менше 2 кПа, тоді як для запобігання проникання аерозолі за смугою обтюрації потрібно забезпечити не менше 2,5 кПа. Покращити ізолювальні властивості можна збільшенням силу натягу наголів'я, але це призведе до появи дискомфортного відчуття, оскільки на підборідді вже зафіксований максимальний тиск, що не викликає утворення наминів на обличчі [21].

Додатковою важливою умовою забезпечення рівномірного тиску за смугою обтюрації є місце розташування кріплення наголів'я на півмасці. Експериментальні дані показують, що кращий результат має протипиловий респіратор, вмонтований у маску-балаклаву, яка забезпечує надійну фіксацію півмаски за всією смугою обтюрації.

3.5.4 Результати досліджень амплітудночастотних характеристик «чистого» мікрофону балаклави

Відповідно до розробленої методики були визначені амплітудночастотні характеристики «чистого» мікрофону, балаклави і КЗЗОДС. Результати визначення в діапазоні частот 63÷8000 Гц надані на рисунку 3.23, з якого видно, що власне балаклава не має шумопоглинаючих властивостей.

Графіки залежності акустичної ефективності дослідних зразків КЗЗОДС, що отримані як різниця між усередненими значеннями рівня звукового тиску для незахищеного і захищеного мікрофону, які свідчать, що при використанні КЗЗОДС ослаблення шуму в діапазоні частот 2000–8000 Гц, який вважається найбільш небезпечним для органа слуху, становить від ~3 до 14 дБ.

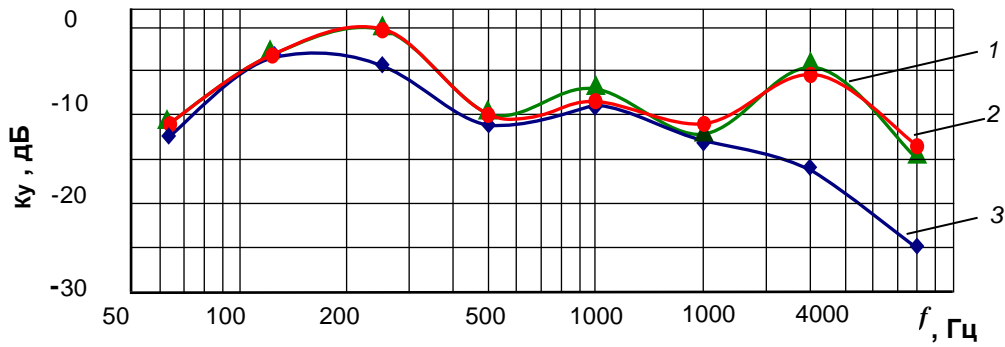


Рисунок 3.23 – Амплітудно-частотні характеристики: 1 – «чистий» мікрофон; 2 – балаклава; 3 – КЗЗОДС

Графіки залежності акустичної ефективності КЗЗОДС свідчать, що при використанні КЗЗОДС ослаблення шуму в діапазоні частот 2000–8000 Гц, який вважається найбільш небезпечним для органу слуху досягає 14 дБ.

Аналіз одержаних результатів також показав, що комплексний засіб захисту здатний мінімізувати різницю між коефіцієнтами захисту отриманими під час лабораторних і натурних випробувань. Цьому сприяє відсутність підсмоктувань нефільтрованого повітря за смугою обтюрації респіратору та зменшення впливу як оклюзійного ефекту так і ефекту Ломбарда, що покращує акустичний захист [22].

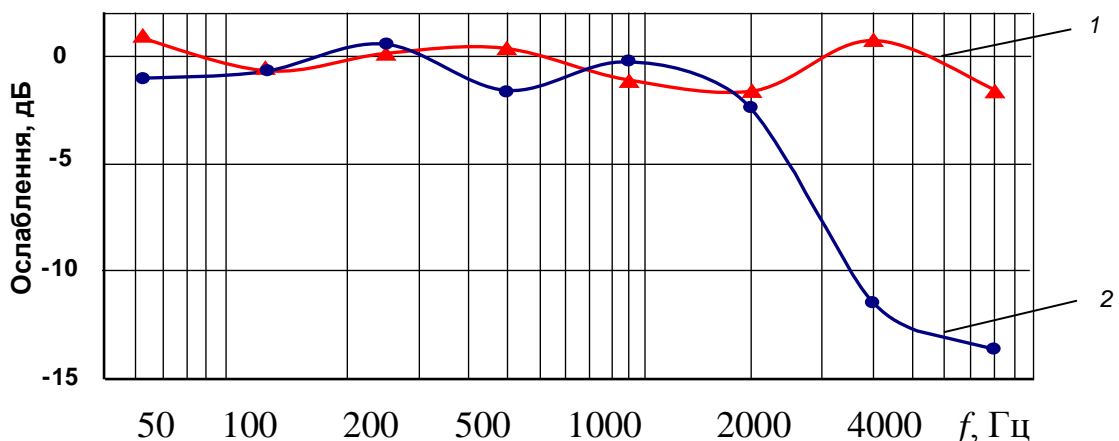


Рисунок 3.24 – Акустична ефективність: 1 – балаклави; 2 – КЗЗОДС

Проведені дослідження показали, що комплексний захисний засіб органів слуху і дихання є досить ефективним для захисту працівників від шуму і пилу. Запропонована для цього балаклава з вмонтованим протипиловим респіратором

забезпечує зниження шуму на 14 дБ у діапазоні частот 2000–8000 Гц, а коефіцієнт його протипилового захисту складає до 50 ПДК за найбільш небезпечними аерозолями [23].

3.6 Рекомендації з організаційно-технічних заходів щодо експлуатації комплексних засобів індивідуального захисту в умовах КХВ

У комплексі заходів щодо забезпечення безпеки праці та профілактики захворювань на підприємствах зі шкідливими умовами праці важливе місце займає застосування працюючими надійних КЗЗОДС, ефективність використання яких значною мірою залежить від правильного їх вибору, застосування із врахуванням особливостей і характеру робіт, що виконуються.

На суб'єктивне сприйняття і ставлення працівників до КЗЗОДС значною мірою впливає впроваджена на підприємстві культура використання ЗІЗ, зокрема і КЗЗОДС.

На підприємствах необхідний постійний контроль експлуатації КЗЗОДС з боку служб з охорони праці та технічних інспекторів профспілок. Особливо ретельно має контролюватися правильне використання ЗІЗОД багаторазового застосування, як найбільш вартісних, ефективна і економна експлуатація яких можлива лише за наявності їх централізованого зберігання, обліку, видачі робітникам і прийому від них; переспорядження та поточного ремонту.

Виконання зазначеного обсягу робіт можливо при створенні на підприємстві респіраторної служби, саме до завдань якої входить організація контролю за станом і експлуатацією КЗЗОДС, раціональним використанням замінних фільтрувальних і газопоглинальних елементів; централізована заміна поламаних або загублених елементів багаторазового використання, наприклад, клапанів вдиху і видиху; своєчасна санітарно-гігієнічна обробка респіраторів [24].

Додатковими обов'язками респіраторної служби повинні стати навчання і контроль правильного застосування робочими конкретного типу респіратора,

проведення експлуатаційних випробувань новітніх КЗЗОДС з метою вибору максимально ефективних на даній ділянці виробництва.

Основні рекомендації щодо організації респіраторної служби на КХВ полягають в наступному [25]:

- респіраторна служба відповідає за зберігання, контроль якості збірки, видачу, облік часу напрацювання, міжзмінної обробки ЗІЗОД, що видаються робітникам в цехах, і є структурною одиницею в Дирекції з охорони праці та промислової безпеки;

- робочі приміщення (цехові «респіраторні») повинні розташовуватися біля побутових приміщень (або примикати до них) відповідних цехів; підлога і стіни «респіраторної» повинні мати вологостійке покриття для забезпечення можливості щодобового вологого прибирання;

- у проєктах прив'язки комплексу обладнання «респіраторної» обов'язково має передбачатися наявність припливно-витяжної вентиляції, штучного освітлення, що забезпечує нормальні умови роботи в період недостатнього природного освітлення;

- водопровід повинен бути забезпечений відводами для підключення шлангів для миття обладнання та прибирання приміщення. Підлога в «респіраторній» повинна мати ухил, що забезпечуватиме стік води до загальної системи каналізації;

- графік роботи «респіраторної» повинен оптимально відповідати графіку роботи цехів, а чисельність обслуговуючого персоналу визначається залежно від кількості ЗІЗОД, що стоїть на обслуговуванні;

- респіраторна служба повинна бути забезпечена набором обладнання, інструментів та матеріалів для обслуговування, ремонту та перевірки КЗЗОДС.

- приклад розміщення обладнання надано на рисунку 3.24;

- поза «респіраторної» (біля входу побутового приміщення або в іншому місці, що перебуває на шляху проходження від роздягальні до робочого місця) повинні розташовуватися накопичувальний бункер для приймання використаних респіраторів і стелажі з індивідуальними комірками для

зберігання підготовлених до експлуатації КЗЗОДС. Підхід до бункера і комірок повинен бути вільним і забезпечувати рух робітників без перешкод;

- накопичувальний бункер являє собою ящик зі зразковими габаритами 1000x500x800 мм з отвором для введення використаних респіраторів і дверцятами для їх вилучення;

- чарунки на стелажах нумеруються відповідно до номерів виданих КЗЗОДС, кожній з них присвоюється індивідуальний код.

Для забезпечення осушки КЗЗОДС до бункера (знизу) і стелажів з чарунками (з тильної сторони) необхідно підвести джерело тепла (наприклад, батарея парового або водяного опалення): нижній ряд чарунок стелажів повинен знаходитися на висоті не менш 700 мм, а накопичувального бункера – не менш 300 мм від рівня підлоги.

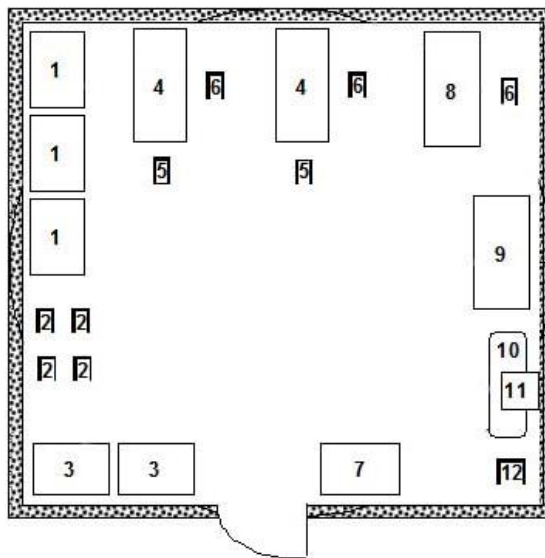


Рисунок 3.24 – Схема розміщення обладнання в умовній «респіраторній»: 1 – шафа для зберігання запасних фільтрів, 2 – ящики для транспортування та зберігання переоснащених КЗЗОДС, 3 – шафа для одягу, 4 – стіл монтажний для збирання-розбирання КЗЗОДС, 5 – урна для відпрацьованих фільтрів, 6 – стілець, 7 – сушильна шафа; 8 – стіл канцелярський, 9 – стіл хімічний для приготування дезінфікуючих розчинів, 10 – ванна для миття фільтрів КЗЗОДС, 11 – бак для дезінфікуючого розчину, 12 – рукомийник

Близько бункера і стелажів встановлюється дошка оголошень, на якій вивішуються інструкції з експлуатації КЗЗОДС, графіки роботи

«респіраторної» і здачі респіраторів для заміни фільтрувальних елементів, телефонні номери відділу охорони праці та респіраторної служби, поточні оголошення.

Додаткові та аварійні КЗЗОДС в достатній кількості та готовності до негайного застосування повинні зберігатися в чергових та аварійних шафах на виробничих ділянках поза зоною можливого поширення аварійних викидів із зазначенням наявних засобів захисту.

У роботі «респіраторної» встановлюється порядок, при якому виключається «знеособлення» КЗЗОДС: за кожним робочим закріплюється респіратор з певним номером, виділяється відповідна чарунка на стелажі та повідомляється код замка.

Заповнення ЗІЗОД проводиться по мірі їх використання.

Використані респіратори з накопичувального бункера транспортуються співробітниками респіраторної служби в спеціальних пофарбованих у світлий колір ящиках (приблизні габарити: 600 x 400 x 560 мм) до столу збирання-розбирання, де розбираються. Відпрацьовані фільтрувальні півмаски скидаються в спеціальну урну, розташовану біля столу, а переспорядженні та підготовлені до роботи ЗІЗОД поміщаються до спеціального ящика.

Використані, але ті, що не потребують заміни фільтрувальних елементів ЗІЗОД залишаються робітниками в особистих чарунках.

Мийка, дезінфекція і розпірок з вузлом клапана видиху (з подальшим ополіскуванням водою і протиранням) здійснюється з періодичністю, яка визначається експериментально виходячи з конкретних умов експлуатації. В якості дезінфікуючих розчинів можна використовувати: 1–2%-вий водний розчин формаліну; мильно-содовий водний розчин з розрахунку 25 г мила і 5 г соди на 1 л води; 5%-вий водний розчин борної кислоти; 0,5%-вий розчин хлораміну Б (в холодній воді). Конкретний вибір дезінфікуючого розчину слід узгодити з промислово-санітарною службою підприємства [26, 27].

Обслуговуючий персонал респіраторної служби зобов'язаний:

- мати чіткі уявлення про призначення конкретного типу ЗІЗОД, його конструкцію і функцію кожної комплектуючої деталі; досконально знати інструкцію з експлуатації КЗЗОДС;
- вміти переспоряджати усі типи багаторазових КЗЗОДС, що використовуються в цеху; при їх складанні необхідно ретельно стежити за станом і перевіряти правильність посадки пелюстки клапана видиху. Витягати її з гнізда можна тільки в крайньому випадку – при пошкодженні або неможливості промивання;
- ретельно стежити за справністю комплектуючих КЗЗОДС, зокрема головного гарнітура, вчасно усувати несправності або замінювати пошкоджені деталі;
- вести журнал обліку респіраторів із зазначенням у ньому прізвища робітника, спеціальності, робочого підрозділу, номера індивідуальної комірки та її цифрового коду;
- вживати заходів до виконання обґрунтованих претензій робітників, вести журнал обліку вимог і пропозицій;
- проводити роз'яснювальну роботу серед робітників про необхідність використання КЗЗОДС і раціональне витрачання фільтрів.
- підтримувати чистоту і порядок в «респіраторній», не допускати в ній перебування сторонніх осіб;
- інформувати дирекцію і відділ охорони праці про наявність КЗЗОДС, їх стан і необхідність поповнення.

Обслуговуючий персонал «респіраторної» повинен пройти індивідуальний інструктаж щодо методів санітарно-гігієнічної обробки КЗЗОДС і правил експлуатації застосовуваного в ній комплексу устаткування. Про проведення інструктажу робиться відповідний запис у спеціальній книзі, де розписується інструктований працівник і особа, що проводила інструктаж.

Все обладнання «респіраторної» повинне бути надійно заземлено, а в розводці електричної мережі необхідно передбачити наявність індивідуальних і загальних вимикачів.

З мильно-лужними та іншими дезінфікуючими розчинами співробітники «респіраторної» повинні працювати в гумових рукавичках і захисних окулярах.

У приміщенні обов'язково встановлюються засоби пожежогасіння у відповідності з існуючими нормами.

Працівники респіраторної служби на протязі дня виконують наступні роботи, в тому числі:

щодня:

- обробка респіраторів (переспорядження, мийка);
- збирання відпрацьованих і розкладка по осередках підготовлених до роботи респіраторів;
- прибирання приміщення.

періодично:

- ремонт респіраторів;
- приготування дезінфікуючих розчинів;
- отримання зі складу запасних КЗЗОДС, фільтруючих елементів, комплектуючих деталей, хімічних реактивів для приготування дезінфікуючих розчинів.

Основний робочий час, який витрачається на обробку кожного типу КЗЗОДС (розбирання – складання респіратора, заміна фільтрів, мийка, дезінфекція гумових напівмасок, клапанних вузлів і т.д.) визначається експериментально.

Норми на закладку 100 одиниць ЗІЗОД до чарунок на стелажах, прибирання приміщення «респіраторної» та збір використаних КЗЗОДС, приготування дезінфікуючих розчинів складають 15, 60 і 30 хв відповідно (вказаний час є орієнтовним і визначається експериментально для кожної «респіраторної»).

Створення подібної респіраторної служби безумовно сприятиме оптимізації кількості ЗІЗОД, що витрачаються на підприємстві, а, отже, економії коштів на їх придбання; продовженню терміну служби ЗІЗОД багаторазового використання та підтримання їх у належному стані; регулярному контролю правильності використання КЗЗОДС робітниками на конкретних робочих місцях.

Однак в умовах економічної кризи, що супроводжується повсюдним скороченням, в першу чергу, обслуговуючого персоналу, створення подібної служби малоімовірно.

Оцінюючи наявний на підприємствах досвід і враховуючи сьогоденні реалії, надаємо альтернативну точку зору на питання раціонального застосування КЗЗОДС багаторазового використання. У нових суспільно-політичних і соціально-економічних умовах, коли на перший план виходить особиста відповідальність робітника за спосіб свого життя, організація респіраторної служби на шкідливих виробництвах на кшталт коксохімічних та металургійних перестав бути обов'язковою умовою раціонального застосування КЗЗОДС. Оптимальним нам представляється закріплення КЗЗОДС (або комплекту ЗІЗОД) за працівником, а місцем зберігання – особиста шафа спецодягу. Догляд та переспорядження змінними ПАФ і ПГЕ відповідно до інструкції з експлуатації здійснюється самим працівником [28].

Контроль над правильністю використання КЗЗОДС на робочих місцях та своєчасністю їх заміни по мірі «спрацьовування» або забруднення фільтрів має бути покладений на відділи охорони праці та цехові адміністрації.

3.7 Висновки за розділом 3

1. Розроблено комплексний засіб захисту органів дихання і слуху, у якому гармонійно поєднані балаклава (1), яка споряджається відповідними функціональному призначенню фільтрувальними півмасками (4), шумопоглинаючими елементами (2) та термоакумуючими елементами (3) (рис.1). З'єднання вищеперерахованих складових виконано за допомогою

хвостовика клапанного вузла, вмонтованого у суміщені монтажні отвори балаклави і півмаски, і зафіксованого за допомогою гайки.

2. Проаналізована акустична ефективність шумопоглинальних матеріалів, що дозволило підібрати відповідну композицію для виготовлення КЗЗОДС, яка має розкид значень акустичної ефективності в діапазоні частот $63 \div 8000$ Гц від 10 до 40 дБ для всіх зразків.

3. Запропоновано технологію з виготовлення імпрегнованого волокнистого хемосорбенту кислих газів з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності (надалі – «Екофіл-1(і)»), який складається з двох шарів: першого – хемосорбційного і другого – індикаторного, котрі виготовляються імпрегнуванням полотен-носіїв розчинами реагентів заданої концентрації.

4. Розроблено і виготовлено комплект експериментального обладнання для термічного формування корпусу півмаски, який включає: експериментальну установку термічного формування корпусу півмаски, експериментальну установку для зварювання кромки корпусу півмаски, устаткування для свердлення отворів в корпусі півмаски.

5. Розроблена спеціальна балаклава з вмонтованим протипиловим респіратором та протишумами, яка може використовуватись при відповідному класі фільтрів до 12 ПДК за найбільш небезпечними аерозолями, в умовах перевищення шуму до 14 дБ у діапазоні частот $2000\text{--}8000$ Гц та забезпечує повільне зростання температури до 2°C за хвилину.

6. Результати лабораторних випробувань показали, що КЗЗОДС є досить ефективним і забезпечує середнє значення коефіцієнта підсмоктування 1,5 %, що майже на 30 % менше від показників звичайних фільтрувальних респіраторів подібного класу захисту; ослаблення шуму в діапазоні частот $4000\text{--}8000$ Гц становить від 19 до 26,7 дБ; в області речових частот ($0,5 \div 2,0$ кГц) акустична ефективність сягає $8 \div 16$ дБ, завдяки чому зберігається можливість спілкування та своєчасного реагування на попереджувальні сигнали; використання КЗІЗ з теплозахисними елементами дозволяє зменшити

температуру нагріву голови на 80 % у порівнянні з результатом, отриманим без використання захисного прилаштування.

7. Для виготовлення хемсорбенту «Екофіл-2(і)», у 255,0 г води розчиняють в скляній ємності при температурі 18–30°C 9,0 г лимонної кислоти. При перемішуванні додають 6,0 г гліцерину. В окремій ємності при перемішуванні розчиняють 0,06 г індикатора бромфеноловий синій в 30,0 г спирту етилового (96%). Додають спиртовий розчин індикатора до водного розчину лимонної кислоти і перемішують протягом 5 хв, після чого фільтрують. Термін зберігання готового розчину складає 1 тиждень.

Основні результати дослідження опубліковані у [7 - 10], [23 - 28]

3.8 Список використаних джерел за розділом 3

1. Неопрен // Вікіпедія URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Неопрен> (дата звернення: 28.07.2015).

2. Звукоізоляційні і звукопоглинальні матеріали // kasner.kiev.ua. URL: <http://kasner.kiev.ua/zvukoizoljacijni-i-zvukopoglinalni-materiali/> (дата звернення: 28.07.2015).

3. The Control of Noise at Work Regulations 2005. – Statutory instruments, No.1643. – 16 pp. (URL:[http:// www.legislation.gov.uk /uksi/2005/1643/pdfs/uksi_20051643_en.pdf](http://www.legislation.gov.uk/uksi/2005/1643/pdfs/uksi_20051643_en.pdf))

4. Franks J.R., Berger E.H. Hearing Protection // Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. 4 th. ed. - V.1. - Geneva: International Labour Office, 1998. - С. 31.11-31.16.

5. Hempstock TI, Edwards NJ, Needham K. An evaluation of procedures for determining the attenuation of hearing protectors. *App Acoust.* 1992;36(1):51–74.

6. Murphy W, Franks JR, Shaw PB. Estimating the precision error in hearing protector ratings [abstract]. *J Acoust Soc Am.* 2001; 115(5):2378.

7. Патент на корисну модель № 91428 Україна, МПК (2013) В 01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Еннан А.А.,

Захаренко Ю.С., Грідяєв В.В. – №u201312974; заявл. 08.11.13, опубл. 10.07.14, Бюл. №13.

8. Патент України на винахід. UA 112436, МПК В01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Еннан А.А., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.Н., Грідяєв В.В. - № a201312988. Заявл. 08.11.2013. Опубл. 12.09.2016, Бюл. № 17.

9. Патент України на корисну модель UA 129785, МПК В01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Еннан А.А., Хома Р.Є., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М., Грідяєв В.В. № u201805458; заявл. 16.05.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21.

10. Волокнистый хемосорбент оксида серы (IV) на основе комплексных соединений сульфата меди (II) с полиэтиленполиамином. / Эннан А.А.-А., Хома Р.Е., Длубовский Р.М., Гридяев В.В., Михайлова Т.В.//Вісник ОНУ. Хімія. 2018. Т. 23, № 2. С. 95-105.

11. Carpenter, D.R. and Willeke, K. (1988) «Noninvasive, Quantitative Respirator Fit Testing through Dynamic Pressure Measurement. American Industrial Hygiene Association Journal» 49(10), pp. 485-491

12. Чеберячко С.И. К вопросу о повышении защитной эффективности противопылевых респираторов на производстве. / С.И. Чеберячко, Е.А. Яворская, Ю.И. Чеберячко // Наука и мир. – 2013. – № 4(4). – С. 97-100.

13. Witt B., CoonsPh. AirFlowControl™Technology // SoundSource™. - 2005. - Volume 1/Issue 7a May. - С. 1-2.

14. Holton, P.M. Tackett, D.L. and Willeke, K. (1987) «Particle Size-Dependent Leakage and Losses of Aerosols in Respirators. American Industrial Hygiene Association Journal» 48(10), pp. 848-854.

15. NIOSH. Preventing occupational hearing loss — a practical guide — Ed. by J.R. Franks, M.R. Stephenson, and C.J. Merry. – DHHS (NIOSH), Publication No. 96-110. – 106 pp. (<http://www.cdc.gov/niosh/docs/96-110/>).

16. Zhuang Z., Coffey C.C., Jensen P.A., Campbell D.L., Lawrence R.B., Myers W.R, (2004) Correlation Between Quantitative Fit Factors and Workplace

Protection Factors Measured in Actual Workplace Environments at a Steel Foundry
American Industrial Hygiene Association Journal, Vol.64, №6, P.730–739

17. HSE. Real world use and performance of hearing protection. Research report RR720. – Crown, 2009. – 74 pp. (<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr720.pdf>)

18. Coffey C.C., Lawrence R.B., Zhuang Z, Campbell D.L., Jensen P.A. and W.R. Myers (2002) Comparison of five methods for fit-testing N95 filtering-facepiece respirators. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, Vol.17, P. 723–730.

19. Franks J.R., Berger E.H. Hearing Protection // *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 4 th. ed. - V.1. - Geneva: International Labour Office, 1998. - C. 31.11-31.16

20. May J. J. Occupational hearing loss Amer / May J. J. // *J. Industr. Med.* – 2000. – V. 37, № 1. – P. 112–120.

21. Murphy W, Franks JR, Shaw PB. Estimating the precision error in hearing protector ratings [abstract]. *J Acoust Soc Am*. 2001; 115(5):2378

22. Hempstock TI, Edwards NJ, Needham K. An evaluation of procedures for determining the attenuation of hearing protectors. *App Acoust*. 1992;36(1):51–74.

23. Studying the efficiency of a complex individual protective device / S. Cheberiyachko, O. Yavorska, V. Hridiaiev, A. Yavorskyi // *Ukrainian School of Mining Engineering* – 2019. - №123. – P. 1028.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301028>

24. Еннан А.А.-А., Хома Р.Є., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М., Грідяєв В.В. Імпрегновані волокнисті хемосорбенти респіраторного призначення. XX Українська конференція з неорганічної хімії. – 17-20 вересня 2018 р., Дніпро. С. 212.

25. Еннан А.А.-А., Хома Р.Є., Грідяєв В.В. Імпрегновані волокнисті хемосорбенти оксиду сірки (IV) і/або аміаку респіраторного призначення. V Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика» (13-15 вересня 2018, м. Херсон). – С. 65-69.

26. Абрамова Н.М., Чеберячко С.І., Хома Р.Є., Грідяєв В.В. Вимоги щодо вибору протипилових респіраторів. V Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика» (13-15 вересня 2018, м. Херсон). – С. 53-57.

27. Еннан А., Длубовський Р., Хома Р., Захаренко Ю., Абрамова Н., Грідяєв В. Імпрегновані волокнисті хемосорбенти-амфоліти з індикацією “спрацьовування” динамічної поглинальної ємності. Тези допов. XVI наук. конф. “Львівські хімічні читання.” Львів. 2–5 червня 2019. 3.124.

28 Декл. пат. на винахід 69198 А Україна, МПК А62В 7/00, А62В 7/10. Респіратор. / Еннан А.А. А., Грідяєв В.В., Шевченко Т.М., Абрамова Н.М.– № 20031211533; заявл. 12.12.03; опубл. 16.08.04, Бюл. № 8.

РОЗДІЛ 4

ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

4.1 Оцінка ризику професійних захворювань

Всякий техногенний об'єкт представляє певну небезпеку для людини [1]. Питання полягає в рівні небезпеки. У випадку, якщо суспільство незгодне миритися з небезпекою, яка породжується техногенним об'єктом, виникає необхідність вибору дій, направлених на зниження рівня небезпеки, що може бути досягнуте різними шляхами. Ці способи істотно розрізняються, в першу чергу за соціальною і економічною ефективністю. В зв'язку з цим, загальна проблема забезпечення техногенної безпеки обумовлює необхідність аналізу існуючого рівня небезпеки, що породжується техногенним об'єктом, а при можливості виконати аналіз варіантів зниження рівня небезпеки і вибір варіантів, що відповідають вимогам суспільства.

Для оцінки умов і безпеки праці на робочому місці, ефективності впровадження заходів, спрямованих на попередження аварій, нещасних випадків та професійних захворювань, доцільності проведення робіт з підвищення безпеки обладнання, впровадження нових безпечних технологічних процесів нині надзвичайно широко використовується поняття ризику.

Необхідною умовою при аналізі безпеки і виборі можливих шляхів її зниження є кількісний вираз рівня потенційної небезпеки. Загальноприйнятою кількісною оцінкою рівня потенційної небезпеки техногенного об'єкту є величина ризику.

Різноманітності проявів безпеки відповідає різноманітність оцінок ризику, що знайшло віддзеркалення в їх класифікації. Фахівцями в області аналізу техногенних ризиків, залежно від мети, використовується велика різноманітність ознак, за якими здійснюється їх класифікація [2-8]. Зі всієї різноманітності ознак нами були виділені найбільш істотні і такі, що часто

зустрічаються, і з урахуванням цього запропонована класифікація ризику, яка приведена на рис. 4.1

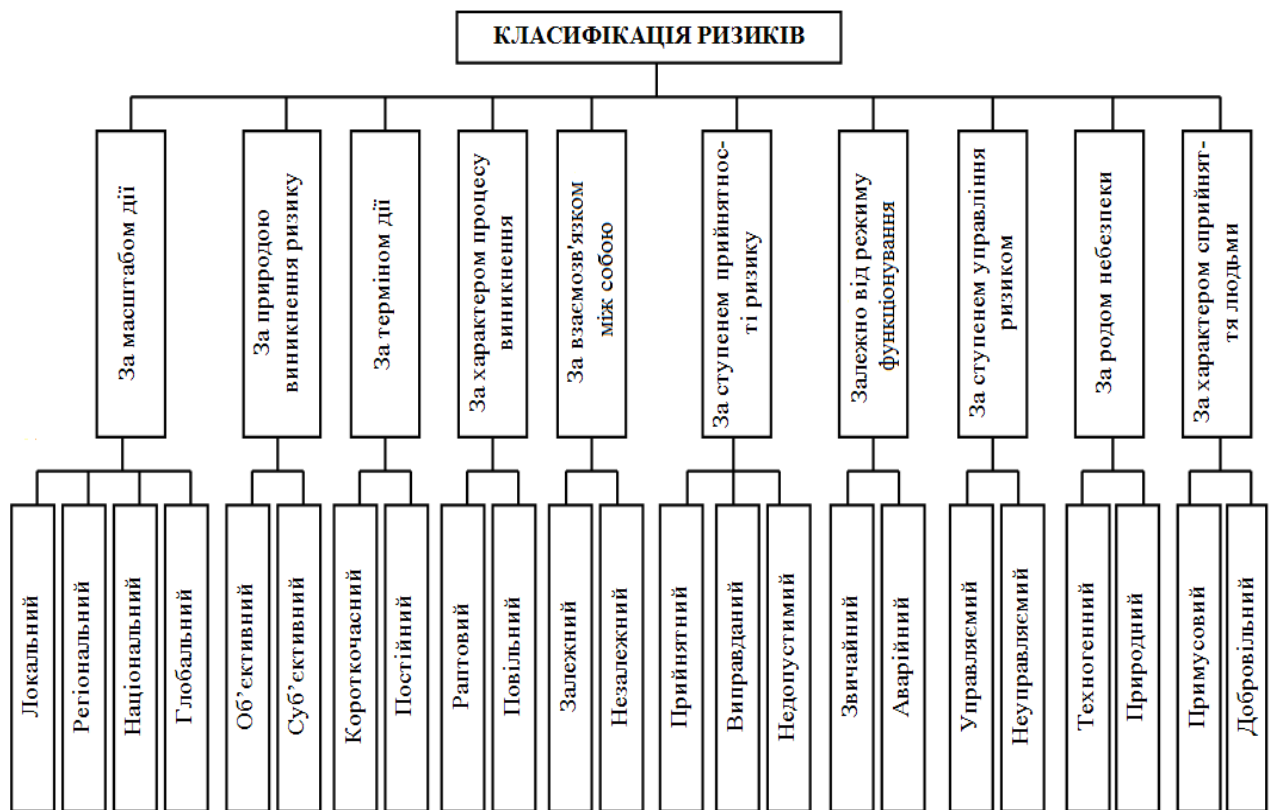


Рисунок 4.1 - Класифікація ризиків

За масштабом дії вражаючих чинників ризик прийнято ділити на локальний (індивідуальний), регіональний (галузевий, груповий, колективний), національний і глобальний (міжнародний).

За допустимістю для суспільства ризик буває: прийнятним, виправданим, неприпустимим.

Прийнятним називають такий рівень ризику, який суспільство може спокійно прийняти, враховуючи техніко-економічні і соціальні можливості на даному етапі розвитку цивілізації. Виправданий ризик - це ризик, який не повинен перевищуватися, не дивлячись на очікуваний результат. Неприпустимий ризик характеризується надзвичайно високим рівнем, який в переважній більшості випадків приводить до негативних наслідків.

Залежно від режиму функціонування об'єкту, що породжує небезпеку, виділяють оцінки ризику, пов'язані із звичайним (штатним) режимом функціонування техногенного об'єкту, і оцінки ризику, пов'язані з аварією на об'єкті (аварійний ризик). Як правило, рівень аварійної небезпеки значно вищий за рівень небезпеки, пов'язаної з об'єктом, який функціонує в штатному режимі. В зв'язку з цим, оцінки аварійного ризику найчастіше характеризують верхню межу рівня потенційної небезпеки, що породжується техногенним об'єктом.

Залежно від природи виникнення ризику він буває об'єктивний і суб'єктивний. За часом існування, ризик прийнято ділити на короткочасний і постійний. За характером процесу виникнення ризик ділять на раптовий і поступовий.

За взаємозв'язком ризику виникнення подій між собою: залежний і незалежний. За можливістю дії на величину ризику (управління ризиками): керований і некерований. За родом небезпеки: техногенний і природний ризик. За характером протікання події розрізняють статичний і динамічний ризик, а за характером їх прояви виділяють прості і комплексні ризики.

Складні умови праці на промислових підприємствах України обумовлюють наявність великої кількості небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які істотно впливають на життя і здоров'я працюючих і обумовлюють високий рівень травматизму і профзахворювань.

Показники травматизму, як і саме виникнення аварій, аварійних ситуацій зумовлених впливом небезпечних виробничих чинників, носять імовірний характер.

Існуючі підходи до визначення ризику виникнення аварій чи травм в цілому зводяться або до визначення прогнозних показників шляхом вивчення та екстраполяції на майбутній період часу наявних статистичних даних про аварії різного роду, або шляхом побудови логіко-ймовірнісних моделей виникнення і розвитку аварій та подальшим поелементним розрахунком з врахуванням імовірності виникнення окремих подій [1,3,4].

В найбільш простому випадку імовірність виникнення аварії певного типу визначається шляхом вивчення наявних статистичних даних про такі аварії за певний період спостережень та екстраполяції цих даних на майбутній період часу.

Професійні захворювання, зумовлені впливом шкідливих виробничих чинників, виникають в більшій мірі під впливом детерміністичних ефектів цих чинників. Тому, прогнозування показників професійної захворюваності частіше за все побудоване на принципах, в основі яких лежать причинні, а не імовірні зв'язки. При прогнозуванні показників професійної захворюваності враховують значення та час впливу шкідливих чинників виробництва на працюючих, тяжкість роботи, чисельність працюючих в зоні впливу шкідливих чинників і інші показники, що характеризують умови праці.

В основу прогнозування показників професійної захворюваності, як правило, покладено дослідження вчених, які встановлюють зв'язок ризику виникнення професійних захворювань з умовами праці. Сутність такого прогнозування розглянемо на прикладі такого шкідливого виробничого чинника, як заапиленість повітря робочої зони, який є домінантною причиною виникнення професійних захворювань працівників.

За результатами досліджень впливу пилу на ризик виникнення пневмоконіозу розроблена Інструкція з виміру концентрації пилу в шахтах та обліку пилових навантажень [9], яка погоджена з органами державного нагляду за охороною праці та введена в дію з 26.10.2004. В інструкції наведено критичне пилове навантаження на організм працівників, за якого з ймовірністю 95 % виключається ризик виникнення захворювання на пневмоконіоз.

В цій інструкції наведена також залежність для визначення фактичного значення величини пилового навантаження працівника за певний період часу.

При її визначенні враховуються середньозмінна концентрація пилу в повітрі робочої зони C (мг/м³) та об'єм легеневої вентиляції Q (м³/хв.), тривалість робочої зміни t (хв.) та кількість робочих змін N

$$P = 0,001kCQtN, \text{ г}, \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт, який враховує наявність фільтрувального респіратора.

На перший погляд, наявність даних стосовно критичних пилових навантажень на організм працівників та залежності для визначення фактичного значення величини пилового навантаження (4.1) дозволяє розрахувати показники професійної захворюваності. Проте при практичному використанні наведених даних виникає ціла низка питань, які не дозволяють визначити показники з достатньою точністю. Причини цього в першу чергу полягають у неврахування дисперсного складу пилу, відсутності достовірної інформації стосовно середньозмінної концентрації пилу в повітрі робочої зони, невизначеності значення коефіцієнта k , який враховує наявність конкретного типу протипилового респіратора та ін. Крім того, при визначенні гранично допустимого пилового навантаження часто виникає неоднозначність, яка може привести к протилежним результатам при оцінці ефективності інвестицій. Наприклад, якщо фактичний вміст вільного діоксиду кремнію в пилу становить 4,9 %, то при розрахунках ми повинні орієнтуватися на гранично допустиме навантаження в діапазоні 1450-1850 грам накопиченого в легенях пилу, а у випадку вмісту вільного діоксиду кремнію 5,1 % це значення буде знаходитись в діапазоні 510-545 грам. Як видно, при незначній різниці вмісту вільного діоксиду кремнію в пилу, що свідчить про практично однакові шкідливі його властивості, ми можемо отримати суттєво відмінні результати прогнозування. Різниця в розрахованих прогнозних показниках професійної захворюваності при цьому може досягати 300 %.

Аналогічні помилки при прогнозуванні показників професійної захворюваності можливі і при використанні інших залежностей, які запропоновані дослідниками. Так, деякими вченими при визначенні напрямків інвестування в залежності від умов праці за показником запиленості повітря об'єкти розподіляються за рангами [10]. В основу побудови рангу покладена величина гранично допустимого часу перебування в контакті з пилом робітників, які працюють на даному об'єкті. Цей час визначає, по закінченні

якого терміну в легенях робітника накопичується критична маса пилу, яка виключає імовірність захворювання. За цим показником встановлюється період часу повної заміни складу робітників. Ранг об'єкту за фактором запиленості повітря визначається за формулою

$$R = 0,0282 NCK_{\alpha}(V, d), \quad (4.2)$$

де N - кількість робітників на об'єкті; C – максимально-разова концентрація пилу, мг/м³. $K_{\alpha}(V, d)$ - коефіцієнт, що враховує тяжкість роботи і дисперсний склад пилу;

При такому підході ранг ділянки за чинником запиленості повітря фактично являє собою середньорічне число робітників, виведених з запилених умов для відвертання захворювання. Величина рангу об'єкту, залежить від запиленості повітря як за усіма фракціями, так і за дрібнодисперсним пилом, кількості робітників, зайнятих на об'єкті, а також важкості роботи, яку вони виконують.

Використання при розрахунках максимально-разової концентрації пилу, замість середньозмінної, дозволяє використовувати при прогнозуванні наявні дані гігієнічного контролю умов праці, проте, зважаючи на відсутність однозначного зв'язку між середньозмінною і максимально-разовою концентрацією пилу, це знижує достовірність прогнозних показників. Крім того, при такому прогнозуванні не враховується наявність засобів індивідуального захисту органів дихання від пилу та вміст вільного діоксиду кремнію в пилу.

Прогнозування показників професійної захворюваності ускладнюється також тим, що факт виявлення професійних захворювань є певною мірою випадковою подією, а зміни стану здоров'я працюючих в шкідливих умовах робітників накопичуються протягом тривалого періоду часу. Це пов'язано з переміщенням працівників як в межах одного підприємства, так і між підприємствами, з впливом на розвиток професійних захворювань загального стану здоров'я працівників, перенесених ними інфекційних захворювань тощо.

Тому після впровадження заходів, спрямованих на поліпшення умов праці, позитивні зміни показників професійної захворюваності часто тривалий період часу не проявляються. Напроти, на підприємствах чи дільницях підприємств з гіршими умовами праці, але з більш високим рівнем заробітної плати, зважаючи на притік нової робочої сили, показники професійної захворюваності часто виявляються кращими, ніж на тих, де значні ресурси вкладають в поліпшення умов праці і внаслідок цього не можуть забезпечити аналогічного рівня заробітної плати.

4.2 Розробка нової методології визначення ризику виникнення професійних захворювань органів дихання працівників КХВ

При розробці методології визначення ризику виникнення професійних захворювань органів дихання працівників, обумовлених запиленістю повітря робочої зони, ми будемо виходити з наступних положень.

По-перше. Зважаючи на те, що професійні захворювання, на відміну від аварій та нещасних випадків, виникають в результаті постійної тривалої дії на працюючих шкідливих виробничих чинників, оцінка ризику виникнення професійних захворювань органів дихання працівників повинна будуватися на принципах, в основі яких лежать причинні, а не імовірнісні зв'язки. Така оцінка повинна враховувати факт постійної (тривалої) дії шкідливих чинників виробництва на працівників, чисельність персоналу, що працює в зоні дії шкідливих чинників, тяжкість роботи та інші показники, що характеризують умови праці.

По-друге. Нині все більш широкого використання набуває тлумачення ризику як міри небезпеки, що характеризує можливість виникнення події (аварії, травми тощо) на виробничому об'єкті і тяжкість її наслідків [1]. Оскільки наслідки можуть бути представлені в грошових одиницях, кількості травмованих людей, одиницях площі, об'єму, маси і ін., то при такому підході ризик набуває одиниць розмірності, втрачається можливість зіставлення і відносної оцінки значення ризику об'єктів різного господарського призначення

і масштабів. Тому при оцінці ризику виникнення професійних захворювань ми будемо виходити з класичного поняття ризику, як вірогідності настання небажаної події, в даному випадку вірогідності виникнення професійного захворювання за визначений період часу.

По-третє. Методика оцінки ризику виникнення професійних захворювань повинна базуватися на наявних, доступних для використання матеріалів дослідження умов праці. Розрахункові вирази не повинні вміщувати показників, для визначення яких потрібне проведення додаткових досліджень. Тому інформаційною основою для розрахунку ризику виникнення професійних захворювань повинні бути матеріали атестації робочих місць за умовами праці – карта умов праці.

По-четверте. Методика оцінки ризику виникнення професійних захворювань повинна виключати неоднозначні результати розрахунків величини ризиків при несуттєвих змінах умов праці.

По-п'яте. Методика оцінки ризику виникнення професійних захворювань повинна забезпечувати визначення як індивідуального, так і колективного ризику виникнення професійних захворювань.

Фактична величина ризику професійних захворювань органів дихання працівників за визначений минулий період часу на i -й ділянці підприємства КХВ, обумовлених запиленістю повітря робочої зони, в загальному вигляді визначається як

$$p_i = \frac{n_i}{N_{c.c.i}}, \quad (4.3)$$

де n_i – значення кількості працівників ділянки з виявленим професійним захворюванням органів дихання за визначений період часу (наприклад минулий рік); $N_{c.c.i}$ – середня за списком кількість працівників ділянки.

Очевидно, що визначене таким чином значення ризику залежить від стану умов праці в минулий період часу, кадрової політики і безлічі випадкових факторів, тому він не може використовуватись для прогнозування ризику виникнення професійного захворювання у конкретного працівника.

Особливість запропонованого методологічного підходу до оцінки ризику виникнення професійних захворювань органів дихання працівників, обумовлених запиленістю повітря робочої зони, полягає в тому, що шляхом розрахунку пилового навантаження на організм працівників та порівняння його з величиною критичного пилового навантаження здійснюється оцінка індивідуального ризику, а на його основі, з врахуванням кількості працівників на об'єкті, здійснюється розрахунок колективного ризику.

Ризик виникнення професійного захворювання у працівника коксохімічних випробництв за визначений період часу може бути розрахований на основі даних, приведених в [9] з використанням встановлених величин критичного пилового навантаження на організм, за якого з ймовірністю 95 % виключається виникнення професійного захворювання. Згідно [9] у 5% працівників, пилове навантаження на організм яких досягло критичного значення, діагностується професійне захворювання.

Професійні захворювання пилової етіології виникають в більшій мірі під впливом детерміністичних ефектів. Як правило, детерміновані ефекти спостерігаються тоді, коли кількість накопиченої в організмі людини шкідливої речовини, доза радіації, пилове навантаження тощо перевищує певну величину, яку називають порогом. Чим більше перевищення порогу, тим більший негативний ефект. Виходячи з цього, за незначного пилового навантаження професійні захворювання пилової етіології не виникають, а при пилових навантаженнях, близьких до критичних, правомірною є лінійна залежність між тяжкістю наслідків і кількістю накопиченого пилу. В такому випадку, виходячи з [9], ризик виникнення професійного захворювання у працівника при пилових навантаженнях, близьких до критичних, можна розрахувати як

$$p_i = 0,05 \frac{P_i}{P_{кр}}, \quad (4.4)$$

де P_i – прогнозне значення пилового навантаження працівника, г; $P_{кр}$ – критичне пилове навантаження, г.

Виходячи з (4.4), для визначення ризику виникнення професійного захворювання у працівника необхідно мати інформацію про пилове навантаження працівника і величину критичного пилового навантаження.

Очевидно, що критичне пилове навантаження залежить від виду пилу. Аналіз даних, наведених в [9], показує тісний зв'язок числових значень цього навантаження з гранично допустимими концентраціями пилу (ГДК). Так, при обсягу легеневої вентиляції $0,02 \text{ м}^3/\text{хв.}$ для вугільного пилу при ГДК – $10 \text{ мг}/\text{м}^3$ критичне пилове навантаження становить 1450 г , а для породного з ГДК – $2 \text{ мг}/\text{м}^3$ це навантаження становить 290 г . Як видно, зменшення ГДК в п'ять разів призводить до збільшення в п'ять разів критичного пилового навантаження. Очевидно, що такий збіг не випадковий і це дозволяє зв'язати значення критичного пилового навантаження зі значенням ГДК пилу. Для даного випадку $P_{кр}$ можна розрахувати, як

$$P_{кр} = 145ГДК, \quad (4.5)$$

З наведених в табл. 4.1 даних видно, що критичне пилове навантаження дещо зростає зі збільшенням об'єму легеневої вентиляції. Це можна пояснити тим, що при значних обсягах легеневої вентиляції і, відповідно, збільшенні частоти дихання повітря, що вдихається, менший проміжок часу знаходиться в легенях і менше пилу встигає осісти в легенях. З нашої точки зору, це в якійсь мірі справедливо для випадків виконання робіт без ЗІЗ органів дихання. Але, при наявності протипилового респіратору, зв'язувати критичне пилове навантаження з об'ємом легеневої вентиляції недоцільно. Це пояснюється тим, що за інтенсивної фізичної роботи і збільшенні частоти дихання знижується коефіцієнт захисту респіратору, а також погіршується щільність прилягання респіратору до обличчя працівника, внаслідок чого до легень потрапляють більші за розміром частки пилу [11], що приводить до більш інтенсивного накопичення пилу в легенях. Тому, з нашої точки зору, при визначенні критичного пилового навантаження слід орієнтуватися на встановлене в [9] значення для об'єму легеневої вентиляції $0,02 \text{ м}^3/\text{хв.}$

При визначенні значення пилового навантаження працівника за виразом (4.1) коефіцієнт k , який враховує наявність протипилового респіратора, згідно [9] приймається рівним 0,1. Проте в реальних умовах при використанні різних типів протипилових респіраторів, і навіть респіраторів одного типу, але з протиаерозольними фільтрами різних виробників [12], значення цього коефіцієнту може суттєво відрізнятись. Тому при розрахунках доцільно враховувати захисну ефективність конкретних респіраторів при виконанні робочих операцій чи фізичних вправ аналогічної тяжкості. Це можливо здійснити при наявності спеціальних вимірювальних приладів, наприклад "Porta Count Plus" [12]. В даному випадку коефіцієнт k може бути визначений як

$$k = \frac{1}{K_3}, \quad (4.6)$$

де K_3 - коефіцієнту захисту респіратора.

При визначенні значення пилового навантаження працівника за виразом (1) суттєві труднощі виникають при визначенні середньозмінної концентрації пилу $C_{сз}$ в повітрі робочої зони. Визначення середньозмінної концентрації може здійснюватися приладами індивідуального контролю при безперервному відборі протягом зміни, але не менше 75% її тривалості, при умові охоплення всіх виробничих операцій, включаючи перерви. Нині, з причини відсутності засобів для такого контролю, таке вимірювання середньозмінної концентрації не здійснюється.

Реально застосування розрахункового методу визначення середньозмінної концентрації. При цьому послідовність визначення наступна:

- визначаються число і тривалість операцій технологічного процесу;
- проводиться відбір проб повітря на вміст пилу при кожній операції (не менше 5 проб) і розраховуються концентрації в кожній пробі;
- за отриманими результатами знаходиться середня концентрація для операції і враховується середньозмінна концентрація з урахуванням тривалості операцій технологічного процесу.

Згідно чинної гігієнічної класифікації умов праці [13] при атестації робочих місць за умовами праці визначається максимальна разова концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони. Стосовно пилу переважно фіброгенної дії – це значення концентрації речовини у повітрі робочої зони визначене для будь-якого 30-хвилинного відрізка часу робочої зміни. Використання при розрахунку пилового навантаження максимально разової концентрації замість середньозмінної концентрації пилу може призвести до суттєвого завищення його значення. Тому доцільно для конкретних виробничих умов і подібної тривалості операцій технологічного процесу встановити співвідношення між максимально разовою концентрацією і середньозмінною концентрацією пилу, виходячи з якого в подальшому не проводити досить складну процедуру визначення середньозмінної концентрації, а встановлювати її за результатами атестації робочих місць за умовами праці як

$$C_{с.з.} = vC_{м.р.} \quad (4.7)$$

Тоді при практичних розрахунках доцільно виходити з наявних даних про величини коефіцієнту захисту і максимально разову концентрацію пилу у повітрі робочої зони. З урахуванням викладеного вираз для розрахунку пилового навантаження працівника прийме вигляд

$$P_i = 2 * 10^{-5} vkC_{м.р.}tN, \text{ Г} \quad (4.8)$$

З урахуванням (4.4) індивідуальний ризик виникнення професійних захворювань органів дихання складе

$$p_i = \frac{10^{-6} vkC_{м.р.}tN}{P_{кр}} \quad (4.9)$$

При прогнозуванні індивідуального ризику виникнення професійних захворювань працівників коксохімічних виробництв замість середньозмінної

концентрації доцільно використовувати визначені технічно-досяжні рівні залишкової запиленості.

Коллективний ризик виникнення професійних захворювань визначається як сума індивідуальних ризиків усіх працівників. Зважаючи на те, що виникнення професійного захворювання у окремих працівників є незалежною подією, величина колективного ризику може бути визначена як

$$P_K = P_i \cdot N_{c.c.i} \quad (4.10)$$

Для прикладу, розраховане за виразом (9) значення індивідуального ризику виникнення професійних захворювань працівника коксохімічного виробництва при роботі протягом року, коефіцієнті захисту фільтрувального респіратора 10 і технічно-досяжному рівні залишкової запиленості 200 мг/м³ за умови, що пил є вугільнопородний, становить 0,0024, а при роботі без респіратора – 0,024. Відповідно ризик виникнення професійного захворювання за таких умов при стажі роботи 20 років складає 0,048 і 0,48. а колективний ризик при середньосписковій кількості працівників дільниці 100 осіб при цьому становить 4,8 і 48, тобто за таких умов праці при стажі роботи 20 років і використанні ЗІЗ практично у п'яти працівників дільниці виникає професійне захворювання, а при роботі в цих умовах без ЗІЗ професійне захворювання виникне практично у половини працівників.

Прогнозна оцінка індивідуального ризику виникнення професійного захворювання пилової етіології повинна будуватися на принципах, в основі яких лежать причинні, а не імовірнісні зв'язки. Вона повинна враховувати тривалість дії шкідливого чинника на працівника, концентрацію та фізико-хімічні властивості пилу, наявність та захисні властивості ЗІЗ органів дихання, тяжкість роботи та інші показники, що характеризують умови праці.

Запропонована методика оцінки індивідуального ризику виникнення професійних захворювань, інформаційною основою якої є матеріали атестації робочих місць за умовами праці, згідно з якою ризик визначається як вірогідність виникнення професійного захворювання за визначений період

часу. В основу методики покладено припущення, що при пилових навантаженнях, близьких до критичних, правомірною є лінійна залежність між тяжкістю наслідків і кількістю накопиченого пилу.

Наявність інформації стосовно індивідуального ризику виникнення професійних захворювань у працівника дозволяє своєчасно прийняти управлінські рішення стосовно недоцільності його подальшої роботи в шкідливих умовах праці при перевищенні допустимого рівня ризику.

4.3 Особливості оцінки ризику виникнення професійних захворювань слуху

По аналогії з розрахунком ризику професійних захворювань органів дихання визначаємо ризик зниження слуху

$$\rho_i = 0,05 \frac{ДШ_i}{ДШ_{кр}} \quad (4.11)$$

де $ДШ_i$ – значення шумового навантаження працівника; $ДШ_{кр}$ – критичне шумове навантаження.

Шумова доза, яка ідентична звуковій емісії, розраховується за формулою [14]

$$ДШ = kL_{екв} + 10lg \frac{T}{T_0}, \quad (4.12)$$

де $ДШ$ – отримане шумове навантаження; k – коефіцієнт відносної біологічної ефективності, що є рівним 1 щодо діапазону шуму від 80 дБА до 120 дБА; $L_{екв}$ – еквівалентний (по енергії) рівень шуму, який дорівнює ГДР; T – стаж роботи в умовах шумового навантаження в роках; T_0 – рівна 1.

Отже, виходячи з наведених досліджень, можна оцінити ризик виникнення професійного захворювання на сенсоневральну приглухуватість, виходячи, що ПДР з шуму складає 80 дБА.

В даній ситуації важливо оцінити саме рівень зниження слуху працівників від дії шуму за методикою, описаною в стандарті ISO 1999:2013 (п. 5), яка на

відміну від вітчизняного стандарту дозволяє визначити долю людей, які втратять слух.

Рівень втрати слуху (BC) розраховують з формулою

$$BC = H + N - \frac{HN}{120}, \quad (4.13)$$

де H – рівень втрати слуху пов'язаний з віком, дБ; N – втрата слуху внаслідок впливу виробничого шуму, дБ.

Формула (4.13) використовується тільки з відповідними квантильними величинами від 0,1 до 0,95 з шагом 0,05. Найбільш розповсюдженні квантилі для розрахунків 0,1, 0,5, і 0,9. Оцінка втрати слуху для квантиля 0,5 означає, що у 50% людей будуть спостерігатись розрахункові або більші значення втрати слуху. Величину втрати слуху розраховують для мовних частот (1, 2, 4 кГц). Отже, величина втрати слуху для квантиля 0,5 дорівнює

$$N_{0,5} = \left[u + 10 \lg \frac{T}{T_0} \right] (L_{\text{екв}} - L_0)^2, \quad (4.14)$$

де параметри u , v , L_0 приймаються відповідно табл. 4.2.

Для квантилів у діапазоні $0,1 < \theta < 0,95$ втрата слуху розраховується за формулою

$$N_{\theta} = N_{0,5} - k_1 d_1, \quad (4.15)$$

де k_1 – коефіцієнт, який відповідає Гаусовому розподілу і знаходиться у діапазоні 0,126 – 1,645; значення параметру d_1 знаходиться за формулою

$$d_1 = \left[X + Y \lg \frac{T}{T_0} \right] (L_{\text{екв}} - L_0)^2, \quad (4.16)$$

де X , Y – задаються відповідно до частоти (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Значення параметрів u , v , L_0 , X , Y

Частота	u	v	L_0	X	Y
500	-0,033	0,11	93	0,033	0,002
1000	-0,02	0,07	89	0,02	0
2000	-0,045	0,066	80	0,016	0
4000	0,025	0,025	75	0,16	-0,002

В на рис. 4.2 і 4.3 приведені результати розрахунку долі працівників, у яких відбудеться втрата слуху на мовних частотах, виходячи зі стажу роботи в небезпечних зонах при перевищенні гранично допустимих рівнів на 20 і 25 дБА, відповідно.

Аналіз отриманих даних говорить, що працівники коксохімічних випробництв працюють в умовах значного ризику виникнення професійного захворювання. Так, вже через п'ять років такої праці у 50 % людей втрата слуху буде сягати до 15 дБ. Таке становище вимагає впровадження працезахоронних заходів, направлених на виправлення цієї ситуації. Важливо, щоб це був комплексний підхід, а не використання тільки індивідуальних засобів захисту слуху (ЗІЗОС).

Проведенні дослідження показали, що працівники коксохімічних випробництв працюють в умовах значного ризику виникнення професійного захворювання на сенсоневральну приглухуватість. Так, вже через п'ять років такої праці у 50 % людей втрата слуху буде сягати до 15 дБ.

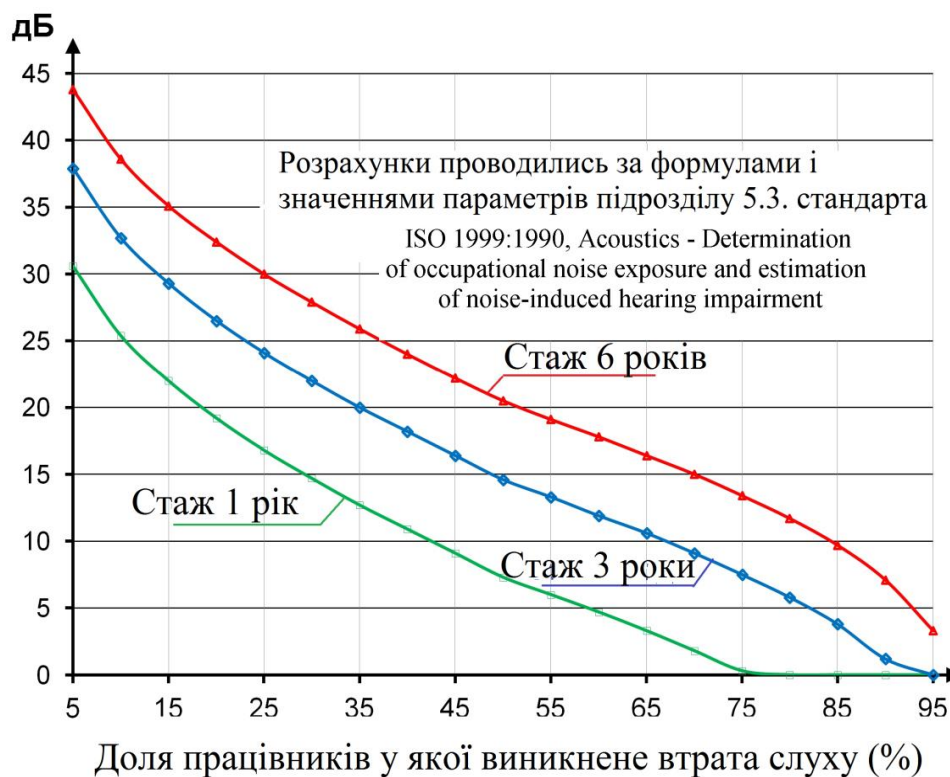


Рисунок. 4.2 - Залежність втрати слуху при роботі в умовах перевищення ГДР на 25 дБА при зміні 8 годин і 5 робочих днів на тиждень в залежності від стажу без урахування впливу віку

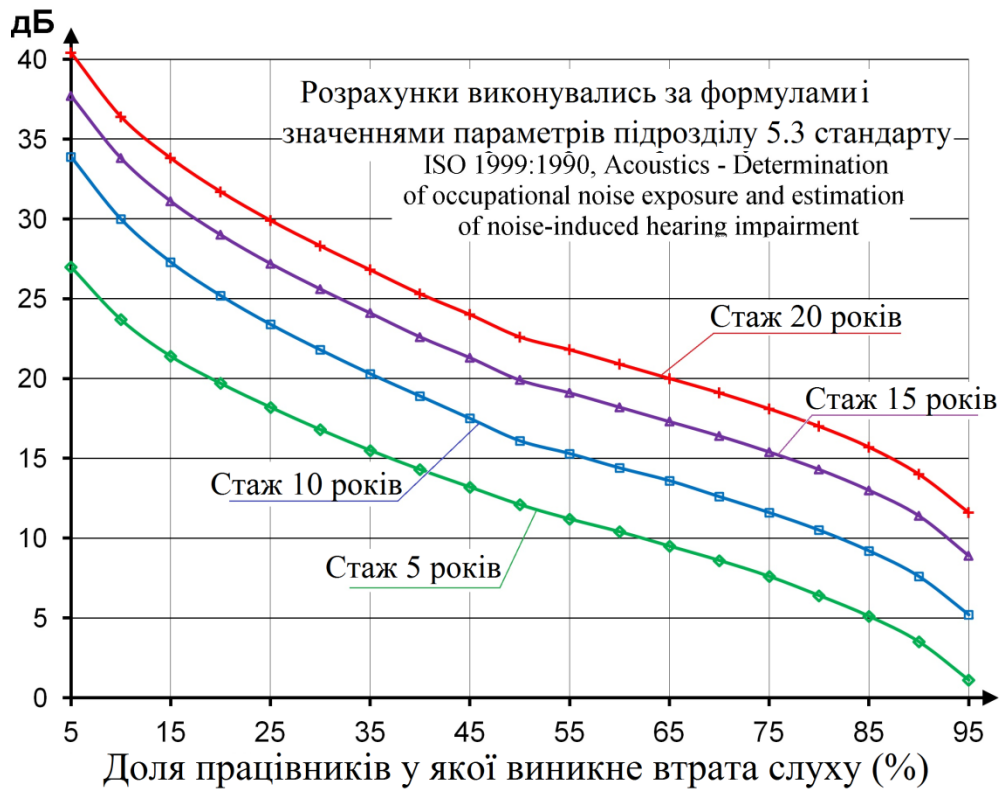


Рисунок 4.3 - Залежність втрати слуху при роботі в умовах перевищення ГДР на 20 дБ при зміні 8 годин і 5 робочих днів на тиждень в залежності від стажу без урахування впливу віку

При виборі індивідуальних засобів органів слуху необхідно враховувати, що отримана в лабораторних умовах величина їх захисної ефективності на порядок вища від реальної. Єдиним дієвим заходом захисту від шуму на сьогодні є обмеження часу перебування в небезпечній зоні.

Визначення підвищеного ризику розвитку профзахворювань, викликаних шумом, з урахуванням умов праці, є складним завданням. Так, порушення роботи нервової системи починає проявлятися дещо раніше, ніж погіршення слуху. Тому діагноз «шумова хвороба» ставиться за сукупністю інформації про стан здоров'я та наявності впливу надмірно сильного шуму протягом тривалого часу [15]. Аналогічно вирішується питання з наслідками впливу шуму на роботу серцево-судинної системи.

Надмірний вплив шуму на орган слуху спочатку призводить до адаптації порогу сприйняття звуків, який може тимчасово підвищитися, а потім, при припиненні впливу шуму, слух поступово відновлюється. При тривалій дії

шуму таке відновлення не відбувається і чутливість вуха поступово знижується. Аналіз отриманих даних (рис. 4.2, 4.3) показує, що працівники коксохімічних випробниць працюють в умовах помірного ризику виникнення професійного захворювання. Однак, вже через п'ять років такої праці у 50% людей втрата слуху буде сягати до 12 дБ.

Відмітимо, що постійне і незворотне погіршення відбувається в першу чергу для звуків високих частот, які слабо використовуються в повсякденному житті і при спілкуванні, тому початковий етап захворювання проходить непомітно. Однак рівень сприйняття таких звуків досить добре виявляється при проведенні аудіологічної перевірки чутливості органу слуху. Регулярні якісні перевірки дозволяють досить добре виявляти погіршення стану слуху на початкових етапах (коли це не позначається на якості життя), і вживати коригувальні заходи [16].

Для зменшення ризику погіршення слуху вітчизняні стандарти [17 - 18] рекомендують використовувати наступні методи:

- зменшення шуму в самому його джерелі (заміна обладнання на малошумне; глушники, віброізоляція і ін.);
- ізоляція людей від шкідливого впливу (екрани, звукоізолюючі перегородки, кабіни, дистанційне керування і автоматика, і ін.);
- організаційні заходи (зміна режимів і розкладів роботи так, щоб знизити дозу впливу – за зміну або за більший період часу).

Важливо, щоб це був комплексний підхід, а не використання тільки індивідуальних засобів захисту слуху (ЗІЗОС). Відмітимо, що проведені виробничі дослідження із визначення реальної ефективності ЗІЗОС, опубліковані Національним інститутом охорони праці США, показали, що наведені показники є значно завищеними [18, 19]. Тому їх вибір, заснований тільки на даних лабораторних досліджень, може збільшити ризик розвитку професійних захворювань.

4.4 Висновки за розділом 4

1. Запропоновано методику прогнозування оцінки індивідуального і колективного ризику виникнення професійних захворювань органів дихання працівників, обумовленого запиленістю повітря робочої зони, інформаційною основою якої є матеріали атестації робочих місць за умовами праці. Згідно з цією методикою ризик визначається як вірогідність виникнення професійного захворювання за визначений період часу. В основу методики покладено припущення, що при близьких до критичних пилових навантаженнях на організм працівників правомірною є лінійна залежність між тяжкістю наслідків і кількістю накопиченого пилу.

2. Оцінка індивідуального ризику виникнення професійного захворювання пилової етіології базується на принципах, в основу яких покладено причинні, а не імовірнісні зв'язки, при цьому враховуються тривалість дії шкідливого чинника на працівника, концентрація та фізико-хімічні властивості пилу, наявність та захисні властивості ЗІЗ органів дихання, тяжкість роботи та інші показники, що характеризують умови праці [20].

3. Особливість запропонованого методологічного підходу до оцінки ризику виникнення професійних захворювань органів дихання працівників, обумовлених запиленістю повітря робочої зони, полягає в тому, що шляхом розрахунку пилового навантаження на організм працівників та порівняння його з величиною критичного пилового навантаження здійснюється оцінка індивідуального ризику, а на його основі, з врахуванням кількості працівників на об'єкті, здійснюється розрахунок колективного ризику.

4. На основі оцінки ризику встановлено, що через п'ять років роботи в умовах перевищення шумового навантаження від 20 дБА до 25 дБА у 50 % людей втрата слуху буде сягати до 15 дБ [21].

5. При виборі індивідуальних засобів органів слуху необхідно враховувати, що отримана в лабораторних умовах величина їх захисної ефективності на порядок вища від реальної.

Основні результати дослідження опубліковані у [20, 21]

4.5 Список використаних джерел за розділом 4

1. Стоєцький В.Ф., Дранишников Л.В., Єсипенко А.Д., Жартовський В.М., Найверт О.В. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. «Астон». 2006. – 410 с.
2. Рачинський А.В. Класифікація ризиків на залізничному транспорті як основа формування системи економічної безпеки його функціонування // Економіка та управління національним господарством, 2016, №6 – С. 81-87.
3. Городецький І.М. Переваги та обмеження аналітичних методів оцінки ризиків у системі управління охороною праці. Вісник Львівського НАУ: Агроінженерні дослідження. 2009. № 13, Т.1. С. 39-43.
4. Бондаренко Є. Методи аналізу та оцінювання ризику електротравматизму // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013.– № 2. – С. 52 – 56.
5. Рак Т., Михайлюк С. Ризики та показники надзвичайних ситуацій сучасного суспільства // Наукові записки. – 2018.– № 2 (57). – С. 82 – 89.
6. Wardak A., Gorman ME, Swami N, Deshpande S. (2008). Identification of risks in the life cycle of nanotechnology-based products. J Ind Ecol; 12: 435 – 448.
7. Волянський Б. Методологічні підходи до управління ризиками в процесі ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій // Інвестиції: практика та досвід – 2013.– № 13/2013. – С. 134 – 136.
8. Надрага В. Методичні засади оцінювання професійних ризиків // Економічний вісник Донбасу – 2014.– № 2(36). – С. 193 – 199.
9. НПАОП 10.0-5.08-04. Інструкція з виміру концентрації пилу в шахтах та обліку пилових навантажень. https://pdf.sop.zp.ua/npaop_10_0-5_08-04.pdf
10. Кучеба П.К. Организационно-экономический механизм управления охраной труда на шахтах: монография / Донецк: ИЭП НАН Украины, 1997. - 288 с.
11. Голінько В.І., Третьякова Л.Д., Чеберячко С.І., Мітюк Л.О., Дерюгін О.В., Наумов М.М. Методологія оцінювання та управління

професійними ризиками у виготовленні та використанні засобів індивідуального захисту. Монографія. - Дніпро: Середняк Т.К., 2021. - 224 с.

12. Голінько В.І., Дубенчук М.Є., Чеберячко С.І., Радчук Д.І., Яворська О.О. Дослідження захисних властивостей півмаски РПА з протиаерозольними фільтрами різних виробників // Національний гірничий університет. Збірник наукових праць. - Дніпро : НГУ, 2018. - № 55. – С. 342-350.

13. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу" // Офіційний вісник України – 2014. – № 41.– С. 95-132.

14. Готлиб Я.Г., Алимов Н.П., Азаров В.Н. Вопросы ограничения шума для оценки условий труда (ru) // НТЦ «ТАТА» Альтернативная энергетика и экология. — Саров: 2013. — Т. 13. — С. 70-83. — ISSN 1608–8298

15. Franks J.R., Berger E.H. Hearing Protection // Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. 4 th. ed. - V.1. - Geneva: International Labour Office, 1998. - С. 31.11-31.16

16. HSE. Real world use and performance of hearing protection. Research report RR720. – Crown, 2009. – 74 pp. (<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr720.pdf>)

17. Левішко К.В. Методика розрахунку рівнів виробничих ризиків на прикладі професії «гірник очисного забою» / К.В. Левішко, Ю.В. Квітковський // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – 2015. № 2 (43). – С. 123 – 128.

18. Salami Olasunkanmi Ismaila Noise exposure as a factor in the increase of blood (англ.) // Beni-Suef University Journal of basic and applied sciences. — 2014. — Vol. 3. — P. 116-121. — ISSN 2314-8535. — DOI:10.1016/j.bjbas.2014.05.004

19. Басанець А. Професійна захворюваність в Україні. /А. Басанець, І. Луб'янова, Д. Тимошина // Охорона праці. – 2008. – № 10. – С. 39 – 42.

20. Голінько В.І., Гридяєв В.В. Прогнозування ризику виникнення

професійних захворювань пилової етіології. //ВІСТІ Донецького гірничого інституту. – 2022. - №2(51). – С. 25 – 34. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-2-25-34>

21. Засоби індивідуального захисту органів дихання:інновації щодо зниження ризику професійних захворювань /С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, Д.І. Радчук, О.В. Дерюгін, Д.Г. Клімов, О.П.Шароватова, В.В. Грідяєв// Комунальне господарство міст. – 2023. – Т. 1. – В. 175. – С. 221-228.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, що є завершеною науковою роботою, подано вирішення актуального науково-прикладного завдання, що полягає у забезпеченні захисту працівників коксохімічних виробництв від комплексної дії шкідливих чинників (шкідливого аерозолю і шуму) шляхом розробки і впровадження комплексного засобу захисту органів дихання і слуху, особливістю якого є гармонійно поєднані балаклава, яка споряджається відповідними функціональному призначенню фільтрувальними півмасками та шумопоглинаючими елементами, що з'єднанні за допомогою хвостовика клапанного вузла, вмонтованого у суміщені монтажні отвори балаклави і півмаски та отримані наступні результати:

1. Удосконалено метод визначення антропометричних точок на обличчі людини, який складається з побудови активних моделей форм облич, обчислення координат антропометричних точок за рахунок тріангуляції областей зображення на основі використання комбінації форми і способу порівняння фрагментів інформативної ознаки побудованих гістограм.

2. Удосконалено алгоритм чисельного визначення інформативних ознак, що дозволяє домогтися збільшення швидкості обчислення піксельного шаблону зображення у порівнянні з кращими аналогами Three-Patch та Four-Patch при збереженні високої ефективності використання в процесі розпізнавання облич.

3. На підґрунті одержаних антропометричних даних щодо 400 типових користувачів засобів індивідуального захисту віком від 20 до 55 років визначено їх розподіл за довжиною і шириною обличчя, що дозволило розробити каталог антропометричних розмірів для проектування комплексних засобів індивідуального захисту користувачів.

4. Запропоновано технологію з виготовлення імпрегнованого волокнистого хемосорбенту кислих газів з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності (надалі – «Екофіл-1(і)»), який складається з двох шарів: першого –

хемосорбційного і другого – індикаторного, котрі виготовляються імпрегнуванням полотен-носіїв розчинами реагентів заданої концентрації.

5. В результаті проведених підготовчих робіт зі створення каталогу типових розмірів облич користувачів та визначення шкідливих чинників на робочих місцях коксохімічних виробництв був розроблений комплексний засіб індивідуального захисту працюючих, який складається з балаклави з еластичного матеріалу, що закриває голову, нижню частину обличчя та шию, з'єднаної з корпусом фільтрувальної півмаски від газів і аерозолів з розміщеними захисними пристроями для захисту органів слуху.

6. Результати лабораторних випробувань показали, що КЗЗОДС є досить ефективним і забезпечує середнє значення коефіцієнта підсмоктування 1,5%, що майже на 30% менше від показників звичайних фільтрувальних респіраторів подібного класу захисту; ослаблення шуму в діапазоні частот 4000-8000 Гц становить від 19 до 26,7 дБ; в області речових частот (0,5÷2,0 кГц) акустична ефективність сягає 8÷16 дБ, завдяки чому зберігається можливість спілкування та своєчасного реагування на попереджувальні сигнали; використання КЗІЗ теплозахисних елементів дозволяє зменшити температуру нагріву голови на 80% у порівнянні з результатом, отриманим без використання захисного прилаштування.

7. Розроблено проєкт дослідного виробництва, який включає технології виготовлення, конструкторську документацію, технологічну послідовність виготовлення, схеми розподілу праці при виготовленні, технологічні операційні карти, характеристики допоміжних процесів та ниткових з'єднань, режими обробки матеріалів, які використовуються при виготовленні комплексного засобу захисту органів дихання і слуху, характеристики обладнання.

8. Розроблений і виготовлений комплект експериментального обладнання для термічного формування корпусу півмаски, який включає: експериментальну установку термічного формування корпусу півмаски, експериментальну установку для зварювання кромки корпусу півмаски, устаткування для свердлення отворів в корпусі півмаски.








9. Розроблено методику виробничих випробувань. Отримані результати дозволяють зробити висновок щодо відповідності розробленого комплексного засобу захисту органів дихання і слуху вимогам Технічного регламенту ЗІЗ.

10. Запропоновано оцінку індивідуального ризику виникнення професійного захворювання, яка будується на принципах, в основі яких лежать причинні, а не імовірнісні зв'язки, на основі тривалості дії шкідливого чинника на працівника, концентрації та фізико-хімічних властивостей шкідливої речовини.








11. Удосконалено методику з оцінки індивідуального ризику виникнення професійних захворювань, в основі якої покладено лінійну залежність між тяжкістю наслідків і кількістю накопиченого пилу, що характерно при пилових навантаженнях, близьких до критичних.

ДОДАТКИ

Таблиця 1.13 – Фільтрувальні півмаски від аерозолів без клапанів видиху

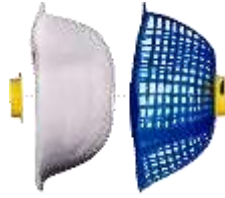






Марка	3М 8101/8102	3М VFLEX 9101/9152	3М K101	BLS-102	BLS-215	Исток-100 ³⁾	«Дельта»	
Зображення								
Форма півмаски	чашоподібна	чашоподібна	складана	чашоподібна	чашоподібна	каркасна	каркасна	
Клас захисту	FFP1	FFP1/FFP2	FFP1	FFP2 D	FFA1P2	FFP1/FFP2	FFP2	
Межа концентрації аерозолів, ГДК ¹⁾	4	4 /12 ²⁾	до 4	12	12	4/12	12	
Призначення, області застосування	Рекомендується для різних галузей промисловості та сільського господарства як універсальний засіб від всіх видів аерозолів(пил, туман, дим, смог, вірусні частки), а також газів і парів (BLS-215)							
Особливості	Полегшена фільтрувальна півмаска; 4-х точкове кріплення гумок; противбирна прокладка; додаткова внутрішня підкладка з гіпоалергенного матеріалу	Велика поверхня високоефективного фільтра 3М™ Filter Media забезпечує низький опір диханню. Спеціальна V-подібна насічка на фронтальній поверхні запобігає «схлопуванню» і прилипанню півмаски до губ	Носова прокладка зі спіненого матеріалу; півмаска з гіпоалергенного матеріалу; ромбоподібний дизайн фронтальної частини дозволяє зберігати форму в умовах підвищеної температури і вологості	Фільтрувальна півмаска складається з декількох шарів поліпропіленового нетканого гіпоалергенного матеріалу; носовий затискач зі зміцненого пластика; обтюратор зі спіненого полівінілхлориду	Шар активованого вугілля забезпечує захист користувача від парів органічних сполук	По периметру півмаски закріплена смуга з пінополіуретану; обтюратор виконаний з двох шарів фільтруючого матеріалу	Дельтоподібну форму півмасці надають легкий каркас і манжета; зміна розміру і формування обтюратора досягається "стягуванням" за допомогою еластичного шнура	
Розмір	Універсальний	Випускається в двох розмірах: 9101, 9152 (стандартний); 9101S, 9152S(зменшений).	Універсальний					
Виробник	3М, США	3М, США	3М, США	BLS, Італія	BLS, Італія	«Исток», РФ	ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України	
Атестація і сертифікація	ГОСТ Р 12.4.191-99	ГОСТ Р 12.4.191-99 EN 149:2001 + A1:2009	EN 149:2001+A1:2009			ГОСТ Р 12.4.191-99	ТУ У 33.1-01530125--008:2002	

Продовження таблиці 1.13








Марка	Aura™ 9330+	Affinity Plus	Rockman 7020	Rockman 7020 F	VENUS 2152	Ураець ГП	Юлія М
Зображення							
Форма півмаски	складана	чашоподібна	чашоподібна	складана	чашоподібна	складана	чашоподібна
Клас захисту	FFP3	FFP1/ FFP2	FFP2	FFP2 D	FFP1	FFP1/ FFP2	FFP1
Межа концентрації аерозолів, ГДК ¹⁾	50	4/12	12	12	4	5	4
Призначення, області застосування	Рекомендується для різних галузей промисловості та сільського господарства, як універсальний засіб від всіх видів аерозолів (пил, туман, дим, смог, вірусні частки), а також газів і парів						
Особливості	Оригінальний 3-панельний дизайн робить півмаску зручною для різних типів і форм обличчя; електретний фільтр забезпечує ефективну фільтрацію при зниженому опорі диханню; ефективне видалення тепла і вологи при видиху через рельєфну верхню панель; колірне кодування фіксує гумки за ступенем захисту	Герметизуюча прокладка AnthroCurve® по смузі обтюраторів; функція видалення неприємних запахів, наприклад, кислотних газів (в т.ч. HF), концентрація яких нижче ГДК; колірне кодування пластикових вкладень і носової кліпси за ступенем захисту	Краї фільтрувальних шарів скріплені ультразвуковою зваркою; внутрішній жорсткий каркас знижує ризик зминання півмаски при транспортуванні і роботі; кріплення резинок наголовного гарнітура винесено до зони зварювання шарів	Краї фільтрувальних шарів із збільшеною площею скріплені ультразвуковою зваркою; фільтруючий матеріал витримує температурний режим від мінус 30°C до плюс 70°C і умови підвищеної вологості	Забезпечує захист від парів фториду водню; внутрішній шар з гіпоалергенного матеріалу; фільтр електростатичної дії з додатковим захисним шаром; герметизуюча прокладка AnthroCurve® по смузі обтюраторів	Споряджається фільтрами марок А, КД або Г; зовнішній шар з фільтрувального поліпропіленового водовідштовхувального матеріалу, внутрішній – з електростатично зарядженого фільтрувального матеріалу типу ФПП-15; Додатковий шар з сорбційно-фільтруючого матеріалу для поглинання шкідливих газоподібних сполук	Обтюратор з бавовняної фланелі; рекомендований до застосування при концентрації аерозолів у повітрі не більше 100 мг/м ³ . Фільтрувальна суцільноформована півмаска з еластичними стрічками наголовного гарнітура
Розмір	Універсальний	Універсальний	Універсальний Єдиний	Універсальний	Універсальний	Універсальний	Універсальний
Виробник, країна	3М, США	MSA Auer, Німеччина	Rockman, Німеччина	Rockman, Німеччина	«ТЕХНИКА АРМ», РФ	ОАО «СОРБЕНТ», РФ	ЗАО «Севзаппром-енерго», РФ
Атестація і сертифікація	ГОСТ Р 12.4.191-99	EN 149:2001+A1:2009			ГОСТ Р 12.4.191-99	ТУ 6-00-05795748-197-95	ГОСТ 12.4.041-2001

Примітка: 1) Відповідно до EN 529:2005; 2) Від нелетких твердих та/або рідких аерозолів; 3) Аналог "Кама-200" (БРИЗ 1101)

Таблиця 1.14 – Фільтрувальні півмаски від аерозолів без клапанів видиху

Марка	Venitex™1200 SM	Venitex™ M1300VPC	Venitex™ M1300	JACKSON SAFETY* R30 FFP3 NRD	ENGUARDM20	TECHNICA VENUS 2273	TECHNICA VENUS 4315
Зображення							
Форма півмаски	чашоподібна, каркасна	складана	чашоподібна	чашоподібна	складана	чашоподібна	чашоподібна
Клас захисту	FFP2/ FFP3	FFP3	FFP3	FFP3	FFP2	FFP2	FFP3
Межа концентрації аерозолів, ГДК ¹⁾	12	50	50	50	12	12	50
Призначення, області застосування	Рекомендується для різних галузей промисловості та сільського господарства, як універсальний засіб від всіх видів аерозолів(пил, туман, дим, смог, вірусні частки), а також газів і парів						
Особливості	Багаторазова силіконова маска з запасними фільтрами	Складаний горизонтально; неткані синтетичні волокна лицьової фільтрувальної частини	Стійка до деформації внутрішня оболонка; внутрішній обтюратор зі спеціального піноматеріалу, який можна протирати серветкою для покращення гігієнічності використання півмаски	Два клапани видиху; колірне кодування для легкого визначення ступеня захисту	Шар вуглецевого матеріалу затримує неприємні запахи; внутрішній шар півмаски електростатично заряджено; додатковий механічний фільтр; колірне кодування за ступенем захисту	Забезпечує захист від парів аміаку	Захист від радіоактивного пилу, вірусів і інших мікробіологічних речовин; не накопичує тепло і вологу; низький опір диханню; адаптований для використання в умовах низьких і високих температур, підвищеної вологості
Розмір	Універсальний						
Виробник, країна	Delta Plus, Франція	Delta Plus, Франція	Delta Plus, Франція	Kimberly-Clark, США			
Атестація і сертифікація	EN 149:2001 + A1:2009		ГОСТ 12.4.041-2001	EN 149:2001 + A1:2009	EN 149:2001, ГОСТ Р 12.4.191-99	EN 149:2001	

Продовження таблиці 1.14

Марка	3М K112	Aura™ 9332+	У-2К люкс	Исток-Е	КАМА V	ЮЛИЯ-М	НЕВА-310
Зображення							
Форма півмаски	складана	складана	чашоподібна	чашоподібна	складана	чашоподібна	складана
Клас захисту	FFP2	FFP3 NR D	FFP1/ FFP2/ FFP3	FFP2	FFP1/ FFP2	FFP1	FFP3 FFP3D
Межа концентрації аерозолів, ГДК ¹⁾	12	50	4/12/50	12	4/12	4	50
Призначення, області застосування	Рекомендується для різних галузей промисловості та сільського господарства, як універсальний засіб від всіх видів аерозолів(пил, туман, дим, смог, вірусні частки), а також газів і парів						
Особливості	Велика площа фільтрувальної поверхні; колірне кодування за ступенем захисту; наявність ребер жорсткості на півмасці забезпечує зберігання форми півмаски при роботі в умовах високої температури та вологості.	Ефективна фільтрація при зниженому опорі дихання; ефективне видалення тепла і вологи при видиху через клапан Cool Flow®; колірне кодування за ступенем захисту	Силіконові клапани вдиху / видиху; зменшений опір потоку повітря; поліпшена смуга обтюраторі; м'який гіпоалергенний обтюратор; термін зберігання – 15 років	Додатковий захист від кислих газів з концентрацією до 2 ГДК; подовжений термін служби; колірна ідентифікація марки півмаски	Стійкість до запилення; багаторазове використання; колірна ідентифікація класу ефективності захисту	Фільтрувальна півмаска комплектується змінними корпусами, які замінюються при виникненні надлишкового опору при вдиху; середній термін служби півмаски – 3 зміни; обтюратор з бавовняної фланелі	Стійкість до запилення; захист від радіоактивних і канцерогенних аерозолів
Розмір	Універсальний						
Виробник, країна	3М, США	3М, США	«ТД «ИСТОК», РФ	ОАО «Сорбент», РФ	ОАО «Сорбент», РФ	ЗАО «СЕВЗАППРОМ ЭНЕРГО», РФ	ЗАО «Респіраторний комплекс», РФ
Атестація і сертифікація	EN149:2001+A1:2009		ГОСТ Р 12.4.191-99	ГОСТ 12.4.041-2001	ГОСТ Р 12.4.191-99; EN 149:2001 A1:2009	ГОСТ Р 12.4.191-99	ТР ТС 019/2011

Примітка: 1) Відповідно до EN 529:2005

ДОДАТОК Б

**МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ КОМПЛЕКСНОГО ЗАСОБУ
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ І СЛУХУ У
ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ**

Методика випробувань засобів індивідуального захисту органів дихання у виробничих умовах – документ, яким встановлюється порядок випробувань у виробничих умовах на відповідність ЗІЗОД вимогам Технічного регламенту, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 21.08.2019 р. № 771 ("Про затвердження Технічного регламенту засобів індивідуального захисту"), включає: вступ, перелік нормативних документів, необхідних для прийняття рішення щодо відповідності ЗІЗОД вимогам Технічного регламенту, перелік та опис об'єктів виробничих випробувань, перелік технічної документації, що надається на виробничі випробування, послідовність дій при проведенні виробничих випробувань.

На виробничі випробування повинні бути надані: технічне завдання на розробку об'єкта випробувань, технічні умови, інструкції з експлуатації, Висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи, протоколи лабораторних випробувань, акт прийняття-передачі зразків, перелік професій випробувачів та робочих місць, де проводитимуться випробування, зразки опитувальних листів, форми протоколу і акту виробничих випробувань. В таблиці надані основні терміни і визначення.

Термін	Визначення
1	2
Об'єкт випробувань	Виріб, що підлягає випробуванню
Комплексний засіб захисту органів дихання і слуху (КЗЗОДС)	Об'єкт випробувань, що використовується для індивідуального захисту органів дихання користувача від аеродисперсних частинок різного походження (пил, дим, туман), токсичних газів і парів, а також голови та органа слуху
Виробниче випробування	Експериментальне визначення експлуатаційних характеристик та якості КЗЗОДС в умовах виробництва за регламентований методикою період
Технічний регламент	Документ, що визначає вимоги до рівня безпеки ЗІЗ,

	проведення процедури оцінки відповідності таким вимогам, встановлює правила маркування зазначених засобів та введення їх в обіг
Технічні умови (ТУ)	Нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинен відповідати об'єкт випробувань
Висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи щодо об'єкта виробничих випробувань та Технічних умов на їх виробництво	Документи, які свідчать про відповідність об'єкта виробничих випробувань медичним критеріям безпеки та Технічних умов на виготовлення об'єктів виробничих випробувань вимогам чинного санітарного законодавства України
Методика проведення виробничих випробувань (Методика)	Організаційно-методичний документ, яким встановлюється порядок проведення виробничих випробувань, до складу котрого належать опис об'єктів випробувань, перелік технічної документації, форми надання результатів випробувань
Протокол випробувань	Документ, що містить необхідні відомості про об'єкт, умови та результати випробувань
FMGas1P2	Маркування півмаски зі змінним фільтром 2-го класу захисту від газів і парів

A.1 Нормативні документи, які необхідні для прийняття рішення щодо відповідності об'єкта випробувань вимогам технічного регламенту

Позначення НД	Назва НД
Нормативні документи, що встановлюють вимоги до об'єктів випробувань	
Постанова Кабінету Міністрів України від 21.08.2019 р. № 771 ("Про затвердження Технічного регламенту засобів індивідуального захисту").	Технічний регламент засобів індивідуального захисту
ДСТУ EN 149:2017	ЗІЗОД. Півмаски фільтрувальні для захисту від аерозолів. Вимоги, випробовування, маркування
ДСТУ EN 1827:2017	Засоби індивідуального захисту органів дихання. Напівмаски без клапанів вдиху та з віддільними фільтрами для захисту від газів або газів та аерозолів, або тільки від аерозолів. Вимоги, випробовування, маркування
ТУ У 28.2-01530125-037:2015	Напівмаски з віддільними фільтрами для захисту від газів та аерозолів (без клапанів вдиху) «Еол» FM Gas1 P2
ТУ У 28.2-01530125-040:2015	Імпрегнований волокнистий хемосорбент кислих газів з індикацією «спрацьовування» «Екофіл-1»
ТУ У 28.2-01530125-041:2015	Імпрегнований волокнистий хемосорбент основних газів з індикацією «спрацьовування» «Екофіл-2»
Нормативні документи, що встановлюють вимоги до матеріалів і комплектуючих виробів, з використанням яких виготовляються об'єкти випробувань	
ГОСТ 9412-93	Марля медицинская. Общие технические условия
ГОСТ 16337-77	Полиэтилен высокого давления. Технические условия
ГОСТ 16338-85	Полиэтилен низкого давления. Технические условия
ГОСТ 21631-76	Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия
ГОСТ 29231-91	Шнуры. Технические условия
ТУ У 17.5-30712238-023:2008	Полотно неткане голкопробивне для респіраторів
ТУ У 25.2-01530125-027:2010	Пелюстки клапанів вдиху та видиху
ТУ У 25513947.010-2000	Матеріал фільтруючий на основі поліпропіленових волокон "Елефлен"

A.2 Опис комплексного засобу захисту органів дихання та слуху з півмаскою FMGas1P2



Рисунок А.1 – Комплексний засіб індивідуального захисту органів дихання та слуху швидкого припасування:
1 – напівмаска; 2 – балаклава;
3 – вузол клапана видиху,
4 – шумопоглинаючі пристрої

Складається з півмаски **1**, спорядженої фільтром відповідного функціонального призначення, балаклави **2**, що забезпечує захист голови від пошкоджень механічного і термічного походження, вузла клапана видиху **3**, шумопоглинаючих пристроїв **4**.

Для приєднання корпусу напівмаски **1** до балаклави **2** використовується патрубок вузла клапана видиху **3**, півмаска та балаклава фіксуються в заданому положенні за допомогою гайки. Надійне розташування на голові та щільне прилягання до обличчя та в області шиї КЗЗОДС забезпечується застосуванням сучасних матеріалів і технологій при його виготовленні.

А.3 Порядок проведення виробничих випробувань

Метою виробничих випробувань КЗЗОДС в умовах КХВ є перевірка відповідності їх експлуатаційних характеристик та якості Технологічному регламенту на ЗІЗ, Технічного завдання, НТД, а також одержання даних щодо доцільності використання об'єкта випробувань в умовах КХВ.

А.3.1 Підготовка до проведення виробничих випробувань

Відповідно до Розпорядження по КХВ для організації та проведення виробничих випробувань створюються: Комісія з організації і контролю виробничих випробувань та Комісія з проведення виробничих випробувань.

Комісію з організації та контролю виробничих випробувань очолює директор з ОП, ПБ і НС КХВ.

До складу комісії входять: керівник відділу охорони праці КХВ; фахівці відділу охорони праці КХВ, які відповідають за організацію виробничих випробувань; представник профспілкової організації або уповноважений трудового колективу (за узгодженням) та представник розробника.

Комісію з проведення виробничих випробувань очолюють начальники підрозділів (цехів, де проводимуться виробничі випробування ЗІЗОД). До складу Комісії входять: фахівці (куратори) з питань охорони праці в підрозділах(цехах), відповідальні за випробування ЗІЗОД; представник профспілкової організації або уповноважений трудового колективу з охорони праці (за узгодженням) та представник розробника.

А.3.2 Контроль безпеки об'єктів виробничих випробувань

Офіційним підтвердженням безпеки виробничих випробувань ЗІЗОД є Висновки санітарно-епідеміологічної експертизи про відповідність ЗІЗОД, хемосорбентів кислих і основних газів медичним критеріям безпеки та результати лабораторних випробувань об'єкта випробувань, одержані Українським випробувальним центром засобів індивідуального захисту органів дихання (Атестат про акредитацію №2Т268 від 20 квітня 2019 року).

Ідентифікацію зразків здійснює Комісія з організації та контролю виробничих випробувань шляхом їх порівняння зі зразками-еталонами, що одержані від розробника.

А.3.3 Регламент проведення виробничих випробувань

Голова комісії з організації та контролю виробничих випробувань:

- приймає у Розробника у відповідності з Актом прийняття-передання зразки-еталони та об'єкти випробувань (КЗЗОДС), що споряджені Інструкцією з експлуатації;
- визначає робітників-випробувачів відповідно до переліку професій та робочих місць, де небезпечні та шкідливі фактори відповідають призначенню і захисним характеристикам КЗЗОДС;
- сумісно з Розробником організує навчання робітників-випробувачів щодо призначення, устрою, правил експлуатації та вимог до догляду за об'єктами випробувань, змісту і порядку оформлення опитувальних листів, обліку результатів випробувань.

Голова комісії з проведення виробничих випробувань повинен:

- оволодіти даними щодо призначення, устрою, правил експлуатації, вимог до догляду за КЗЗОДС, змісту і порядку оформлення опитувальних листів, обліку результатів випробувань;
- здійснювати контроль за проведенням виробничих випробувань (забезпечити застосування КЗЗОДС згідно з Інструкціями по їх експлуатації);
- здійснювати контроль щодо своєчасної заміни “спрацьованої” півмаски;
- інформувати відділ охорони праці або/і відповідального за проведення та контроль виробничих випробувань про одержані результати виробничих випробувань;
- забезпечити слушне заповнення та збирання опитувальних листів, здійснити аналіз і узагальнення даних, що містяться в них, оформлених Протоколах виробничих випробувань КЗЗОДС, та передати їх голові комісії з організації та контролю.

А.3.4 Обробка і аналіз результатів виробничих випробувань

Комісія з організації та контролю виробничих випробувань на підставі даних, що містяться в Протоколах виробничих випробувань КЗЗОДС, складає Акт виробничих випробувань і дає висновок щодо відповідності їх експлуатаційних характеристик та якості вимогам Технічного регламенту на ЗІЗ, Технічних умов на виготовлення КЗЗОДС та НТД, а також доцільності їх використання в умовах КХВ.

ДОДАТОК В

Технологічна послідовність виготовлення КЗЗОДС

Таблиця Б.1 – Технологічна послідовність виготовлення КЗЗОДС з фільтром FMGas1P2

Назва та номер організаційної операції	Номер неподільної операції	Назва операції та технічні умови виконання	Фак	Розряд	Витрати часу на виконання неподільної операції при виготовленні однієї одиниці виробу, с	Обладнання, інструменти, пристосування
1	2	3	4	5	6	7
Виготовлення патрубків						
010 Ливарна	1	Відлити патрубок	О	6	49,0	Машина ливарна вертикальна МЛВ-32 Прес-форма ПР-49.00.200 на деталь "Патрубок" РФ05.01.02.01
	2	Охолодити деталі	О	6	15,0	–
015 Зачисна	1	Видалити літник, облой, зачистити задирки	О	6	15,0	Робочий стіл Кусачки ГОСТ 28037-80 Рукавички ГОСТ 12.4.103-83
020 Контрольна	1	Контролювати відсутність недоливів, облою (візуально)	О	6	8,0	–
	2	Контролювати відповідність кресленню УК10.00.01	О	6	8,0	Стіл контролера Штангенциркуль ШЦ-125-0,1 ГОСТ 166-89
Σ = 95,0 с (0,026 год)						
Виготовлення екрана						
010 Ливарна	1	Відлити екран	О	6	22,0	Машина ливарна вертикальна МЛВ-32; Прес-форма ПР05.01.02.03 на деталь "Екран" РФ05.01.02.03
	2	Охолодити деталі	О	6	10,0	–
015 Зачисна	1	Видалити літник, облой, зачистити задирки	О	6	12,0	Робочий стіл Кусачки ГОСТ 28037-89 Рукавички ГОСТ 12.4.103-83
020 Контрольна	1	Контролювати відсутність недоливів, облою (візуально)	О	6	8,0	–
	2	Контролювати відповідність кресленню РФ05.01.02.03	О	6	8,0	Стіл контролера Штангенциркуль ШЦ-125-0,1 ГОСТ 166-89
Σ = 60,0 с (0,017 год)						
Виготовлення гайки						
010 Ливарна	1	Відлити гайку	О	6	25,0	Машина ливарна вертикальна МЛВ-32; Прес-форма ПР-33.10.00 на деталь "Гайка" РФ05.01.02.02
	2	Охолодити деталі	О	6	9,0	–
015 Зачисна	1	Видалити літник, облой, зачистити задирки	О	6	10,0	Робочий стіл Кусачки ГОСТ 28037-89 Рукавички ГОСТ 12.4.103-83
020 Контрольна	1	Контролювати відсутність недоливів, облою (візуально)	О	6	8,0	–
	2	Контролювати відповідність кресленню РФ05.01.02.02	О	6	8,0	Стіл контролера Штангенциркуль ШЦ-125-0,1 ГОСТ 166-89
Σ = 60,0 с (0,017 год)						
Виготовлення балаклави						
010 Розкроювальна	1	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил з тканини INDURA Ultra soft, ширина 1400, полотно розміром (3640x1400)	Р	6	1,5	

		5 мм;				
	2	Розмітити заготовки деталей балаклави	Р	6	3,0	Розкроювальна стрічкова машина РЛ-1000-1 ТУ 16-522157-83 Настільний розкроювальний ніж модель 35RC-100 Розкроювально-настільний стіл; лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75; лекала
	3	Розрізати настил на три частини настільним розкроювальним ножом	Р	6	3,5	
	4	Перемістити на стіл розкроювальної стрічкової машини одну частину настилу	Р	6	1,5	
	5	Розкроїти на заготовки деталей балаклави, не порушуючи шарів; другу та третю частини аналогічно	Р	6	2,5	
	6	Контролювати при настиланні кожного шару якість: відсутність дір, порізів, забруднень	Р	6	1,5	
015 Контрольна	1	Контролювати на відповідність кресленням	Р	6	1,0	
	2	Контролювати розміри обтачки (240x55)±3мм	Р	6	1,0	
025 Швейна	1	Зшити з'єднувальним швом (на 10 мм 3–4 стібки) завширшки 5–6 мм лобно-потиличну та бокові частини	Ш	6	117,0	Машина швацька зшивально-обметувальна 51-2745x3,2 Машина швацька промислова класу 1022М Ножиці ГОСТ Р 51268-99 Нитка 4ЛХ, нитка латексна
	2	Зшити з'єднувальним швом праву та ліву деталі фронтальної частини з лівою та правою боковими частинами (на 10 мм 3–4 стібки) завширшки 5–6 мм	Ш	6	105,0	
	3	Зшити з'єднувальним швом праву та ліву деталі фронтальної частини та балаклави (центральный шов)(на 10 мм 4-5 стібків) завширшки 5-6 мм	Ш	6	40,0	
	4	Обробити всі шви та нижню частину балаклави на машині зшивально-обметувальній	Ш	6	155,0	
	5	Обробити сторону деталей №2 і №3 "кишені" (2 од.) для КЗЗОДС на машині зшивально-обметувальній	Ш	6	10,0	
	6	З'єднати деталі №1, №2 і №3 на машині зшивально-обметувальній таким чином, щоб деталь №2 перекривала №3 на 40 мм	Ш	6	90,0	
	7	Сумістити "кишені" для ЗІЗОС з контуром панорамного вирізу в точках розмітки	Ш	6	75,0	
	8	Окантувати по периметру панорамний виріз обтачкою, попередньо зшитою по ширині в кільце, складеною вдвічі, (на 10 мм 3–4 стібки) швом 5–6 мм, одночасно фіксуючи "кишені" для ЗІЗОС	Ш	6	110,0	
	9	Обробити шов на машині зшивально-обметувальній	Ш	6	65,0	
	10	Вивернути обтачку назовні балаклави, зафіксувати швом (на 10 мм 3 стібки) паралельно лінії з'єднувального шва на відстані 2–3 мм	Ш	6	30,0	
	11	Прострочити балаклавку ниткою латексною згідно з ескізним рисунком	Ш	6	750,0	
030 Контрольна	1	Контролювати якість швів, відсутність пропусків	Ш	6	2,0	Стіл контролера
	2	Контролювати на відповідність кресленню КЗШП01.00.00.00-01СК	Ш	6	3,0	
Σ = 1567,5 (0,435 год)						
Шумопоглинаючий елемент (ШЕ)						
010 Розкроювальна	1	Розкласти на розкроювально-настільному столі настил з полотна трикотажного бавовняного (ширина "рукава" 920 мм) розміром (2360x920)±5мм. Кількість шарів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок	Р	6	3,0	Розкроювальна стрічкова машина РЛ-1000-1 ТУ 16-522157-83 Настільний розкроювальний ніж модель 35RC-100 Електричний настільний ніж серія С-Е/2000 Розкроювально-настільний стіл; Лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75
	2	Розмітити у відповідності з картою розкрою на прямокутники розміром (130x150)±3мм для вирубки заготовок ШЕ	Р	6	2,5	
	3	Розрізати настил на три частини настільним розкроювальним ножом	Р	6	1,5	

	4	Перемістити на стіл розкроювальної стрічкової машини одну частину настилу	P	6	1,0	
	5	Розкроїти на прямокутники розміром (130x150)±3мм, не порушуючи шарів; другу та третю частини аналогічно	P	6	2,5	
	6	Контролювати при настиланні кожного шару якість: відсутність дір, порізів, забруднень	P	6	1,0	
	7	Розмітити згідно з картою розкрою лист Неопрену (2300x1400)мм на прямокутники розміром (125x120)±3мм для вирубки заготовок ШЕ. Кількість листів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок	P	6	3,0	
	8	Розрізати настил на дві частини	P	6	1,0	
	9	Розкроїти на прямокутники розміром (125x120)±3мм	P	6	3,5	
	10	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил з матеріалу шумоізолюючого "ULTIMATE SOFT" S=6 мм (ширина 1500мм) розміром (2060x1500)±5мм Кількість шарів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок	P	6	3,0	
	11	Розмітити настил на прямокутники розміром (120x125)±3мм	P	6	3,0	
	12	Розрізати настил на три частини	P	6	1,5	
	13	Перемістити на стіл розкроювальної стрічкової машини одну частину настилу	P	6	1,0	
	14	Розкроїти на прямокутники розміром (120x125)±3мм, не порушуючи шарів; другу та третю частини аналогічно	P	6	2,5	
	15	Контролювати при настиланні кожного шару п.7, п.10 якість: відсутність дір, порізів, забруднень	P	6	1,0	
015 Контрольна	1	Контролювати розміри заготовок для вирубки деталей ШЕ: полотно трикотажне розміром (130x150)±3мм; шумоізолюючі матеріали: Неопрен - (120x120)±3мм; "ULTIMATE SOFT"- (120x125)±3мм	P	6	2,0	стіл контролера, лінійка Л-0,11000 ГОСТ 427-75
025 Вирубна	1	Вирубати заготовки чохла діаметром 120мм з полотна трикотажного	P	6	1,5	
	2	Вирубати заготовки шумопоглинаючих вкладишів діаметром 110мм з матеріалу Неопрен	P	6	1,5	Прес електрогідрравлічний вирубний ПКП-10 Просічка
	3	Вирубати заготовки шумопоглинаючих вкладишів діаметром 110мм з матеріалу "ULTIMATE SOFT"	P	6	1,5	
030 Контрольна	1	Контролювати розміри заготовок згідно з кресленнями	P	6	6,0	Стіл контролера; шаблони
040 Швейна	1	Зшити по колу з'єднувальним швом (на 10 мм 3-4 стібки) завширшки 5-6 мм дві деталі чохла (2 од.), не дострочивши до початку шва 40 мм	Ш	6	30,0	Машина швацька промислова класу 1022М Ножиці ГОСТ Р 51268-99; Нитка 4ЛХ
045 Контрольна	1	Контролювати якість шва та відсутність пропусків	Ш	6	3,0	Стіл контролера
060 Підготовча	1	Розрізати лист з алюмінієвого сплаву на смуги завширшки 70±0,5мм	P	6	3,0	
	2	Перемістити на ділянку вирубки	P	6	2,5	Роликовий ніж для різання металу
065 Вирубна	1	Вирубати пластину	P	6	3,0	Прес штампувальний ексцентриковий ОБ40900 Штамп
075 Підготовча	1	Очистити від мастила та бруду	С	6	5,0	Ванна очисна, круг гнучкий полірувальний ПП 175 16 32 14А ГОСТ 2424-82
	2	Притупити гострі кромки	С	6	6,0	
080 Контрольна	1	Контролювати чистоту поверхні пластин	С	6	1,0	
	2	Контролювати відповідність пластин кресленню	С	6	1,0	Стіл контролера; шаблон
090	1	Зняти плівку з заготовки з матеріалу	С	6	2,0	Робочий стіл

Складальна		"ULTIMATE SOFT"				
	2	Розташувати пластину поверх даної заготовки (п. 1), зорієнтувавши по центру	С	6	2,5	
	3	Накласти заготовку з Неопрену на деталь (п. 2), суміщаючи та приклеївши їх по контуру	С	6	2,0	
	4	Клейте заготовки поступово від центру до країв, витискаючи надлишок повітря	С	6	1,5	
	5	Вкласти вкладиш (п.4) в отвір попередньо вигорнутого на лицеву сторону чохла	С	6	4,0	
095 Контрольна	1	Контролювати правильність збирання деталей вкладишу згідно з кресленням	С	6	1,5	Стіл контролера
	2	Контролювати правильність розміщення вкладишу у чохлі згідно з кресленням	С	6	1,5	
105 Швейна	1	Зістрочити отвір у чохлі з'єднувальним швом (на 10 мм 3-4 стібки) завширшки 5-6 мм	Ш	6	10,0	Машина швацька промислова класу 1022М
110 Контрольна	1	Контролювати якість шва та відсутність пропусків	Ш	6	3,0	Стіл контролера
Σ = 126,0 с (0,035 год)						
Виготовлення притискної пластини						
010 Підготовча	1	Розрізати лист з алюмінієвого сплаву на смуги завширшки 70±0,5 мм	Р	6	1,5	Роликовий ніж для різання металу
	2	Перемістити на ділянку вирубки	Р	6	2,5	
015 Вирубна	1	Вирубати притискну пластину	Р	6	1,5	Прес штампувальний ексцентриковий ОБ40900; штамп
025 Підготовча	1	Очистити від мастила та бруду	С	6	5,0	Ванна очисна
	2	Притупити гострі кромки	С	6	6,0	Круг гнучкий полірувальний ПП 175×16×32 14А ГОСТ 2424-82
030 Контрольна	1	Контролювати чистоту поверхні пластин	Р	6	1,0	Стіл контролера
	2	Контролювати відповідність пластин кресленню РФ-43.00.04	Р	6	1,0	Штангенциркуль ШЦ-125-0,1 ГОСТ 166-89
Σ = 18,5 с (0,005 год)						
Виготовлення обтюратора						
010 Розкроювальна	1	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил розміром (400×900)±5мм (не більше 100 шарів)* матеріалів: *один шар включає два нижчеперерахованих матеріали (заготовки на обтюратор) - матеріал на основі поліпропіленових волокон Елефлен ТУ У 25513947010-2000; - марля медична з натуральної бавовни ГОСТ 9412-93 Кількість шарів настилу обумовлена кількістю заготовок	Р	6	2,5	Розкроювальна стрічкова машина РЛ-1000-1 ТУ 16-522157-83 Стіл розкроювально-настильний Лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75
	2	Контролювати при настиланні кожного шару цілісність полотен (відсутність дір, порізів, забруднень)	Р	6	1,0	
	3	Розмітити настил на смуги розміром (60×400)±5мм відповідно до карти розкрою	Р	6	1,5	
	4	Перемістити на стіл розкроювальної стрічкової машини	Р	6	2,5	
	5	Розкроїти на смуги розміром (60×400)±5мм, не порушуючи шарів	Р	6	2,0	
	6	Контролювати при настиланні кожного шару цілісність полотна (відсутність дір, порізів, різновтовщинності)	Р	6	1,0	
015 Контрольна	1	Контролювати розміри заготовок обтюратора, смуги -(60×400)±5мм	Р	6	1,0	Стіл контролера Лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75
Σ = 11,5 с (0,003 год)						
Виготовлення корпусу півмаски від аерозолів						
010 Розкроювальна	1	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил з полотна нетканого голкопробивного для респіраторів арт.13В233(160)Н6 розміром (200×2000)±5 мм, не більше 50-ти шарів. Кількість шарів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок	Р	6	2,5	Розкроювальна стрічкова машина РЛ-1000-1 ТУ 16-522157-83 Настільний розкроювальний ніж модель 35RC-100 Розкроювально-настильний стіл Лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75
	2	Контролювати при настиланні кожного шару	Р	6	1,0	

		якість: відсутність дір, порізів, забруднень				
	3	Розмітити на квадрати розміром (200×200)±5мм згідно з картою розкрою	Р	6	1,5	
	4	Перемістити на стіл розкроювальної стрічкової машини	Р	6	1,0	
	5	Розкроїти на квадрати розміром (200×200)±5мм, не порушуючи шарів	Р	6	2,0	
	6	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил розміром (750×2400)±5 мм з матеріалу фільтрувального Елефлен, не більше 60ти шарів. Кількість шарів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок	Р	6	1,5	
	7	Контролювати при настиланні кожного шару якість: відсутність дір, порізів, різнотовщинності	Р	6	1,0	
	8	Розмітити на квадрати розміром (200×200)±5мм згідно з картою розкрою	Р	6	1,5	
	9	Розрізати настил на квадрати настільним розкроювальним ножом, не порушуючи шарів	Р	6	5,0	
015 Контрольна	1	Контролювати розмір заготовок матеріалів (200x200)±5мм	Р	6	1,0	Стіл контролера; шаблон ШРП01.01.01
025 Підготовча	1	Підключити установку термічного формування заготовки корпусу півмаски згідно з вимогами "Інструкції з експлуатації"	Ф	6	600,0/0,4	Установка термічного формування заготовок корпусу півмаски
	2	Розмістити заготовку (200x200)±5мм з полотна нетканого голкопробивного для респіраторів арт.13В233(160)Н6 на робочому столі установки. Формувати заготовки при нагріванні пуансона до t=110°C, матриці до t=120°C (показання термоконтролера)	Ф	6	1,0	
030 Формувальна	1	Розмістити заготовку (200x200)±5мм з полотна нетканого голкопробивного для респіраторів арт.13В233(160)Н6 на матриці таким чином, щоб опора механізму притиску була повністю перекрита	Ф	6	2,3	Установка термічного формування заготовок корпусу півмаски
	2	Сформувати заготовку корпусу півмаски приведенням до руху пуансона натисканням кнопок "ПУСК" правою та лівою руками одночасно	Ф	6	10,0	
	3	Скласти сформовані заготовки корпусу півмаски в стопи	Ф	6	1,5	
035 Контрольна	1	Контролювати геометричну форму заготовки корпусу півмаски згідно з кресленням РП01.01.00.01	Ф	6	1,5	Стіл контролера
	2	Контролювати температуру формування: пуансона до t=110°C, матриці до t=120°C (показання термоконтролера)	Ф	6	1,5	
	3	Контролювати відсутність забруднень, вм'ятин, дір	Ф	6	1,0	
045 Підготовча	1	Підключити установку для зварювання кромки корпусу півмаски згідно з вимогами "Інструкції з експлуатації"	Св	6	900,0/1,3	Установка зварювання кромки корпусу півмаски
	2	Розмістити заготовки корпусу півмаски та заготовки розміром (200x200)±5мм з матеріалу фільтрувального Елефлен на робочому столі установки	Св	6	1,0	
050 Зварювальна	1	Надягнути внутрішню заготовку корпусу півмаски на манекен, забезпечивши співпадання форми	Св	6	3,0	Установка зварювання кромки корпусу півмаски Просічка діаметром 105мм ПС01.01
	2	Покрити внутрішню заготовку заготовкою з матеріалу Елефлен, розташувавши її кутом у верхню частину корпусу півмаски	Св	6	3,0	
	3	Розмістити зовнішню заготовку корпусу півмаски поверх заготовки з Елефлену, внутрішню та зовнішню заготовки сумістити таким чином, щоб точки розміток кріплення стрічок оголів'я збігалися	Св	6	3,0	
	4	Укласти манекен та заготовки в основу як єдине ціле, обома руками, нижньою	Св	6	4,0	

		частиною манекена уверх				
	5	Розгладити краї заготовок та повернути манекен на робочий столик (на металеву пластину)	Св	6	2,0	
	6	Обрізати та запаяти кромки периметру корпусу півмаски приведенням до руху рухомої частини натисканням кнопок "ПУСК" правою і лівою руками одночасно до суміщення її з основою	Св	6	8,0	
	7	Очистити кільце, що нагрівається, від наплавленого матеріалу після кожних 10-ти одиниць наступним чином: - покласти на основу підготовлений квадрат з матеріалу СФМ-ОП розміром (160x160)±5мм і отвором діаметром 105мм; - привести до руху рухому частину натисканням кнопок "ПУСК" правою і лівою руками одночасно; - натиснути кнопку "СТОП" після доведення нижньої рухомої частини до нижньої "мертвої" точки; - повернути ручкою кільце, що нагрівається, від упору до упору 2-3 рази; - привести до руху рухому частину натисканням кнопок "ПУСК" правою і лівою руками одночасно	Св	6	10,0	
	8	Складати готові корпуси півмасок в стопи	Св	6	1,5	
055	1	Контролювати геометрію контуру периметру корпусу півмаски	Св	6	1,0	Стіл контролера, шаблон ШРП01.01.02
Контрольна	2	Контролювати відсутність обвуглювання контуру, забруднень	Св	6	1,0	
065	1	Розташувати корпус півмаски на манекені	Св	6	3,0	Установка для свердлення отворів свердло діаметром 24мм
	2	Перевірити співпадання форми манекена та корпусу півмаски	Св	6	1,0	
	3	Просвердлити отвір діаметром 24мм в корпусі півмаски: обертанням рукоятки підвести спеціальне свердло діаметром 24мм до півмаски. В манекені півмаски зроблений паз для заміни вкладишів по мірі їх зносу	Св	6	4,0	
070	1	Контролювати діаметр (24мм) і геометрію отвору	Св	6	1,0	Стіл контролера, шаблон ШРП01.01.02, пробка діаметром 24мм
	Контрольна	2	Контролювати розташування отвору, відсутність тріщин, заусенців	Св	6	
Σ = 86,0 с (0,024 год)						
Збирання півмаски від аерозолів						
010	1	Покласти обтюратор марлею на стіл	Ш	6	3,0	Стіл робочий
	2	Розкласти шнур уздовж довжини обтюатора посередині так, щоб кінці шнура виступали за край обтюатора не менш ніж на 25мм	Ш	6	1,5	
	3	Скласти обтюратор вдвічі, сумістивши краї марлею назовні	Ш	6	1,5	
015	1	Сумістити обтюратор з зовнішньою поверхнею корпусу півмаски таким чином, щоб краї обтюатора перекривали центр півмаски в області підборіддя на 15–20мм. Кінці шнура повинні вільно звисати	Ш	6	3,0	Машина швацька промислова класу 1022М Ножиці ГОСТ Р 51268-99 Нитка армована (44ЛХ) ГОСТ 6309-93
	2	Пристрочити обтюратор по периметру корпусу півмаски рядковим швом (на 10мм 3–4 стібки), відступивши від краю 4-5мм	Ш	6	7,0	

	3	Обрізати кінці ниток	Ш	6	1,0	
020 Контрольна	1	Контролювати якість шва візуально, дефекти не припускаються	Ш	6	1,0	Стіл контролера
Σ = 18,0 с (0,005 год)						
Виготовлення фільтра від газів						
010 Розкроювальна	1	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил з полотна голкопробивного сорбційно-фільтруючого СФМ-ОП розміром (1600x2700)±5 мм, не більше 7-ми шарів. Кількість шарів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок	Р	6	2,5	Розкроювальна стрічкова машина РЛ-1000-1 ТУ 16-522157-83 Настильний розкроювальний ніж модель 35RC-100 Розкроювально-настильний стіл Лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75
	2	Контролювати при настиланні кожного шару якість: відсутність дір, порізів, забруднень, різнововщинності	Р	6	1,0	
	3	Розмітити на смуги розміром (1600x225)±5мм згідно з картою розкрою	Р	6	1,5	
	4	Розрізати настил на три частини настільним розкроювальним ножом	Р	6	1,0	
	5	Перемістити на стіл розкроювальної стрічкової машини одну частину настилу	Р	6	1,0	
	6	Розкрити на смуги розміром (1600x225)±5мм, не порушуючи шарів; другу і третю частини аналогічно	Р	6	1,5	
	7	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил з тканини бавовняної білизняного призначення ДСТУ ГОСТ 29298:2008 розміром (800x2700)±5 мм. Кількість шарів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок	Р	6	2,0	
	8	Контролювати при настиланні кожного шару якість: відсутність дір, порізів, забруднень	Р	6	1,0	
	9	Розмітити на смуги розміром (800x225)±5мм згідно з картою розкрою	Р	6	1,0	
	10	Розрізати настил на дві частини настільним розкроювальним ножом	Р	6	1,0	
	11	Перемістити на стіл розкроювальної стрічкової машини одну частину настилу	Р	6	1,0	
	12	Розкрити на смуги розміром (800x225)±5мм, не порушуючи шарів; другу частину аналогічно	Р	6	1,5	
015 Контрольна	1	Контролювати розмір смуг (800x225)±5ммта (1600x225)±5мм	Р	6	2,0	Стіл контролера Лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75
025 Імпрегнуювальна	1	Виготовити хемосорбент імпрегнований з індикацією "спрацьовування" ЕКОФІЛ-1" або "ЕКОФІЛ-2" згідно з вимогами Технологічного регламенту ТР 03-02-2014	Л	4	40,0	Ванна для імпрегнування Сушарка
030 Контрольна	1	Контролювати параметри технологічного процесу виготовлення хемосорбенту "ЕКОФІЛ-1" або "ЕКОФІЛ-2" згідно з вимогами Технологічного регламенту ТР 03-02-2014	Л	4	10,0	Ваги лабораторні ВЛР-200 II клас точності, ВТ-1000 IV клас точності Гігрометр психрометричний ВІТ-2 Термометр
040 Розкроювальна	1	Скласти на розкроювально-настильному столі смуги хемосорбенту в стопу (не більше 7-ми шарів). Кількість шарів в стопі обумовлена необхідною кількістю заготовок для вирубки фільтра від газів	Р	6	1,5	Розкроювальна стрічкова машина РЛ-1000-1 ТУ 16-522157-83 Настильний розкроювальний ніж модель 35RC-100 Розкроювально-настильний стіл Лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75
	2	Розмітити на прямокутники розміром (160x225)±3мм згідно з картою розкрою	Р	6	1,0	
	3	Розрізати на дві частини настільним розкроювальним ножом	Р	6	1,5	
	4	Перемістити на стіл розкроювальної стрічкової машини одну частину	Р	6	2,0	
	5	Розрізати на прямокутники (160x225)±3мм, другу частину аналогічно	Р	6	1,0	

	6	Скласти на розкроювально-настильному столі смуги індикатора, виготовленого відповідно до вимог Технічного регламенту ТР 04 - 10 - 204. Кількість шарів в стопі обумовлена необхідною кількістю заготовок для вирубки фільтра від газів	P	6	1,5	
	7	Розмітити на прямокутники розміром(160×225)±3мм згідно з картою розкрою	P	6	1,0	
	8	Розрізати на дві частини настільним розкроювальним ножом	P	6	1,5	
	9	Перемістити на стіл розкроювально-стрічкової машини одну частину	P	6	2,0	
	10	Розрізати на прямокутники (160x225)±3мм, другу частину аналогічно	P	6	1,0	
	11	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил з матеріалу нетканого Спанбонд розміром (900x2700)±5мм. Кількість шарів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок протигазових фільтрів	P	6	2,0	
	13	Розмітити на прямокутники розміром (180x225)±3мм згідно з картою розкрою	P	6	1,0	
	14	Розрізати настил на три частини настільним розкроювальним ножом	P	6	1,5	
	15	Перемістити одну частину настилу на стіл розкроювальної стрічкової машини	P	6	2,0	
	16	Розрізати на прямокутники розміром(180x225)±3мм, друг та третю частини аналогічно	P	6	1,0	
	17	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил з матеріалу нетканого SMS розміром (1600x2700)±5мм. Кількість шарів настилу обумовлена необхідною кількістю заготовок протигазових фільтрів	P	6	1,5	
	18	Контролювати при настиланні кожного шару якість: відсутність дір, порізів забруднень	P	6	1,0	
	19	Розмітити на прямокутники розміром (160x225)±3мм згідно з картою розкрою	P	6	1,5	
	20	Розрізати настил на три частини настільним розкроювальним ножом	P	6	5,0	
	21	Перемістити одну частину настилу на стіл розкроювальної стрічкової машини	P	6	2,0	
	22	Розрізати на прямокутники розміром (160x225)±3мм, друг та третю частини аналогічно	P	6	1,0	
	23	Розкласти на розкроювально-настильному столі настил з матеріалу Карбопон В-Актив марка Б розміром (550x2700)±5мм. Кількість шарів настилу - обумовлена необхідною кількістю заготовок протигазових фільтрів	P	6	2,5	
	24	При настиланні кожного шару контролювати відсутність дір, надрізів різнововщинності	P	6	1,0	
	25	Розмітити на прямокутники розміром (160x225)±3мм згідно з картою розкрою	P	6	1,5	
	26	Розрізати настил на три частини настільним розкроювальним ножом	P	6	2,5	
	27	Перемістити одну частину настилу на стіл розкроювальної стрічкової машини	P	6	3,0	
	28	Розрізати на прямокутники розміром (160x225)±3мм, друг та третю частини аналогічно	P	6	1,5	
045 Контрольна	1	Контролювати розміри прямокутників за пп. 5, 10, 22, 28 - (160x225)±3мм та за п. 16 - (180x225)±3мм	P	6	2,0	Стіл контролера Лінійка Л-0,1-1000 ГОСТ 427-75
055 Вирубна	1	Вирубати заготовки фільтра від газівРПГ02.02.00.00	P	6	1,5	Прес електрогідрравлічний вирубний ПКП-10

						Просічка ПСРПГ02.02.00.00
060 Контрольна	1	Контролювати розміри заготовок фільтра від газів на відповідність кресленню РПГ02.02.00.00	Р	6	1,0	Стіл контролера; Шаблон ШРПГ02.02.00.00
070 Швейна	1	Розмістити заготовку фільтра наступним чином: - у випадку використання хемосорбенту: Спанбонд, хемосорбент, Спанбонд, індикатор, Спанбонд; - у випадку використання Карбопон В-Актив: Спанбонд, Карбопон В-Актив, SMS	Ш	6	6,0 або 3,0	Машина швацька зшивальнообметувальна 51-2745x3,2 Машина швацька промислова класу 1022М Ножиці ГОСТ Р 51268-99, Нитка армована (44ЛХ) ГОСТ 6309-93
	2	Зістрочити всі шари по периметру у з'єднувальному швом (на 10 мм 3 стібки), одночасно зафіксувати бирку маркуванням	Ш	6	10,0	
	3	Обробити по периметру на машині і швацькій зшивально-обметувальній	Ш	6	8,0	
	4	Сумістити краї фільтра таким чином, щоб одна сторона перекривала другу на 8-10мм. У випадку фільтрів марок Е1 та К1 індикатор, покритий Спанбондом, повинен розташовуватися на внутрішній поверхні фільтра. У випадку фільтра марки А1 на внутрішній поверхні розташовується матеріал SMS	Ш	6	3,0	
	5	Зістрочити рядковим швом (на 10 мм 4 стібки)	Ш	6	4,0	
	6	Закріпити початок та кінець шва, обрізати нитки	Ш	6	2,0	
	075 Контрольна	1	Контролювати якість шва, дефекти не припустимі	Ш	6	
2		Контролювати відповідність кресленню РПГ02.02.00.00	Ш	6	3,0	
Σ = 154,5 с (0,042 та 0,043 год) (153 та 156)						
Збирання КЗ						
010 Підготовча	1	Вставити хвостовик пелюстка клапана видиху в центральний отвір патрубку, потягнути за нього до упору і відпустити. Пелюсток клапана видиху повинен щільно прилягати по периметру сідловини патрубку	С	6	5,0	Стіл складальника ножиці ГОСТ Р 51268-99
015 Контрольна	1	Контролювати якість фіксації пелюстка ЛКВ-1 на сідловині патрубку та його герметичність	С	6	1,0	Стіл контролера
020 Складальна	1	Зафіксувати на корпусі півмаски фільтрувальної РП01.01.00.01 клеєм в області перенісся на відстані 3-5 мм від лінії обтюраторної притискної пластини РФ-43.00.04	С	6	7,0	шафа витяжна клей Boterm GTA
025 Контрольна	1	Контролювати якість фіксації притискної пластини	С	6	1,5	Стіл контролера
035 Складальна	1	Розмістити фільтр від газів РПГ02.02.00.00 відповідного призначення (А1, В1, Е1, К1) всередині корпусу півмаски РП01.01.00.01 від аерозолів, зорієнтувавши шов в області підборіддя. Край фільтра повинен виступати за край корпусу півмаски від аерозолів на 2-3 мм	С	6	3,0	Стіл складальника
	2	Відвернути обтюратор на внутрішню поверхню корпусу півмаски	С	6	3,0	
	3	Розмістити півмаску п. 2 у фронтальній частині балаклави, сумістивши отвори	С	6	3,0	
	4	Вставити патрубок в суміщені отвори балаклави і півмаски з зовнішньої сторони	С	6	2,5	
	5	Зафіксувати з внутрішньої сторони гайкою	С	6	3,0	
	6	Зафіксувати екран на патрубок заклапуванням	С	6	2,0	
	7	Вкласти шумопоглинаючі елементи в кишені балаклави (відповідно правий елемент - в праву кишеню, лівий - в ліву, розташували увігнутою стороною до обличчя)	С	6	12,0	
040 Контрольна	1	Контролювати якість фіксації вузла клапана видиху та його герметичність	С	6	1,0	Стіл контролера
	2	Контролювати розміщення фільтрувальної півмаски та ШЕ	С	6	2,0	

	3	Контролювати на відповідність кресленню КЗШП01.00.00.00-01СК (контроль здійснюється виробником і на кожному виробі наноситься його табельний номер)	С	6	2,5	
Σ = 48,5 с (0,013 год)						
Пакування КЗ						
005 Комплектувальна	1	В поліетиленовий пакет вкласти КЗ – 1 од.; інструкцію з експлуатації - 1 од. і закрити будь-яким способом, що забезпечує герметичність та надійність зберігання	С	6	4,0	Стіл комплектувальний
	2	Маркувати пакування відповідно до вимог ТУ У 28.2-01530125-037:2015	С	6	3,0	
010 Контрольна	1	Контролювати комплектність і герметичність упаковки	С	6	1,5	Стіл контролера
025 Пакувальна	1	Укласти пакети з КЗ в ящики з гофрокартону ГОСТ 9142-84	С	6	3,0	Стіл комплектувальний, чорна вологостійка фарба, штампи
	2	Вкласти в кожний ящик пакувальний аркуш, закрити ящик та маркувати згідно з вимогами ТУ У 28.2-01530125-037:2015	С	6	2,5	
030 Контрольна	1	Контролювати якість пакування ящика з КЗ, наклеювання етикетки, маркування	С	6	2,0	Стіл контролера
Σ = 16,0 с (0,004 год)						

$$M_{зм.} = 8 \times 21/0,627 = 267 \text{ од. виробів у місяць}$$