

В.І. ГОЛІНЬКО, Л.Д. ТРЕТЯКОВА, С.І. ЧЕБЕРЯЧКО

**ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБІВ
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ
ПРАЦЮЮЧИХ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД «НАЦІОНАЛЬНИЙ
ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



В.І. ГОЛІНЬКО, Л.Д. ТРЕТЯКОВА, С.І. ЧЕБЕРЯЧКО

ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПРАЦЮЮЧИХ

Навчальний посібник

ДНІПРО
НГУ
2017

УДК 614.894
Г 60

Затверджено вченою радою університету як навчальний посібник
(протокол № 16 від 24 жовтня 2017 р.)

Рецензенти:

А.О. Гурін, зав. кафедри рудникової аерології та охорони праці Криворізького національного університету, д-р техн. наук, професор;

А.С. Беліков, зав. кафедри безпеки життєдіяльності Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, д-р техн. наук, професор.

Голінько В.І.

Г-60 Проектування засобів індивідуального захисту працюючих : навч. посіб. / В.І. Голінько, Л.Д. Третьякова, С.І. Чеберячко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2017. 181 с.

Розглянуто умови праці в різних галузях промисловості України, визначені основні шкідливі виробничі чинники та вимоги до засобів індивідуального захисту працюючих від їх впливу. Наведено сучасні підходи щодо проектування захисного одягу, засобів індивідуального захисту рук, ніг, голови, органів дихання, що базуються на результатах математичного моделювання та оптимізації параметрів засобів індивідуального захисту.

Посібник відповідає програмі дисципліни «Проектування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих» і призначений для аспірантів та магістрів, що навчаються за спеціальністю – 263 «Цивільна безпека», та може бути використаним студентами і викладачами вузів, науковими співробітниками та інженерно-технічними працівниками підприємств при виборі та використанні засобів індивідуального захисту працюючих.

УДК 614.894

© В.І. Голінько, Л.Д. Третьякова, С.І. Чеберячко 2017
© Державний ВНЗ «НГУ», 2017

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ УМОВ ПРАЦІ ТА ПРОБЛЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ.....	7
1.1 Людина в системі праці.....	7
1.2 Аналіз умов праці на підприємствах різних галузей виробництва	11
1.3 Стан травматизму та професійної захворюваності в Україні	22
1.4 Характеристика завдань створення, регламентації та експлуатації засобів індивідуального захисту	29
1.5 Потреба у використанні засобів індивідуального захисту	31
Запитання для самоконтролю	42
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКТІВ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....	43
2.1 Характеристика наявних засобів індивідуального захисту	43
6	
2.1.2 Захисний одяг	48
2.1.3 Засоби індивідуального захисту органів дихання	50
2.1.4 Засоби індивідуального захисту органів слуху	55
2.1.5 Засоби індивідуального захисту голови.....	58
2.1.6 Запобіжні пояси	59
2.1.7 Індивідуальний захист очей та обличчя.....	60
2.2 Сучасний підхід у формуванні системи індивідуального захисту	60
2.3 Принципи побудови детермінованих математичних моделей засобів індивідуального захисту.....	67
2.4 Методи математичного моделювання, розрахунку та оптимізації засобів індивідуального захисту.....	71
2.5 Концепція конструктивно-технологічної розробки комплектів засобів індивідуального захисту.....	73
2.6 Зонально-модульна модель побудови конструкцій засобів індивідуального захисту	75
Запитання для самоконтролю	81
РОЗДІЛ 3. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ ТА ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....	81
3.1 Матеріали для ізолювального комплекту від радіоактивних забруднень	81
3.1.1 Вибір і дослідження показників матеріалів для комплектів разового використання.....	81
3.1.2 Розробка матеріалів для комплектів багаторазового використання ...	87
3.1.3 Показники захисних та експлуатаційних властивостей матеріалів	88
3.2 Розробка матеріалів для радіаційнозахисного комплекту.....	88
3.3 Розробка матеріалів для ізолювального комплекту від хімічноактивних речовин.....	91
3.4 Розробка і вибір матеріалів для фільтрувального комплекту	96

3.5 Дослідження захисних властивостей матеріалів для фільтруючих ЗІЗ органів дихання	100
3.6 Дослідження акустичної ефективності наборів шумопоглинаючих матеріалів	109
3.7 Оцінка впливу виробничих умов на електричні характеристики матеріалів	112
Запитання для самоконтролю	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 4. БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКТІВ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ	
4.1 Постановка завдань оптимізації	117
4.2. Формалізація процедури надання вихідної інформації	121
4.3 Структурна оптимізація пакетів для створення ЗІЗ	126
4.3.1. Рекомендації щодо створення пакетів матеріалів	126
4.3.2. Вибір оптимального розподілу багатошарового пакету	127
4.4 Структурна оптимізація ізолювальних комплектів	133
4.4.1. Рекомендації щодо створення пакетів матеріалів та комплектності	134
4.3.2. Вибір оптимального складу та конструкції	136
4.5 Структурна оптимізація фільтрувального комплекту	139
Запитання для самоконтролю	142
РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНА РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПЛЕКТІВ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ	
5.1. Розробка конструктивно-технологічних рішень ізолювальних комплектів для захисту працівників	143
5.1.1. Вибір різновидів та конструктивних рішень для захисного одягу ..	143
5.1.2. Розробка конструктивно-технологічних рішень для респіраторів ..	147
5.1.3. Особливості технології виготовлення	150
5.2. Розробка конструктивно-технологічних рішень для ізолювальних комплектів від хімічноактивних речовин	153
5.2.1. Вибір різновидів та конструктивних рішень для захисного одягу ..	154
5.2.2. Розробка конструктивно-технологічних рішень для фільтрувального каптура	156
5.2.3. Особливості технології виготовлення	160
5.3. Розробка конструктивно-технологічних рішень радіаційнозахисних комплектів	162
5.3.1. Вибір різновидів та конструктивних рішень для захисного одягу ..	162
5.3.2. Особливості технології виготовлення	167
5.4. Розробка конструктивно-технологічного рішення фільтрувальних комплектів	168
5.4.1. Вибір різновидів і конструктивних рішень для захисного одягу ..	168
5.4.2. Розробка конструктивно-технологічних рішень протигазів	170
5.4.3. Особливості технології виготовлення	174
Запитання для самоконтролю	175
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	176

ВСТУП

Умови праці визначаються сукупністю факторів виробничого середовища і трудового процесу, що впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею трудових обов'язків. Серед факторів, що визначають умови праці прийнято виділяти фізичні (наприклад, температура повітря, рівень шумів і вібрацій, освітленість робочого місця) хімічні (наприклад, наявність токсичних газів і парів у повітрі робочої зони), психофізичні (наприклад, фізичні навантаження, перенапруга зору, монотонність праці) і біологічні (наприклад, наявність хвороботворних мікроорганізмів і бактерій).

За роки незалежності Україна досягла певних позитивних змін умов праці. Проте на підприємствах видобувної, переробної, машинобудівної, енергетичної галузей промисловості, а також на підприємства агропромислового комплексу умови праці за показниками шкідливості і небезпеки чинників виробничого середовища, тяжкості і напруженості трудового процесу є шкідливими. Вони характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні нормативи та здатні чинити несприятливий вплив на організм працівника та/або його нащадків. Робота в умовах перевищення гігієнічних нормативів (3 клас) дозволена тільки за умови застосування засобів індивідуального захисту працюючих (ЗІЗ).

ЗІЗ – це такі засоби, які призначено для виключення або суттєвого зменшення впливу на працівника наявних на робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Залежно від призначення ЗІЗ поділяють на 12 класів, кожен з яких складається з кількох десятків видів і типів. За відсутності універсальної єдиної класифікації кожний вид ЗІЗ класифікують за низкою ознак: за захисними властивостями; за призначенням; за конструкторським виконанням; за модельним рядом тощо.

До ЗІЗ висувають високі вимоги щодо їхньої ефективності, надійності, якості й економічності.

Ефективність – властивість виробу, яка визначається його можливостями забезпечити необхідний ступінь захисту працівника від шкідливих речовин та агресивного середовища. Ефективність виробу зумовлено властивостями матеріалу, конструкції та технологією виготовлення.

Якість – сукупність властивостей виробу, які забезпечують користувачу максимально можливий рівень комфорту у поєднанні з достатнім захистом без створювання додаткових ризиків у використанні (під додатковим ризиком розуміємо можливість небажаної події, яку спричинено використанням ЗІЗ, і пов'язаної з появою небезпеки з погіршенням самопочуття і здоров'я працівника). Додаткові ризики у використанні пов'язано з ускладненнями фізичного, гігієнічного, психологічного стану працівників, які виконують певні виробничі операції у визначених шкідливих або небезпечних умовах.

Якість виробу визначається кількома факторами, серед яких основними є: захисні властивості виробу, які забезпечують захист працівника у ЗІЗ від впливу агресивного середовища; ергономічні показники, які реалізують можливість комфортної праці впродовж усього терміну застосування ЗІЗ; гігієнічні властивості, які забезпечують достатній рівень тепломасообміну працівника з навколишнім середовищем.

Надійність у загальному плані – це якість, розподілена на часовому інтервалі, інтегральний показник співвіднесеності показників робочих процесів і вихідних характеристик виробів з їхнім функціональним призначенням. Надійність ЗІЗ – властивість виробу зберігати захисні властивості впродовж визначеного терміну експлуатації у заданих температурних умовах і відповідних поточних ремонтах. Кожен виріб поступово зношується під час впливу різноманітних чинників: механічного навантаження, ультрафіолетового випромінювання, теплових, механічних та електромагнітних впливів, багатократного очищення.

Для ЗІЗ якість і надійність релевантні характеристики, тому що ушкодження виробів може призвести до втрати захисних властивостей і зумовити виникнення професійних захворювань або травм

Економічність – властивість виробу бути конкурентоспроможним на ринку за умови відповідності вимогам державних стандартів. У загальному плані економічність визначається показниками вартості, які перебувають у певному співвідношенні до основної продукції підприємства та ціни інших виробників та величиною збитків, які утворюються у разі невідповідної якості виробів.

Під час визначення збитків від ЗІЗ низької якості необхідно враховувати технологічний, експлуатаційний і людський чинники. Технологічний чинник пов'язано зі зміненням розмірів і форми виробу, виникненням ефекту “гармошки”, скручуванням під час руху, зменшенням площі огляду та ін. Експлуатаційний – зниженням терміну використання, складнощами під час очищення, ремонту та утилізації. Людський чинник – погіршенням самопочуття, втрати працездатності, виникнення профзахворювань і травм, в деяких випадках зі смертельними наслідками.

Аби ЗІЗ виконували свої функції, вони повинні за призначенням і ступенем захисту чітко відповідати характеру та рівню шкідливих та небезпечних виробничих чинників і водночас бути прийнятними з фізіологічного та ергономічного поглядів, тобто забезпечувати фізико-технологічну сумісність окремих ЗІЗ у комплекті, а також з об'єктом захисту, а саме – працівником. Такий підхід можна реалізувати за рахунок вибору відповідних матеріалів, науково обґрунтованої конструкції ЗІЗ та їх комплектації.

Особливістю розробки ЗІЗ є необхідність дотримання жорстких нормативів, які суттєво відрізняються від вимог для аналогічних виробів незахисного характеру, забезпечення стійкості до впливу якомога більшої кількості шкідливих чинників за тривалих термінів робіт, мінімізація

додаткових ризиків травматизму, які виникають у процесі використання захисних виробів.

Сучасна світова тенденція передбачає, що розробленню ЗІЗ передуює вибір матеріалу з відповідними характеристиками. Залежно від цільового призначення до ЗІЗ висувають різноманітні вимоги, зокрема до матеріалу, з якого планують виготовити захисні засоби, до конструкції та технології їх виробництва. З огляду на це вибір, розробку і практичну реалізацію необхідно здійснювати на засадах системного і комплексного аналізу властивостей матеріалу, структури захисного комплексу залежно від показників умов праці та особливостей технологічного процесу виготовлення.

Мета вивчення дисципліни – ознайомлення аспірантів та студентів з розвитком новітніх рішень у створенні комплектів ЗІЗ працівників для підвищення їх ефективності за показниками захисту, надійності, економічності та безпеки використання та надати їм теоретичні знання та практичні навички, які необхідні для прийняття обґрунтованих рішень, при виборі, використанні та розробці ЗІЗ.

Основні теоретичні положення і практичні приклади, наведені у посібнику, становлять інтерес для фахівців, які працюють в галузі охорони праці, та конструкторам і технологам, котрі проектують і реалізують технологічність конструкції ЗІЗ. Запропоновані методи дають змогу творчо підійти до вибору або самостійної розробки моделей ЗІЗ, які використовують у різних виробничих галузях.

Дисципліна *проектування засобів індивідуального захисту працюючих* тісно пов'язана з рядом інших дисциплін: безпекою життєдіяльності, основами охорони праці, правознавством, соціологією, екологією, економікою тощо. При оцінці стану умов праці та розробці ЗІЗ, необхідні знання основ таких фундаментальних дисциплін, як математика, фізика, хімія, а також знання технічних наук з тих галузей, де спеціалізуються майбутні фахівці.

Розділ 1. АНАЛІЗ УМОВ ПРАЦІ ТА ПРОБЛЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ

Перелік умінь, які фахівець з вищою освітою повинен набути в результаті засвоєння інформації, викладеної в першому розділі навчального посібника.

Фахівець повинен уміти здійснювати якісну та кількісну оцінку умов праці, визначати основні небезпечні та шкідливі виробничі чинники у робочих зонах та перелік і вимоги до засобів індивідуального захисту працівників, а саме:

- виявляти та оцінювати основні небезпечні та шкідливі виробничі чинники;
- визначати умови і характер праці відповідно до Гігієнічної класифікації праці;
- визначати перелік необхідних засобів індивідуального захисту та основні вимоги до них;
- орієнтуватися в методах аналізу, математичного моделювання та оптимізації, що використовуються при розробці засобів індивідуального захисту.

1.1. Людина в системі праці

Праця — це доцільна, свідома, організована діяльність людей, спрямована на створення матеріальних і духовних благ, необхідних для задоволення суспільних та особистих потреб людей. Зміст і характер праці залежать від рівня розвитку продуктивних сил і виробничих відносин.

Людина значну частину свого життя витрачає на працю, яка є основним видом діяльності, оскільки пов'язана з виробництвом суспільно корисних продуктів — матеріальних та духовних.

Зміст та умови праці визначаються технікою, технологією, організацією виробництва і виробничим середовищем, тобто рівнем розвитку продуктивних сил суспільства.

Виробниче середовище — це середовище, де людина здійснює свою трудову діяльність. Воно включає предмети праці, знаряддя праці, продукти праці, умови праці, організацію виробництва тощо.

Відповідно до рекомендацій Міжнародної організації праці визначають такі основні чинники виробничого середовища, що впливають на працездатність людини в процесі виробництва:

- фізичне зусилля (переміщення вантажів певної ваги в робочій зоні; зусилля, пов'язані з утриманням вантажів, натисканням на предмет праці або важіль управління механізмом протягом певного часу);
- нервові напруження (складність розрахунків; особливості вимоги до якості продукції, складність управління механізмом, апаратом, приладдям;

небезпека для життя і здоров'я людей під час виконання робіт; особлива точність виконання);

- робоча поза (положення тіла людини та її органів відповідно до засобів виробництва);

- монотонність роботи (багаторазове повторення одноманітних, короткочасних операцій, дій, циклів);

- температура, вологість та швидкість руху повітря, теплове випромінювання;

- забруднення повітря шкідливими газами, аерозолями та парами;

- виробничий шум та вібрація;

- освітленість у робочій зоні;

- іонізуючі випромінювання;

- електростатичні поля та електромагнітні випромінювання.

На формування умов праці впливає багато чинників, основними з яких є соціально-економічні, організаційно-технічні та природні.

Соціально-економічні чинники визначають характер умов праці. Серед них виділяються наступні підгрупи чинників:

- нормативно-правові (законодавство про працю, стандарти, санітарні та інші норми і правила, а також форми адміністративного й громадського контролю за їх виконанням);

- економічні (матеріальне та економічне стимулювання; моральне заохочення, система пільг і компенсацій за несприятливі умови праці);

- соціально-психологічні (психологічний клімат у колективі, умови оглядів, конкурсів; проведення «днів охорони праці»);

- суспільно-політичні (форми руху працюючих за створення сприятливих умов праці, винахідництво і раціоналізація).

Організаційно-технічні чинники впливають на формування умов праці на робочих місцях, дільницях, цехах. Серед них виділяються такі підгрупи:

- предмети праці та продукти праці;

- технологічні процеси;

- засоби праці;

- організація виробництва, праці та управління.

Природні чинники пов'язані з особливостями природного середовища і обумовлюють додаткові вимоги до устаткування, технологій, організації виробництва і праці. Серед них виділяються такі підгрупи:

- географічні (кліматичні зони);

- біологічні (особливості рослинного та тваринного світу в сільському господарстві);

- геологічні (характер добування корисних копалин).

Усі вказані чинники впливають на формування умов праці одночасно та у нерозривній єдності, зумовлюючи, поряд з іншими факторами, необхідність:

- формувати та поліпшувати умови праці, аналізувати їх стан;

- планувати заходи щодо полегшення умов праці;

- розробляти проекти устаткування, споруджень, технологічних проектів, спрямованих на поліпшення умов праці;

- зосереджувати (фінансові, матеріальні, трудові) ресурси на поліпшення умов праці;

- прогнозувати зміни в умовах праці у зв'язку зі змінами технології, устаткування, впровадженням нових матеріалів та технологій.

Умови праці на виробництві диференціюються залежно від фактично визначених рівнів факторів виробничого середовища порівняно із санітарними нормами, правилами, гігієнічними нормативами, а також з урахуванням можливого шкідливого впливу їх на стан здоров'я працюючих.

Згідно наказу Міністерства охорони здоров'я України 08.04.2014 р. № 248 при атестації робочих місць повинні використовуватися Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» (далі - Гігієнічна класифікація праці).

Ця класифікація дає комплексну оцінку умов праці за показниками шкідливості і безпеки чинників виробничого середовища, тяжкості і напруженості трудового процесу.

Умови і характер праці відповідно до Гігієнічної класифікації праці поділяють на чотири класи:

1 клас (оптимальні умови праці) - умови, за яких зберігається не лише здоров'я працівників, а й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності.

Оптимальні гігієнічні нормативи виробничих факторів встановлені для мікроклімату та показників важкості трудового процесу. Для інших факторів за оптимальні умовно приймаються такі умови праці, за яких несприятливі фактори виробничого середовища не перевищують рівнів, прийнятих за безпечні для населення.

2 клас (допустимі умови праці) - умови, що характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів (а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни) та не повинні чинити несприятливого впливу на стан здоров'я працівників та їх нащадків в найближчому і віддаленому періодах.

3 клас (шкідливі умови праці) - умови, що характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні нормативи та здатні чинити несприятливий вплив на організм працівника та/або його нащадків.

3 клас за рівнем перевищення гігієнічних нормативів та вираженості можливих змін в організмі працівників поділяється на 4 ступеня:

1 ступінь (3.1) - умови праці, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, які викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни, перерві контакту зі шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я, у тому числі й виникнення професійних захворювань;

2 ступінь (3.2) - умови праці, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні викликати стійкі функціональні порушення, призводять у більшості випадків до зростання виробничо обумовленої захворюваності та появи окремих випадків професійних захворювань, що виникають після тривалої експозиції;

3 ступінь (3.3) - умови праці, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які, крім зростання хронічної захворюваності (виробничо обумовленої та захворюваності з тимчасовою втратою працездатності), призводять до розвитку професійних захворювань;

4 ступінь (3.4) - умови праці, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні призводити до значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності, а також до розвитку тяжких форм професійних захворювань;

4 клас (небезпечні умови праці) - умови, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, вплив яких протягом робочої зміни (або її частини) створює загрозу для життя, високий ризик виникнення гострих професійних уражень, у тому числі й важких форм.

Робота в умовах перевищення гігієнічних нормативів (3 клас) дозволена тільки за умови застосування засобів колективного та індивідуального захисту і скорочення часу дії шкідливих виробничих факторів (захист часом).

Робота в небезпечних умовах праці (4 клас) не дозволяється, за винятком ліквідації аварій, проведення екстрених робіт для попередження аварійних ситуацій. Така робота виконується із застосуванням засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та за умови регламентованих режимів робіт.

Результати досліджень та гігієнічної оцінки умов праці, проведених з використанням критеріїв Гігієнічної класифікації праці, можуть бути використані:

зкладами охорони здоров'я, які надають медичну допомогу працівникам, проводять медичні огляди працівників, установлюють зв'язок захворювань з умовами праці;

роботодавцями для розробки заходів щодо покращення умов праці та профілактики шкідливого впливу на організм працюючих;

працівниками (з метою отримання інформації про умови праці на їх робочих місцях як при влаштуванні на роботу, так і в процесі трудової діяльності);

органами соціального та медичного страхування в тих випадках, коли тарифи відрахувань залежать від ступеня шкідливості та небезпечності умов праці та завданої шкоди здоров'ю.

Крім зазначеної гігієнічної оцінки праці, є офіційний перелік робіт з підвищеною небезпекою, для виконання яких потрібне попереднє спеціальне навчання та щорічна перевірка знань працівників з питань охорони праці. Це,

наприклад, електрозварювальні, паяльні та підземні роботи, роботи на діючих електроустановках, роботи з вибуховими речовинами та ін.

1.2. Аналіз умов праці на підприємствах різних галузей виробництва

Повністю безпечних та нешкідливих умов праці не буває. Виробниче середовище завжди характеризується наявністю певних ризиків для здоров'я людини.

Останнім часом в Україні поступово зменшується кількість нещасних випадків та зумовлених ними травм, але в той же час спостерігаються негативні тенденції зростання професійних захворювань, що пов'язано з подальшим погіршенням умов праці, старінням та зношеністю машин, механізмів, будівель, споруд, несвоєчасним їх ремонтом та обслуговуванням тощо. У промисловості, сільському господарстві, будівництві на транспорті зростає кількість робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам і правилам. У середньому 20–25 % працівників постійно знаходяться під впливом шкідливих умов праці.

Питома вага кількості працюючих в шкідливих та важких умовах, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормам та нормам з безпеки праці, постійно збільшується (з 17,1% - у 1997 році до 30% - у 2015 році). Нині в таких умовах працює майже кожен третій працівник, що складає майже 3 млн. людей.

Із загальної кількості технічних засобів, які експлуатуються в країні, під облік потрапляє лише 30 %. З них біля 50 % вичерпали передбачений паспортом ресурс роботи, 20 % не відповідають вимогам нормативних актів охорони праці і лише 30 % мають сертифікат. Практично 2/3 основних виробничих фондів країни у більшій своїй частині є зношеними. У той же час за своїми потенційними можливостями Україна нині не здатна здійснити їхнє оновлення. Через це найближчим часом слід очікувати збільшення кількості техногенних аварій, катастроф, нещасних випадків з людськими жертвами і травматизмом. В таких умовах необхідно пришвидшити процеси оновлення та модернізації перспективних та консервації, закриття і ліквідації малоперспективних та найнебезпечніших підприємств. У цьому процесі особливу роль відіграє охорона праці як система, яка має спрямовувати свої зусилля на забезпечення належного рівня безпеки праці та виробничого середовища.

Основними причинами нещасних випадків у нашій країні є порушення технологічного процесу, трудової та виробничої дисципліни, вимог безпеки при експлуатації транспортних засобів, незадовільне утримання і недоліки в організації робочих місць, незадовільна організація виконання робіт, невикористання засобів індивідуального захисту.

Умови праці на виробництві формуються під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх чинників. Якщо перші визначаються станом виробничого середовища (який залежить від технології й організації робіт, ергономічних характеристик робочого місця), то другі, – значною мірою, впливом

навколишнього оточуючого виробництво природного середовища, яке в свою чергу залежить від техногенних та природних умов. Причому дія природних чинників в деяких галузях економіки, наприклад при розробці корисних копалин (а їм далі буде приділена особлива увага), може мати вирішальне значення для формування стану виробничого середовища і відповідно умов праці робітників.

На гірничих підприємствах до внутрішніх чинників відносяться стан виробничого обладнання, технологія видобутку, організація робіт, ергономічні характеристики робочого місця та ін. Що стосується зовнішніх чинників, то вони пов'язані з природними факторами, і в першу чергу з гірничо-геологічними умовами видобутку корисних копалин, які визначаються глибиною розробки, гірничим тиском, потужністю пластів, властивостями корисних копалин та вміщуючих порід, метановістю родовищ, температурою порід, обводненістю родовищ тощо.

У 1991 р. в Україні нараховувалося 276 вугільних шахт державної форми власності, у 2008 р. шахтний становив лише 160 шахт, з них 140 – в державній формі власності. На початок 2012 року в Україні нараховувалося лише 108 діючих шахт у державній формі власності та 50 вугільних шахт приватної форми власності. В той же час появилася значна кількість малих вугледобувних підприємств приватної форми власності, частина з яких вела нелегальний видобуток вугілля. Нині характерним є подальше зменшення числа шахт державної форми власності та зменшення обсягів видобутку вугілля.

Для більшості вугільних шахт України є характерними застарілі основні виробничі фонди з відпрацьованим нормативним терміном стаціонарним гірничошахтним устаткуванням. Більше 45% діючих нині в Україні шахт введено в експлуатацію майже 50 років тому, причому вік багатьох із них вже перевищує 100 років. Більша частина шахт працює без реконструкції більше 30 років, практично на кожній шахті нині потрібна реконструкція вентиляційних установок.

Якщо в інших галузях промисловості старіння виробничих фондів призводить, в основному, до зниження продуктивності праці, то у вугільній - ставить під загрозу життя і здоров'я тисяч шахтарів.

Нині значна частина підприємств вугільної промисловості, у першу чергу шахти державної форми власності, знаходяться у катастрофічному технічному стані. Нові шахти не будуються, але і у діючих практично не закладаються нові стволи і горизонти. Більша частина гірничошахтного обладнання і устаткування морально застаріла і фізично зношена. Потребують заміни 58% підйомних машин, 53% вентиляторів головного провітрювання, 48% компресорів. Більше 60% шахт є важко провітрюваними.

Близько 40% повітропроводів і трубопроводи головного водовідливу вражені корозією і дають великі витoki. Трубопроводи, крім того, мають занижений перетин через накопичення в них покладів твердих частинок, які містяться у шахтних водах.

Відсутній резерв підйомних пристроїв, головних та врівноважуючих канатів, копрових шківів. В аварійному стані знаходиться значна частина шахтних стволів. Не приділяється належної уваги дегазації шахт та нормалізації теплових умов праці гірників.

Слід відзначити, що для вугільних шахт України вирішальне значення для формування стану умов праці робітників мають зовнішні чинники.

Вугільні шахти є вельми складною виробничою системою з особливо небезпечними умовами праці (вибухонебезпечними, пожежонебезпечними, небезпечними за обвалами, проривам води і газу і тому подібне), де непередбачені або раптові зміни гірничо-геологічних умов або природних сил, недотримання правил безпеки або неправильні дії працівників можуть спричинити тяжкі наслідки, що в деяких випадках призводять до численних людських жертв. Крім того, робота більшої частини працівників основних спеціальностей відноситься до категорії важких, а умови праці шкідливих і небезпечних.

Складні гірничо-геологічні умови більшості вугільних родовищ України обумовлюють наявність великої кількості небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що істотно впливають на життя і здоров'я працюючих і обумовлюють високий рівень травматизму і профзахворювань у галузі.

Вугільні шахти розробляють в основному тонкі пласти з великою кількістю тектонічних порушень і слабкими бічними породами. Середня глибина розробки перевищує 720 м, а 30 шахт працюють на глибині 1000-1400 м. Близько 89% шахт є газові, 60% - небезпечні за вибухами вугільного пилу, 45,2% - схильні до газодинамічних явищ, а 22,6% - небезпечні за самозагоранням вугілля. У 30% очисних і підготовчих забоїв температура повітря перевищує гігієнічні норми (рис. 1.1). Температура бічних порід 25 шахт перевищує 30°C, з яких 8 шахт мають температуру 40°C і більше.

Вугільні шахти залишаються найбільш небезпечними відносно виробничого травматизму, у тому числі зі смертельними наслідками. Найбільше число нещасних випадків із смертельними наслідками виникає в результаті аварій (вибухи газу і вугільного пилу, обвалами), а також обумовлюється нещасними випадками на підземному транспорті і підйомі, при роботі машин і механізмів тощо. В цілому ж більше 80% смертельного травматизму, без урахування померлих на виробництві, відбувається в результаті аварій, а 24% - при аваріях з груповими нещасними випадками.

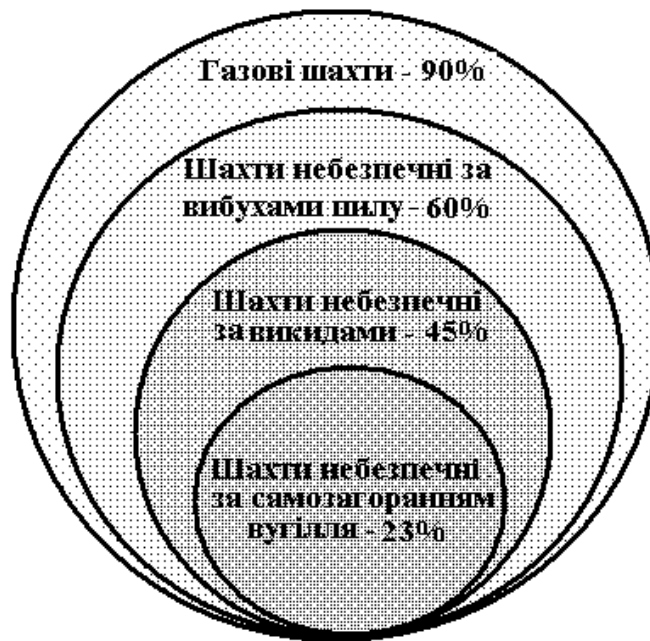


Рис. 1.1. Гірничо-геологічні умови шахт України

За тяжкістю аварій максимальні наслідки припадають на вибухи газу і вугільного пилу. Якщо виключити випадки спалахів і горіння метану, як незначні за кількістю загиблих, то на один вибух в середньому доводяться 12 загиблих. Далі за цим показником слідує газодинамічні явища віднесені до категорії раптових (1,8 випадків на один раптовий викид вугілля і газу), обвали і обвалення (0,46 випадку на аварію), прориви води (0,33), електроустаткування (0,10), підземний транспорт і підйом (0,09), пожежі (0,07), машини і механізми (0,02).

Інтегральною характеристикою стану умов праці у вугільній промисловості є коефіцієнт смертельного травматизму на 1 млн. тон видобутку вугілля. Про незадовільний їх стан у вугільній промисловості України свідчить порівняння цього показника з аналогічними показниками інших вугледобувних країн світу: у Австралії - 0,00, США - 0,01, Німеччині - 0,03, ЮАР - 0,16, Польщі - 0,25, Росії - 0,33, Індії - 0,56, Україні - 2,14, Китаї - 3,94. По цьому показнику Україна займає передостаннє місце серед вугледобувних країн, а сам показник на порядок і більше відрізняється від аналогічних показників провідних вугледобувних країн світу.

Шкідливі та небезпечні умови праці характерні також і для працівників багатьох інших галузей виробництва, серед яких слід виділити агломераційне, доменне, сталеплавильне, прокатне та ливарне виробництво.

Агломераційне виробництво характеризується підвищеною запиленістю у зв'язку з переробкою сипких матеріалів. Так, при вивантаженні вихідних матеріалів запиленість повітря в робочій зоні становить 12–46 мг/м³ (ГДК становить 4 мг/м³), у відділенні розподілу матеріалів – 65–180 мг/м³, у відділенні подрібнення і дроблення – 60 мг/м³, у відділенні змішування – 16–100 мг/м³. Інтенсивне пиловиділення спостерігається в процесі сортування агломерату на грохотах (до 5000 мг/м³) і при завантаженні його у вагони.

Концентрація пилу над вагонами становить 2,5–4,9 г/м³. Валова кількість пилу при завантаженні становить в середньому 3360 кг/год. На ділянці спікання в робочу зону окрім пилу можуть потрапляти продукти горіння (оксид вуглецю і сірчистий ангідрид). Інтенсивність теплового опромінення на робочих місцях аглофабрики змінюється від 0,35 до 2 кВт/м², що значно перевищує допустиму (0,14 кВт/м²). Найбільш шумонебезпечним і вібронебезпечним устаткуванням на аглофабриках є грохоти, дробарки, експаустери, живильники і змішувачі, рівні звукової потужності яких змінюються від 98 до 115 дБА. Параметри мікроклімату також не відповідають нормативним значенням за температурою, вологістю і швидкістю руху повітря. Так, наприклад, на ділянці спікання температура вища за допустимі норми, а на ділянках дроблення і змішування – нижча за норми.

Доменне виробництво характеризується наявністю таких шкідливих чинників на робочих місцях, як запиленість, загазованість, тепла дія і шум. Запилення на основних робочих місцях може досягати таких значень: на ділянці шихтоподачі від 2 до 586 мг/м³; на ливарному дворі при випуску чавуну і шлаку – від 2 до 256 мг/м³, при ремонті головного жолоба – від 3 до 540 мг/м³. Забруднення повітря токсичними газоподібними речовинами (оксидом вуглецю і сірчистим газом) можливо на робочому майданчику при обслуговуванні доменної печі, на ливарному дворі і на колошникових майданчиках. Концентрація сірчистого газу складає в середньому 19 мг/м³, а оксиду вуглецю – до 40 мг/м³. Розплавлений чавун і шлак, нагріті поверхні устаткування створюють відповідний нагріваючий мікроклімат на робочих місцях. Так, інтенсивність теплових випромінювань на робочих місцях ливарних дворів складає 0,7–3 кВт/м², а на робочому майданчику доменної печі – 0,35–2,6 кВт/м².

Температура повітря в теплий період року на робочих місцях поблизу доменної печі може досягати 35–46 °С при відносній вологості 20–50%. Рівень звуку на робочих місцях перевищує допустимі значення і залежить від устаткування, що застосовується. Найбільш шумо- і вібронебезпечним устаткуванням в доменному цеху є інерційні грохоти, клапани «Снорт», газові пальники повітрянагрівачів, віброживильники, фурми доменних печей. Рівні звукової потужності даного устаткування змінюються від 101 до 121 дБА.

Сталеплавильне виробництво характеризується наявністю таких шкідливих чинників на робочих місцях, як запиленість, загазованість, теплові випромінювання і шум. Основні забруднення повітря робочої зони в мартенівському виробництві – це пил і оксид вуглецю. Запилення на основних робочих місцях може складати: на шихтовому дворі при розвантаженні вихідних матеріалів від 15 до 450 мг/м³ (ГДК - 4 мг/м³), в розливному прольоті – від 18 до 80 мг/м³, в пічному прольоті – від 4,5 до 8,5 мг/м³.

Інтенсивність теплових випромінювань на робочих місцях в пічному прольоті складає 0,18–3,7 кВт/м², на машині завалення при завантаженні печі – 0,7–2,3 кВт/м², на задньому майданчику в сталевипускному отворі – 1,4–2,4 кВт/м². Температура повітря в теплий період року на робочих місцях поблизу

мартенівської печі може досягати 35–37 °С, а з боку задньої стінки при випуску сталі – і 45 °С. Основними джерелами шуму в мартенівському виробництві є мартенівська піч і устаткування, що забезпечує її працездатність. Рівні звукової потужності даного устаткування коливаються від 102 до 111 дБА.

Основні забруднювачі повітря в робочій зоні в конвертерному виробництві – це пил, оксид вуглецю і сірчистий газ. Середні питомі величини шкідливих викидів в приміщення конвертерного цеху становлять (у грамах на тонну сталі): пил – до 200, оксид вуглецю – від 100 до 360, сірчистий газ – від 30 до 220. У міксерному відділенні виділяється оксид вуглецю і пил в середньому відповідно в кількостях 50 і 366 г/т чавуну. У відділенні змащування виливниць виділяються також пари важких вуглеводнів (нафтопродуктів) в кількості 60 – 70 кг/год. Інтенсивність теплових випромінювань на робочих місцях в конвертерному відділенні становить 0,35–3,8 кВт/м². Найбільша інтенсивність теплових випромінювань (до 4,2 кВт/м²) фіксується при вимірі температури, взятті проби сталі, спостереженні за випуском сталі і обробленні сталевипускного отвору. У киснево-конвертерних цехах основними джерелами шуму є циркуляційні насоси, ексгаустери, повітродувки. Випуск пари з котла-утилізатора також супроводжується утворенням шуму. Рівні звукової потужності даного устаткування коливаються від 96 до 125 дБА.

Основні забруднювачі повітря в робочій зоні в електросталеплавильному виробництві – це пил, оксиди вуглецю, азоту і сірки, а також ціаніди і фториди. Середні питомі величини шкідливих викидів з дугових електросталеплавильних печей в приміщення цеху становлять (у грамах на тонну сталі): пил – до 2600, оксид вуглецю – до 540, оксиди азоту – до 108, оксиди сірки – до 0,6, ціаніди – до 11,4 і фториди – 0,25. Пил містить оксиди заліза (від 53 до 80%), марганцю (до 11%), кальцію (до 6%) і магнію (до 3 %). Пил становить небезпеку для тих, хто працює, оскільки за фракційним складом він містить близько 80% часток розміром менше 7 мкм. Інтенсивність теплових випромінювань на робочих місцях електросталеплавильних печей складає 0,35–3,0 кВт/м².

Прокатне виробництво характеризується складністю і різноманітністю механічного устаткування і технологічних процесів, тому кількість і рівень виробничих чинників залежить від типа стану і умов обробки металу (складу механічного устаткування, калібрування, швидкості прокату, рівня механізації і автоматизації та ін.). Розрізняють процеси гарячої і холодної обробки металу тиском. До гарячої прокатки відносяться обтискові (блюмінги, слябінги), сортові (крупно-, середньо і дрібносортні) і листові (товсто- і тонколистові) стани.

На станах гарячої прокатки можна виділити дві основні ділянки: відділення нагрівальних пристроїв і становий проліт, де встановлені робочі кліті. Відділення нагрівальних пристроїв характеризується наявністю таких шкідливих чинників на робочих місцях, як запиленість, загазованість, теплові випромінювання і шум. Основні забруднювачі повітряного середовища пічних

відділень – це пил і оксид вуглецю. Загальна питома кількість оксиду вуглецю, що виділяється технологічним устаткуванням в робочу зону, може складати до 200 г/т прокату, а пилу – до 16 г/т сортового прокату. Вміст оксиду вуглецю на робочих місцях нагрівальника металу складає в середньому 13 мг/м³, а вміст залізорудного пилу – 12 мг/м³. Інтенсивність теплових випромінювань на відкритих робочих місцях в нагрівальних пристроїв складає: на блюмінгу 0,35–2,8 кВт/м², в сортопрокатних цехах 0,17–2,4 кВт/м², в рельсобалочних цехах 1,05–1,6 кВт/м², в листопрокатних цехах 1,75–2,7 кВт/м². Температура повітря в робочій зоні пічних відділень досягає 40 °С, а вологість зазвичай буває не вище 34%.

На дільницях кування і штампування основними виробничими чинниками є:

- підвищена температура повітря в робочій зоні і знижена вологість;
- висока інтенсивність теплових випромінювань;
- загазованість і запиленість повітря (залізорудний пил, окисел вуглецю, дим та ін. речовини);
- високе фізичне навантаження, особливо при ручному куванні;
- шум і вібрація.

Умови праці на цих дільницях відносяться до умов гарячих цехів. Відмітною особливістю кування і штампування є високий рівень шуму і вібрації, оскільки технологічний процес заснований на ударній дії. При цьому вібрація в основному діє на руки людини, викликає локальну дію, що є основною причиною можливого виникнення вібраційної хвороби. Рівні звукової потужності даного устаткування змінюються від 117 до 140 дБА. Основними джерелами шуму, що випромінюється пресами і молотами, є вібрація їхніх станин і маховиків. Причина цих вібрацій – удари у всіх рухливих зчленуваннях преса або молота, що виникають у момент включення і на початку руху кривошипно-шатунового (або ексцентрикового) механізму. Процес взаємодії штампку або молота з металом (заготівкою) також носить ударний характер, що підсилює шум. При штампуванні або куванні рівні шуму пресів або молотів на середніх і високих частотах зростають в середньому на 8 дБА в порівнянні з рівнем шуму на холостому ході.

Ливарне виробництво характеризується можливою проявою таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів як пил конденсації, виділення парів і газів, надмірне виділення теплоти, надмірні теплові випромінювання, підвищений рівень шуму і вібрації, наявність електромагнітних випромінювань тощо.

Пил ливарних цехів за дисперсним складом належить до дрібнодисперсних, який тривалий час знаходиться у повітрі робочої зони. Особливо небезпечний цей пил з точки зору сприяння виникненню професійного захворювання – силікозу, тому що він містить до 99% двоокису кремнію. Такий пил утворюється при вибиванні відливок, у процесі приготування формувальних сумішей та виготовленні стрижнів і форм.

При плавці легованих сталей і кольорових металів у повітря робочої зони можуть виділятися токсичні аерозолі конденсації, серед яких найбільш

токсичними є аерозолі оксидів марганцю, цинку, ванадію, нікелю і багатьох інших металів та їх з'єднань.

До газів і пари, якими забруднюється повітря робочої зони ливарних цехів, відносять акролеїн, ацетон, ацетилен, бензол, окисел азоту, окисел вуглецю, двоокис сірки, вуглекислий газ, фенол, формальдегід, хлор, етиловий спирт та низка інших. Окисел вуглецю є основним шкідливим виробничим чинником у чавуноливарних і сталеливарних цехах. Джерела виділення - вагранки й інші плавильні агрегати, залиті форми в процесі їх охолодження, сушильні печі, агрегати поверхневої підсушки форм та інші. Наприклад, концентрація окислу вуглецю в колошникових газах вагранок досягає 15%. Кількість окислу вуглецю, що виділяється при заливці чавуну і сталі, залежить від часу перебування відливки в цеху і маси відливок. (При заливці чавуну у форми для отримання відливок масою 10-2000 кг виділяється 40 - 500 г СО на 1 т залитого металу).

Інтенсивність теплового випромінювання на деяких робочих місцях досягає високих значень (0,5-2,1 кВт/м²).

Вібрація. У ливарних цехах джерелами загальної вібрації є струси підлоги та інших конструктивних елементів будівлі внаслідок ударної дії вибивних решіток, пневматичних, формувальних, відцентрових та інших машин, а джерелами локальної вібрації - пневматичні обрубні молотки, трамбівки та інше обладнання. Параметри загальної і локальної вібрації регламентуються ДСН 3.3.6-039-99.

Шум. Найбільші рівні шуму характерні для ділянок формування, вибивання відливок, зачистки, обрубкування і деяких інших. Вони можуть досягати значень до 118 Дб на частоті 500 Гц (при роботі завантажених інерційних решіток).

Ультразвук у ливарних цехах застосовують для обробки рідких розплавів, очищення відливок, в установках і системах очищення газів та ін. Для цього використовують генератори з діапазоном частот 18-22 кГц.

Електромагнітні поля у ливарних цехах генеруються електротермічними установками для плавлення і нагрівання металу, сушіння форм і стрижнів та ін.

Джерела іонізуючих випромінювань у ливарному виробництві застосовують для виявлення дефектів у відливках, контролю і автоматизації технологічних процесів та ін.

Ливарні цехи оснащені транспортними і вантажопідйомними механізмами, машинами для приготування формувальних і стрижневих сумішей, пристроями для вибивання відливок. Виконання будь-якої операції на зазначеному устаткуванні пов'язано з небезпекою травмування обслуговуючого персоналу через наявність небезпечних зон.

Порошкова металургія. Для порошкової металургії характерно забруднення робочих місць пилоподібними металами та різними з'єднаннями, в тому числі шкідливими. Забруднення мають місце під час розмелу, просіювання і змішування порошків, дозування шихт, транспортування порошкових матеріалів, пресування, розвантаження і обробки спечених

матеріалів шліфуванням. Пил, що забруднює атмосферу має розмір часток менше 4 мкм, тобто відноситься до середньо- та дрібнодисперсного.

Вміст пилу на робочих місцях під час вироблення запечених виробів становить (мг/м³) для виробів на основі залізу при просіюванні порошків залізу – 10,2, графіту – 15,8; просіюванні залізографітових виробів на півавтоматичних пресах – 0,32, а на гідравлічних пресах – 2,7; ручному дозуванні залізографітової суміші – 19,5; для виробів на основі міді – при завантаженні вібросити вручну і просіюванні матеріалу вручну – 166,6; просіюванні бронзографітової суміші в укритті – 11,3; завантаженні бункера півавтоматичного преса – 58,9; пресуванні виробів на півавтоматах – 69,5, а вручну – 86,3; вологому шліфуванні виробів – 16,6, а при сухому – 584,6.

Порошки та пил чистого залізного порошку малотоксичні, але при систематичному їх вдиханні вони можуть бути причиною пневмоконіотичних змін і сприяти розвитку бронхітів. З'єднання заліза, такі як FeO, Fe(CO) та інші, характеризуються значною токсичністю.

Токсичну дію мають порошки марганцю і феромарганцю, які при потраплянні в організм можуть бути причиною гострих і хронічних отруєнь. Пил нікелю та NiO має виражену загальнотоксичну дію і може викликати гострі та хронічні отруєння з переважним ураженням легень. Можливо також проявлення алергічного сипу. Допустимий вміст цих речовин в повітрі робочої зони 0,5 мг/м³.

Забруднення повітря порошками WC, Co, Ni та інших речовин може викликати захворювання працівників пневмоконіозом. З усіх порошків, що використовуються для виробництва твердих сплавів найбільшою токсичністю характеризується кобальт.

Випаровування цинку, що утворюються при нанесенні цинкових покриттів методом напилення та при термообробці виробів з цинковими покриттями, викликають в людському організмі гарячковий стан.

Порошки хрому можуть бути причиною алергічного сипу і появи виразок на шкірі та в носовій порожнині. Фіброз легень може бути наслідком тривалого контакту з порошками алюмінію.

Титан та його діоксид мають слабо виражену токсичність. Гідрид титану проявляє помірно виражену пневмоконіотичну та загальнотоксичну дію більшу ніж у титану та його оксиду. ГДК гідриду титану становить 6 мг/м³.

Робітники, зайняті на виробництві феритів, піддаються впливу несприятливих факторів (пил, шум, інфрачервоне випромінювання, токсичні гази). Найбільш негативно позначається пил феритів. Його вплив на організм характеризується слабовираженою та загально токсичною дією. У працюючих на виробництві феритів без достатніх захисних заходів відмічається підвищений рівень захворювання органів дихання. Небезпека для здоров'я людини порошків та промислового пилу визначається багатьма факторами: хімічним складом, розміром часток, концентрацією, тривалістю впливу, шляхами проникнення в організм людини.

Робота розмелювально-змішувального та пресового обладнання супроводжується інтенсивним шумом, рівень звуку досягає 80–100 дБА.

Пожежо- та вибухонебезпечність процесів порошкової металургії зумовлена використанням дрібнодисперсних порошків, а також легкозаймистих та таких, що добре горять основних та допоміжних матеріалів (водень, дисоційований аміак, конвертований природний газ).

Термічна обробка металів характеризується можливою проявою таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів як підвищена загазованість або запиленість повітря робочої, підвищена температура матеріалів або поверхонь, підвищена напруженість електромагнітних полів, значний шум при роботі деяких видів печей, можливість вибуху або запалювання при застосуванні в процесі термічної обробки масел тощо.

У процесах термічної обробки можуть застосовуватися ціаністі солі (KCN , NaCN та ін.), які є найсильнішими отруйними речовинами. За наявності вологи, кислот, а також вуглекислоти, що містяться в повітрі, ціаністі солі виділяють ціаністий водень (синильна кислота HCN), що викликає швидку задуху внаслідок паралічу тканин дихальних органів.

При роботі з розплавами солей може відбуватися їх випаровування та розбризкування в результаті хімічних реакцій, що протікають як на оброблюваному матеріалі, так і на поверхні розділу робочих середовищ і атмосфери (реакції з киснем, вологою). При цьому пари лугів, дрібні краплі водяної пари в поєднанні з карбонатами, нітратами, гідроокисами та ін. солями можуть бути причиною респіраторних подразнень, неприємних дій на слизову оболонку та очі;

Підвищена температура матеріалів або поверхні устаткування, підвищений рівень теплового випромінювання. Опіки можна отримати при викидах розплавів унаслідок порушення технологічного процесу, при спалахуванні гартівних масел, при спалахах горючих газів, які використовуються як контрольовані атмосфери. При дотику до нагрітих виробів або частин печей, при дотику до зовнішніх частин устаткування (дверці, ручки і т.д.), температура яких підвищилася унаслідок виходу з ладу теплоізоляції. Можливий опік очей при експлуатації плазмових, електронно-променевих, оптичних та ін. печей, які працюють при дуже високих температурах. Перегрів і опіки працюючих можливі також через інтенсивне теплове випромінювання.

Дуже часто процес термічної обробки металів супроводжує гальванічна обробка та зварювання. При цьому при підготовці поверхні деталей перед нанесенням покриттів широко застосовують механічні методи очищення поверхні: шліфування, обробка струменями води з домішками піску та дробу, струменеві очищення з використанням металевого пилю, карборунду і рубаного дроту. Ці методи характеризуються наявністю підвищеної запыленої металевим пилом, підвищеним рівнем шуму і вібрації, і в більшості випадків підвищеною температурою поверхонь виробів і обладнання.

При зварюванні в зону дихання працюючих можуть потрапляти зварювальні аерозолі, які містять у своєму складі оксиди різних металів: марганцю, хрому, нікелю, міді, титану, алюмінію, заліза, вольфраму та ін.

Випромінювання електричної дуги при зварюванні може призвести до їх ураження – електрофтальмії або катаракти.

Електроенергетика, атомні електростанції. На чотирьох АЕС України щорічно реєструють велику кількість працівників, на робочих місцях яких граничнодопустимі рівні або концентрації шкідливих виробничих чинників перевищують встановлені норми. Аналіз статистичної інформації за 2007–2014 роки для кожної АЕС, показав, що нині більш як 20 % персоналу АЕС працює в шкідливих умовах, 40 % – в особливо шкідливих умовах, для 69 % умови праці на робочому місці не відповідають санітарно-гігієнічним нормативам (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Інформація про вплив шкідливих виробничих чинників на персонал АЕС

Вид НШВЧ	Кількість працюючих в шкідливих умовах, % загальної кількості			
	Хмельницька АЕС	Запорізька АЕС	Рівненська АЕС	Південноукраїнська АЕС
Шкідливі хімічні речовини	9,7	9,5	3,2	11,2
Пил і аерозолі фіброгенної дії	23	8,7	27	18
Пил і аерозолі з радіонуклідами	15	18	12	20
Вібрація	1,9	9,1	0,05	
Шум, інфразвук, ультразвук	22,2	42,1	40,8	23,3
Іонізуючі випромінювання	38,5	34,4	40,7	33,1
Неіонізуючі випромінювання	1,1	0,6	1,1	0,35
Рідкі радіоактивні відходи	16,3	33,9	33,5	58,8
Біологічні чинники	2,5	-	-	-

Робота на АЕС характеризується високим рівнем навантаження і напруженості (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Інформація про умови праці персоналу АЕС

Вид робіт	Кількість працюючих в умовах з підвищеним рівнем важкості і напруженості, % загальної кількості			
	Хмельницька АЕС	Запорізька АЕС	Рівненська АЕС	Південноукраїнська АЕС
Підвищена важкість праці	9,7	9,5	3,2	11,2
Незручні робочі пози	23	8,7	27	18
Підвищена напруженість праці	30	31	28	35

Окрім впливу шкідливих чинників працівники АЕС зазнають електростатичні ризики через наявність індукційних зовнішніх електростатичних полів і теплові ризики, зумовлені роботою з високим рівнем напруженості за підвищених температур виробничого середовища (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Інформація про мікрокліматичні умови праці персоналу АЕС

Характеристика показників	Кількість працюючих в шкідливих умовах, % загальної кількості			
	Хмельницька АЕС	Запорізька АЕС	Рівненська АЕС	Південноукраїнська АЕС
Незадовільні умови мікроклімату	9,7	9,5	3,2	11,2
Підвищена температура назовні	23,1	8,7	27,2	18,1
Наявність статичної електрики на робочому місці	68,1	64,3	72,0	76,0

Умови праці на діючих АЕС та об'єкті “Укриття” мають цілу низку особливостей, які не дають змоги без суттєвих змін у системі індивідуального захисту працівників забезпечити вимоги міжнародних організацій з охорони праці і виконати завдання поставлені державними відомствами з подальшого розвитку ядерної енергетики. Аналіз умов праці на Європейських АЕС показує, що вони суттєво відрізняються за рівнями шкідливості від Українських АЕС. Так, 10 % персоналу АЕС України, чия діяльність пов'язана з ремонтними, демонтажними та аварійно-відновлювальними роботами, а також утилізацією РАВ, мають дози від 20 до 40 мЗв за рік. Водночас рівень опромінення працівників європейських АЕС становить 0,2...0,4 мЗв. У зв'язку з цим і виникла потреба у створенні багатофункціональних комплектів ЗІЗ, які суттєво зменшують вплив зовнішніх полів іонізуючого випромінювання і водночас забезпечують захист від інших НШВЧ (рідких розчинів радіоактивних речовин, пилу з радіонуклідами, хімічно і біологічно активних речовин тощо). Розроблені і впроваджені ЗІЗ призначено до виготовлення на вітчизняних підприємствах із застосуванням сучасних технологій і матеріалів.

1.3. Стан травматизму та професійної захворюваності в Україні

Аналіз нещасних випадків на виробництвах України є одним з основних і необхідних шляхів розробки механізмів профілактики та запобігання травматизму. Адже нещасний випадок на виробництві, особливо зі смертельним наслідком, слід розглядати як сигнал про незадовільний стан профілактичної роботи щодо запобігання травматизму на тому чи іншому виробничому об'єкті або на виробництві в цілому. Отже, тільки після визначення стану безпеки праці в галузі, на виробництві, об'єктивного

виявлення справжніх причин того чи іншого нещасного випадку та закономірностей його виникнення і з'являються реальні можливості для ефективного пошуку шляхів активізації профілактичної роботи та зниження травматизму.

Виробничий травматизм давно став актуальною проблемою у всіх країнах світу, в тому числі і Україні. Травматизм є однією з найважливіших медико-соціальних проблем сьогодення для більшості країн світу. Протягом усього XX ст. актуальність проблеми травматизму росла, при цьому відзначається зростання травматизму зі смертельним наслідком, з переходом на інвалідність, з тимчасовою втратою працездатності. Сьогодні в економічно розвинених країнах світу травми займають третє місце серед причин смерті населення, причому серед працездатного віку. В Україні протягом останніх років, становище в сфері охорони праці залишається напруженим. Діюча система управління охороною праці виявилась недостатньо ефективною в умовах сьогодення. Як наслідок – рівень виробничого травматизму залишається достатньо високим.

Небезпечні чинники часто призводять до травми, а шкідливі чинники – до захворювання. Тільки з організаційних причин відбувається біля 80% всіх нещасних випадків у побуті та на виробництві. Але оздоровити умови діяльності, підвищити безпеку неможливо за допомогою одних лише організаційних заходів. В системі заходів щодо профілактики травматизму, вироблених усіма країнами світу, істотна роль приділяється розробці і впровадженню комплексних програм безпеки праці.

За даними Міжнародної організації праці, в усьому світі щодня реєструється понад 500 смертельних випадків у сільському господарстві, промисловості та сфері послуг. Щорічно більше 300 тисяч працівників отримують виробничі травми і професійні захворювання. Кожні три хвилини гине один робітник в результаті нещасного випадку, а щосекунди четверо робітників одержують виробничу травму. У світі економічні втрати, пов'язані з виробничим травматизмом, складають біля 1% світового валового національного продукту. Статистика свідчить, що розподіл травматизму за основними галузями виробництва протягом ряду років залишається постійним. Однією з травмонебезпечних галузей є агропромисловий комплекс, де смертельні травми в процентному відношенні складають у рослинництві – 24% від загальної кількості травм, тваринництві – 21%, будівництві – 16%, ремонт і технічне обслуговування машин і устаткування – 14%, в транспорті – 11%, деревообробці і лісозаготівлі – 3%, харчовій промисловості, житловому і комунальному господарстві – 0,7%, молочній галузі – 0,5%, інші – 6%.

Дослідження виробничого травматизму зі смертельними наслідками проведено за матеріалами спеціального розслідування на підставі актів розслідування, складених за формою Н-1, визначеною НПАОП 0.00-6.02-04

«Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві».

Обробка даних про виробничий травматизм за визначений період проводилась з використанням статистичного методу, що дозволило визначити динаміку змін травматизму та його тяжкість в окремих галузях промисловості, виявити закономірності зростання або зниження окремих показників нещасних випадків.

Характеристика змін виробничого травматизму та смертельного травматизму за 1995 по 2013 роки відображені на графіках, наведених на рис. 1.2. Спостерігається тенденція до зниження рівня смертельного травматизму в сільському господарстві і в соціально-культурній сфері та торгівлі, знизився останнім часом рівень смертельного травматизму в будівництві та промисловості будматеріалів, хоча кількість смертельно травмованих працівників у цих галузях щорічно протягом 5 років досягала 50 і більше осіб.

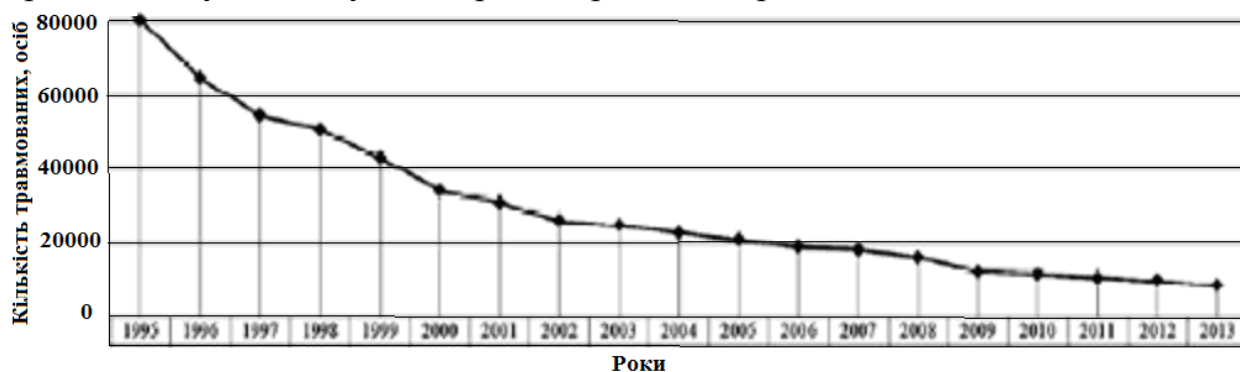


Рис. 1.2. Загальний травматизм в Україні

На підприємствах вугільної промисловості в середньому щорічно гине понад 120-130 працівників. А в 2007 р. кількість загиблих у цій галузі навіть перевищила 260 осіб.

У таких видах економічної діяльності, як машинобудування та сільське господарство, щорічно гине від 30 до 70 працівників. Під час виконання робіт у таких галузях, як харчова промисловість та переробка сільгосппродуктів, автодорожній транспорт, газова промисловість, котлонагляд та підйомні споруди, енергетика і металургійна промисловість щорічно смертельно травмується 21...50 працівників. В інших видах економічної діяльності кількість смертельно травмованих працівників не перевищує 20 осіб на рік.

Динаміка загального травматизму в шести найбільш небезпечних галузях України в період з 2010 по 2013 роки, (чол.) наведено на рис. 1.3.

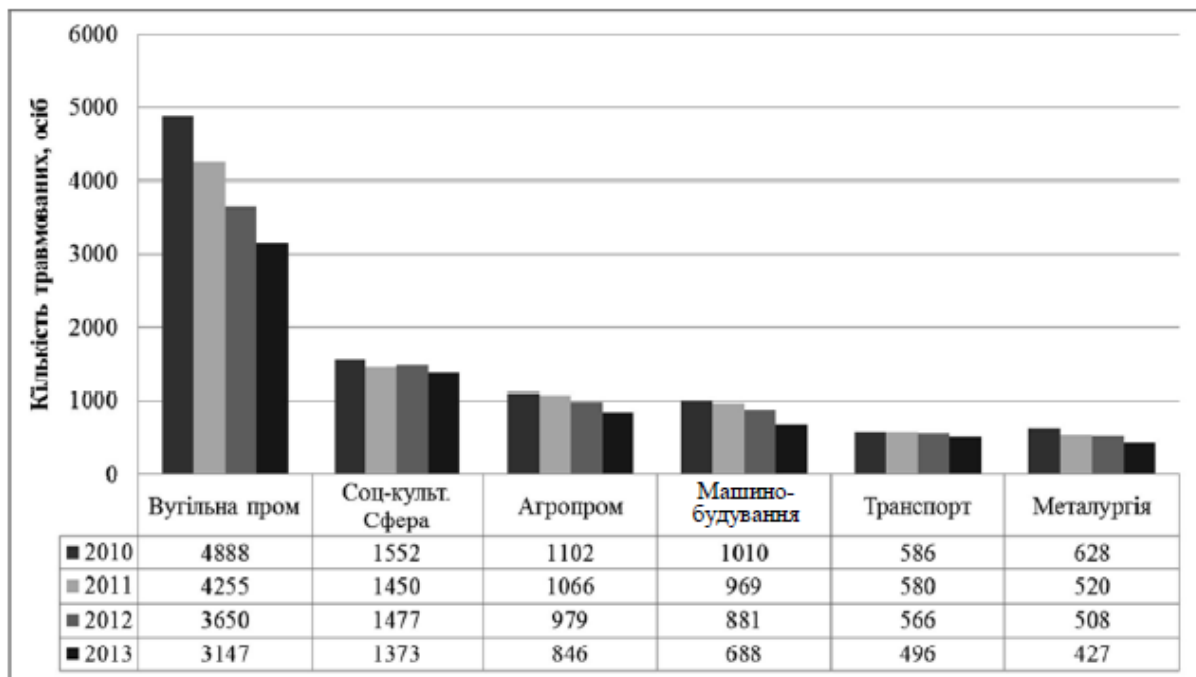


Рис. 1.3. Загальний травматизм у шести найбільш небезпечних галузях

Успішна профілактика виробничого травматизму та професійної захворюваності можлива лише за умови ретельного вивчення причин їх виникнення. Для полегшення цього завдання прийнято поділяти причини виробничого травматизму і професійної захворюваності на такі основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні, психофізіологічні.

Організаційні причини – відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці; відсутність контролю; порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів; невиконання заходів щодо охорони праці; порушення технологічних регламентів, правил експлуатації устаткування, транспортних засобів, інструменту; порушення норм і правил планово-попереджувального ремонту устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними ро-ботами; використання устаткування, механізмів та інструменту не за призначенням.

Технічні причини – несправність виробничого устаткування, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування, недосконалість або відсутність захисних загороджень, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування.

Санітарно-гігієнічні причини – підвищений вміст в повітрі робочих зон шкідливих речовин, не-достатнє чи нераціональне освітлення; підвищені рівні шуму, вібрації; незадовільні мікрокліматичні умови; наявність різноманітних випромінювань вище допустимих значень; порушення правил особистої гігієни.

Психофізіологічні причини – помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важ-кість і напруженість роботи; монотонність праці; хворобливий стан працівника; необережність; не-відповідність

психофізіологічних чи антропометричних даних працівника використовуваній техніці чи виконуваній роботі.

Економічні причини – нерегулярна виплата зарплати; низький заробіток; неритмічність роботи; прагнення до виконання понаднормової роботи; праця за сумісництвом чи на двох різних підприємствах.

Виробничий травматизм, професійні та професійно зумовлені захворювання завдають не лише соціальних, але й значних економічних збитків, тому комплекс організаційно-профілактичних заходів знаходиться в складному взаємозв'язку різних чинників виробничого середовища і умов праці.

Найбільшу кількість професійних захворювань зареєстровано в Донецькій (32,3 %), Луганській (25,8 %), Дніпропетровській (17,6 %) і Львівській (10,5 %) областях. Кількість профзахворювань у цих областях становить близько 86 % від загальної кількості по Україні. Значне зростання професійних захворювань відзначаємо у Волинській обл. – на 151 випадок (від 112 до 263), Донецькій обл. – на 50 випадків (від 1760 до 1810), Луганській обл. – на 37 випадків (від 1412 до 1449), Львівській обл. – на 20 випадків (від 568 до 588), Дніпропетровській обл. – на 18 випадків (від 971 до 989).

В останні роки дедалі серйознішою стає проблема професійної захворюваності медичних працівників – переважно на інфекційні хвороби (туберкульоз, інфекційний гепатит). Так, у 2012 р. виявлено 66 професійних захворювань у медичних працівників. Професійна патологія в Україні реєструється у працівників більш як 250 професій при середньому стажі роботи до 20 років та середньому віці до 50 років. Рівень професійних захворювань в Україні є досить високим – майже два випадки на 10000 працюючих. При цьому намітилася стала тенденція до зростання кількості випадків.

Маємо враховувати той факт, що, за даними Держкомстату України, в країні кожен четвертий (24,7 %) працює в умовах, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормативам за параметрами вмісту пилу в повітрі робочої зони, вібрації, шуму, інфра- і ультразвуку, іонізуючого та неіонізуючого випромінювання, важкості й напруженості праці тощо. Загальний професійний ризик за певний час або в динаміці років можна оцінити через фактичний рівень нещасних випадків на виробництві, використовуючи загальноприйняті коефіцієнти травматизму та профзахворювань.

Умови праці в Україні класифікували за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Відомо, що шкідливі (3 клас) та небезпечні (4 клас) умови праці на робочих місцях працівників спричиняють у них розвиток специфічних захворювань та, як наслідок, стійку втрату професійної працездатності, що надалі призводить до розвитку професійного захворювання.

Розрізняють гострі й хронічні професійні захворювання та отруєння. Захворювання, зумовлені тривалим, протягом багатьох років, вдиханням невеликих концентрацій пари хімічних речовин, пилу, газів, впливом на

організм вібрації і шуму, переважно мають хронічний характер. Вони виникають поступово – через 10-15 і більше років роботи в несприятливих умовах. Наприклад, вібраційна хвороба розвивається за 15-20 і більше років у разі нехтування гігієнічними рекомендаціями. Прояви перших ознак хронічного отруєння пестицидами при контакті з ними без суворого виконання профілактичних заходів можна спостерігати вже через 2-3 роки.

У тих рідкісних випадках, коли працюючі протягом одного робочого дня зазнають короткочасного, часто випадкового, впливу великих концентрацій хімічних речовин або якогось іншого шкідливого чинника (високої температури, випромінювання тощо) і при цьому не користуються засобами індивідуального захисту або порушують інші правила безпеки, може виникнути так зване гостре професійне отруєння або захворювання.

Так, у працівників сільського господарства можливе гостре отруєння пестицидами, сонячний удар під час польових робіт, в електрозварювальників – під час зварювальних робіт (електроофтальмія).

Перелік професійних захворювань в Україні поділяється на сім основних груп із перерахуванням факторів, вплив яких може спричинити професійне захворювання:

- захворювання, які виникають під впливом хімічних факторів (різні гострі та хронічні інтоксикації);
- захворювання, спричинені впливом промислового пилу (пневмокониоз, пило-вий бронхіт);
- захворювання, спричинені дією фізичних факторів (вібраційна хвороба, неврит слухових нервів, ураження, спричинені дією різних видів випромінювань, високих і низьких температур та ін.);
- захворювання, пов'язані з фізичним перевантаженням та перенапруженням окремих органів і систем (координаторні неврози, хвороби периферичної нервової системи й опорно-рухового апарату – моно- та полінейропатії, радикулопатії, хронічні міофібрози, виражене варикозне розширення вен на ногах; захворювання, які спричинені перенапруженням голосового апарату та органів зору);
- захворювання, спричинені дією біологічних факторів (інфекційні та паразитарні захворювання, які розвиваються у людей, що мають контакт з різним інфекційним матеріалом або тваринами, що хворіють тим чи іншим інфекційним захворюванням, а також у тих, хто працює в протитуберкульозних та інших інфекційних медичних закладах; захворювання, які спричиняються антибіотиками, грибами-продуцентами та ін.);
- алергічні захворювання (кон'юнктивіт, риніт, бронхіальна астма);
- злоякісні новоутворення (професійний рак).

Значного поширення набула класифікація токсичних речовин, яка відображає їх практичне застосування:

- 1) промислові отрути, які використовуються у виробництві: органічні розчини (діхлоретан), барвники (анілін), хімічні реагенти (метиловий спирт) та ін.;

2) отрутохімікати, що використовуються для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських рослин; хлорорганічні пестициди (гексахлоран, поліхлорпінен), фосфорорганічні інсектициди (карбофос, хлорофос, метилмеркаптофос), ртутьорганічні речовини (гранозан), похідні карбамінової кислоти (севін);

3) лікарські засоби;

4) побутові хімікати, які використовують у вигляді харчових доповнень (оцтова кислота), засоби санітарії, особистої гігієни і косметики;

5) біологічні рослинні й тваринні отрути, які містяться в рослинах і грибах, тваринах і комах (змії, бджоли);

6) бойові отруйні речовини (зарін, іприт, фосген).

Загального визнання набула гігієнічна класифікація отрут, в основу якої покладена кількісна оцінка токсичної небезпеки хімічних сполук на основі експериментально встановленої смертельної дози і гранично допустимої концентрації (ГДК).

Робота в умовах впливу на організм шкідливих професійних чинників не завжди супроводжується розвитком професійної хвороби. Організм людини здатен пристосовуватися навіть до впливу отруйних речовин. Для розвитку хвороби важливу роль відіграє доза шкідливих речовин, які потрапляють в організм, або рівень вібрації, шуму тощо. Важливе місце займає тривалість дії шкідливих факторів та індивідуальна чутливість сприймання людьми тих чи інших виробничих чинників. Проте, чи пристосується організм кожного окремо взятого працівника до отрути, чи за десять років він поповнить лави тих, що втратили працездатність внаслідок дії професійних чинників, визначити неможливо.

Шкідлива дія виробничих чинників на організм людини посилюється за умови поєднання їх з так званими супутніми несприятливими умовами праці й побуту. До них насамперед належать шкідливі звички – вживання алкогольних напоїв, куріння, неправильна організація відпочинку, нераціональне харчування тощо. Нераціональне неповноцінне харчування (порушення режиму, харчування, недостатнє споживання вітамінів), ослаблюючи захисні сили організму, знижують його опір шкідливим професійним чинникам.

Багато уваги приділяється питанням охорони праці та здоров'я на виробництві у Європейському Союзі (ЄС) і країнах, що входять до нього. Особливо досліджуються проблеми стресів на робочому місці. Стрес визначають як "негативно забарвлену емоційну реакцію на трудовий процес, що виникає внаслідок психічних перенавантажень працівників, у тому числі через надмірні вимоги до роботи, авторитарного керівництва, конфліктів на робочому місці, насильства і мобінгу". До "класичних" факторів стресу віднесено також шуми, вібрацію та монотонність праці. Так, до 40 млн працівників у країнах ЄС мають на захворювання, пов'язані зі стресом. На наслідки стресів припадає 25 % робочих днів, пропущених через хворобу, а витрати тільки з оплати лікарняних внаслідок цього становлять 20 млн євро на рік. Загалом економічні втрати від стресу становлять 150 млн євро.

На 29 конгресі Міжнародної комісії з професійного здоров'я було відзначено, що 2,3 млн передчасних смертей працівників у світі зумовлено шкідливими і небезпечними виробничими факторами, із цієї кількості 195 тис. пов'язано з професійними захворюваннями.

Отже, зрозуміло, що здоров'я працюючого населення як в Україні, так і в інших країнах світу значно залежить від умов праці, які їм створюють роботодавці, власники підприємств. Основною складовою профілактики профзахворювань є формування сучасного і безпечного, здорового виробничого середовища, забезпечення культури охорони праці. Невідкладним є процес із використання всіх можливих засобів для підвищення загальної поінформованості громадян про виробничі небезпеки та ризики, обізнаність та розуміння того, як можна їм запобігти. Формуючи культуру охорони праці, необхідно постійно привертати увагу кожного роботодавця і працівника до цих важливих питань, що, своєю чергою, сприятиме роботі без аварій і травм. Це навіть більше, ніж безпосередньо державний нагляд. Потрібно змінити ставлення людей до власної безпеки на робочому місці, підвищити рівень культури виробництва як працівників, так і роботодавців. Запобігти зростанню кількості нещасних випадків та професійних захворювань можна лише завдяки активній взаємодії із засобами масової інформації, шляхом проведення широкомасштабної інформаційної кампанії.

1.4 Характеристика завдань створення, регламентації та експлуатації засобів індивідуального захисту

Щороку в Україні зростає випуск ЗІЗ, використання яких дає змогу знизити рівень травматизму і професійних захворювань. Ефективність застосування ЗІЗ залежить від правильності їх вибору й надійності під час експлуатації та зберігання. За умов ринкових відносин з урахуванням інфляційних процесів, невизначеності інформації та цілей необхідно знаходити нові методологічні підходи, які забезпечать ефективні способи під час розроблення, виготовлення та експлуатації ЗІЗ.

Перелік ЗІЗ встановлюється відповідними нормами або відомчими документами, які сформовано на апіорних уявленнях, застарілому досвіді та документації, яка не передбачає використання математичного обґрунтування.

До параметрів ЗІЗ відносять велику кількість показників: показники якості, надійності, економічності, комфортності, ергономічності. Показники якості ЗІЗ загального призначення регламентуються великою кількістю нормативних документів, спеціальних стандартів та внутрішніх документів. Наприклад, відповідно до діючих стандартів встановлено 26 показників якості для виробничого захисного одягу (ЗО), 28 – для захисного взуття, 18 – для герметичного одягу, 16 – для респіраторів і 20 – для дихальних апаратів. Таку сукупність показників важко досягнути в повному обсязі що суттєво утруднює процес проектування і не сприяє підвищенню ефективності під час вибору ЗІЗ.

ЗІЗ – це структурні вироби, елементи яких розрізняються за фізико-механічними, температурними, гігієнічними, електричними показниками, що безпосередньо впливає на рівень їхньої ефективності, якості, надійності та економічності. Під час проектування, розроблення і виготовлення ЗІЗ зазвичай необхідно забезпечити вимоги, які мають суперечливий характер. Процес їх забезпечення ускладнюється тим, що для показників встановлено граничні детерміновані значення. Методи оцінки за граничними значеннями мають низку недоліків, тому що строго придатні для однотипних виробів, які експлуатують в однакових виробничих умовах близьких до лабораторних, за певних механічних та теплових навантажень. Вони не дають змоги врахувати тривалість у часі тих або інших коливань навантажень, випадковий характер виробничих умов (зміни радіаційної обстановки, мікрокліматичних умов, інтенсивності праці) на робочому місці. Суттєвою вадою існуючих норм і граничних показників для характеристик і процесів, які за своєю природою є імовірними, є відсутність рівня імовірності, за якої їх необхідно забезпечити. У зв'язки з цим становить інтерес подальше удосконалення норм та розробка аналітичних методів оцінки параметрів ЗІЗ за граничними значеннями, які є обов'язковими і придатними для окремих видів ЗІЗ.

Існуюча практика визначення кількісних параметрів матеріалів і виробів передбачає проведення експериментальних випробувань. У лабораторних умовах більшість параметрів характеристик матеріалів і граничних показників (термін використання, інтервали праці і відпочинку), а також значення шкідливих чинників, параметри мікроклімату визначають як детерміновані величини та інтерполюють в припущенні лінійності та незмінності початкових умов, що не відповідає реальним умовам використання.

Під час випробувань у промислових умовах за існуючих проблем забезпечення вимірювальними приладами, визначення цілої низки показників відбувається на основі трудомістких натурних експериментів. Використання застарілих приладів і методів випробувань в умовах зміни шкідливих чинників і параметрів мікроклімату на робочих місцях, може призвести до суттєвих похибок під час контролю захисних властивостей, параметрів фізичних величин та полів та їхнього впливу на працівника та устаткування.

Властивості і параметри ЗІЗ суттєво залежать від зовнішніх виробничих умов та тривалості використання, тому основою кількісного аналізу часто виступає експеримент і математичне моделювання.

Для вдосконалення методів вибору параметрів і режимів використання ЗІЗ найкраще мати інтегральні критерії (рис. 1.4), які об'єднують низку параметрів матеріалів і виробів, характеризуються аналітичними залежностями, формалізуються у математичних моделях, що дає змогу здійснити моделювання та оптимізаційні розрахунки на комп'ютері.



Рис. 1.4. Комплексні показники ЗІЗ

Нині існує нагальна проблема створення нових комплектів ЗІЗ, які вирішують такі основні завдання:

відповідності вихідним вимогам на основі аналізу умов праці;

забезпечення базового рівня показників захисту і надійності;

не створення додаткових загроз для здоров'я і ризиків травматизму працівників.

Такий підхід передбачає можливість врахування низки критеріїв, відповідних до умов праці, а можливі негативні чинники усунути за рахунок вибору й оптимізації параметрів конструкції та відповідної технології виготовлення.

1.5 Потреба у використанні засобів індивідуального захисту

Відповідно до статті 10 Закону України «Про охорону праці» та статті 163 Кодексу законів про працю України на роботах з шкідливими та небезпечними умовами праці, а також роботах, що пов'язані із забрудненням, або тих, що здійснюються в несприятливих температурних умовах, працівникам видаються безплатно відповідно до Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту затвердженого наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 29 жовтня 1996 р. № 170 засоби індивідуального захисту.

ЗІЗ видаються працівникам згідно з встановленими нормами і строками носіння незалежно від форм власності та галузі виробництва, до якої

відносяться ці виробництва, цехи, дільниці та види робіт. Станом на 05.01.2017 р. чинними є 82 нормативно-правових акти з охорони праці (далі – НПАОП), що визначають норми ЗІЗ. Згідно з чинним законодавством потреба в засобах індивідуального захисту працівників може додатково коригуватися на підприємстві нормами колективних договорів залежно від наявності шкідливих і небезпечних факторів в конкретних умовах виробництва. Важливо відмітити, що з урахуванням специфіки виробництва, вимог технологічних процесів нормативних актів про охорону праці, за погодженням з представниками профспілкових органів та за рішенням трудового колективу підприємства працівникам може видаватися спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту понад передбачені норми. Крім того, передбачена можливість внесення змін та доповнення до встановлених норм безплатної видачі працівникам спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту з урахуванням виробничих та кліматичних умов за обґрунтованими пропозиціями.

Недостатнє забезпечення наявної потреби у засобах захисту призводить до зростання рівня незахищеності працівників на їх робочих місцях. Надмірне ж забезпечення даної потреби збільшує валові витрати підприємства та собівартість його продукції, що безпосередньо впливає і на його конкурентоздатність. Саме тому формування та забезпечення таких потреб має бути обґрунтованим та оптимальним

ЗІЗ, які видаються працівникам мають бути:

- безпечними для життя та здоров'я споживачів за умови їх застосування за призначенням з урахуванням правильного обслуговування й використання;
- забезпечувати запобігання або зменшення дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів

- відповідати вимогам Європейської директиви 89/686/ЕЕС від 21 грудня 1989 р. щодо індивідуальних засобів захисту; національного стандарту ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація» та Технічного регламенту засобів індивідуального захисту. Затв. постановою Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2008 р. № 761.

При розробленні визначенні необхідної кількості ЗІЗ (форма наведена в таблиці 1) об'єктом захисту від впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів є працівник за визначеною ДК 003:2010 професійною назвою роботи, який здійснює свою трудову діяльність відповідно до завдань та обов'язків, покладених на нього довідниками кваліфікаційних характеристик професій працівників та посадовими інструкціями.

Початковим етапом визначення потреби працівників у ЗІЗ, а також їх вибору, має стати оцінка ризиків ушкодження здоров'я для цих працівників, що здійснюються у наступній послідовності:

1. оцінка ризику ушкодження здоров'я працівників (risk assessment):

- 1.1 ідентифікація існуючих та можливих небезпек, шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть впливати на працівників в процесі їх виробничої діяльності (risk identification);

- 1.2 аналіз ризику (risk analysis):

- 1.2.1 визначення імовірності реалізації небезпек;
- 1.2.2 визначення тяжкості наслідків від реалізації небезпек;
- 1.3 оцінювання ризику, тобто визначення рівня (ступеню) ризику (risk evaluation);

2. визначення заходів та методів управління виявленими ризиками (risk treatment).

Відповідно до п. 3.1.4 Рекомендацій щодо розроблення системи профілактики виробничого травматизму (СПВТ) на основі ризикоорієнтованого підходу об'єктом ідентифікації потенційних небезпек є робоче місце, робоча зона або сукупність робочих місць, об'єднаних технологічним процесом. Головним завданням ідентифікації потенційних небезпек є виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів та умов для реалізації їх негативного впливу на стан здоров'я та працездатності працівників під час здійснення ними трудової діяльності. Необхідно завжди пам'ятати, що на потенційні небезпеки наражаються працівники на своїх робочих місцях, працівники прилеглих робочих місць, а також інші сторонні особи (експерти, прибиральники, обслуговуючий персонал та інші). Методи ідентифікації небезпек та оцінки ризиків значно відрізняються в різних галузях промисловості, починаючи від простих оцінок і до складного кількісного аналізу зі значною кількістю документації. Окремі типи небезпек можуть потребувати застосування різних методів, тобто кожне підприємство, організація чи установа має обрати методологію, що дозволить здійснити поточну оцінку усіх ризиків даного підприємства, організації чи установи в області гігієни та безпеки праці. При використанні методів експертної оцінки, як найчастіше уживаних, необхідно проводити виявлення таких небезпек безпосередньо на робочих місцях, виходячи з аналізу технологічних процесів і організації виробництва, характеру виконуваних робіт, результатів обстеження виробничого приміщення, обладнання, властивостей продукції, сировини та матеріалів тощо. Результати оцінки ризиків, незважаючи на їх суб'єктивний характер (залежить від професійного рівня та компетенції виконавців проведених робіт), дають можливість установити фактори ризику ушкодження здоров'я працівників, їх співвідношення та визначати на цій основі пріоритети діяльності щодо мінімізації ризиків. Отримані значення рівнів ризиків відображають конкретні обставини можливого впливу на працівників (кожного окремого) ідентифікованого шкідливого та небезпечного виробничого фактора. Рішення про значимість ризиків означає таке їх розмежування, при якому відокремлюють малі та прийнятні ризики та ризики високі й неприйнятні, відносно яких потрібно проводити заходи щодо їх зменшення. У таблиці 1.1 наведено критерії визначення необхідності та черговості заходів відповідно до величини ризику.

Таблиця 1.1

*Критерії визначення необхідності та черговості заходів
відповідно до величини ризику*

Величина ризику	Необхідні заходи для зменшення ризику
Незначний ризик	Ризик настільки малий, що жодних заходів не треба.
Малий ризик	Заходи не обов'язкові, але ситуацію необхідно відслідковувати, щоб ризик був керованим.
Помірний ризик	Заходи для зменшення ризику необхідні, але їх проведення можна спланувати та провести точно за графіком. Якщо ризик тягне за собою серйозні наслідки, необхідно визначити імовірність події більш точно.
Значний ризик	Заходи зі зниження величини ризику обов'язкові, а їх проведення необхідно розпочати терміново. Робота в умовах ризику має бути негайно припинена і її не можна поновлювати доти, доки ризик не буде зменшено.
Неприпустимий ризик	Заходи з ліквідації ризику обов'язкові, а їх здійснення необхідно розпочати негайно. Робота в умовах ризику має бути негайно припинена та її не можна поновлювати доти, доки ризик не буде ліквідовано.

Досвід країн Європейського союзу та провідних вітчизняних підприємств свідчить про ефективність управління ризиками з метою поліпшення умов і безпеки праці шляхом проведення обґрунтованих і запланованих профілактичних заходів. Згідно з п. 4.3.1 ДСТУ OHSAS 18001:2010, визначаючи управлінські заходи чи розглядаючи зміни до наявних заходів, потрібно приділяти увагу зниженню ризиків відповідно до ієрархії запобігання, наведеної на рис. 1.5 Отже європейським законодавством встановлено пріоритет колективних заходів захисту над індивідуальними. **Зазначимо, що в ДСТУ 7239:2011 наголошується, що ЗІЗ можна застосовувати тільки у випадках, якщо безпеку робіт не можна забезпечити організацією виробничих процесів, архітектурно-планувальними рішеннями, конструкцією устаткування та засобами колективного захисту.**

Проте колективні заходи, які визначає та застосовує роботодавець на практиці залежно від своєї обізнаності та фінансових можливостей, не завжди знижують рівень ризику до необхідної (прийнятної) позначки. В такому випадку мають використовуватись ЗІЗ, які займають в ієрархії запобігання останнє місце. Для обґрунтування потреби працівників у ЗІЗ мають бути визначені фактичні рівні залишкових ризиків ушкодження здоров'я працівників з урахуванням проведення усіх попередніх заходів для зниження ризику. Таким чином визначаються і залишкові рівні шкідливих виробничих факторів.

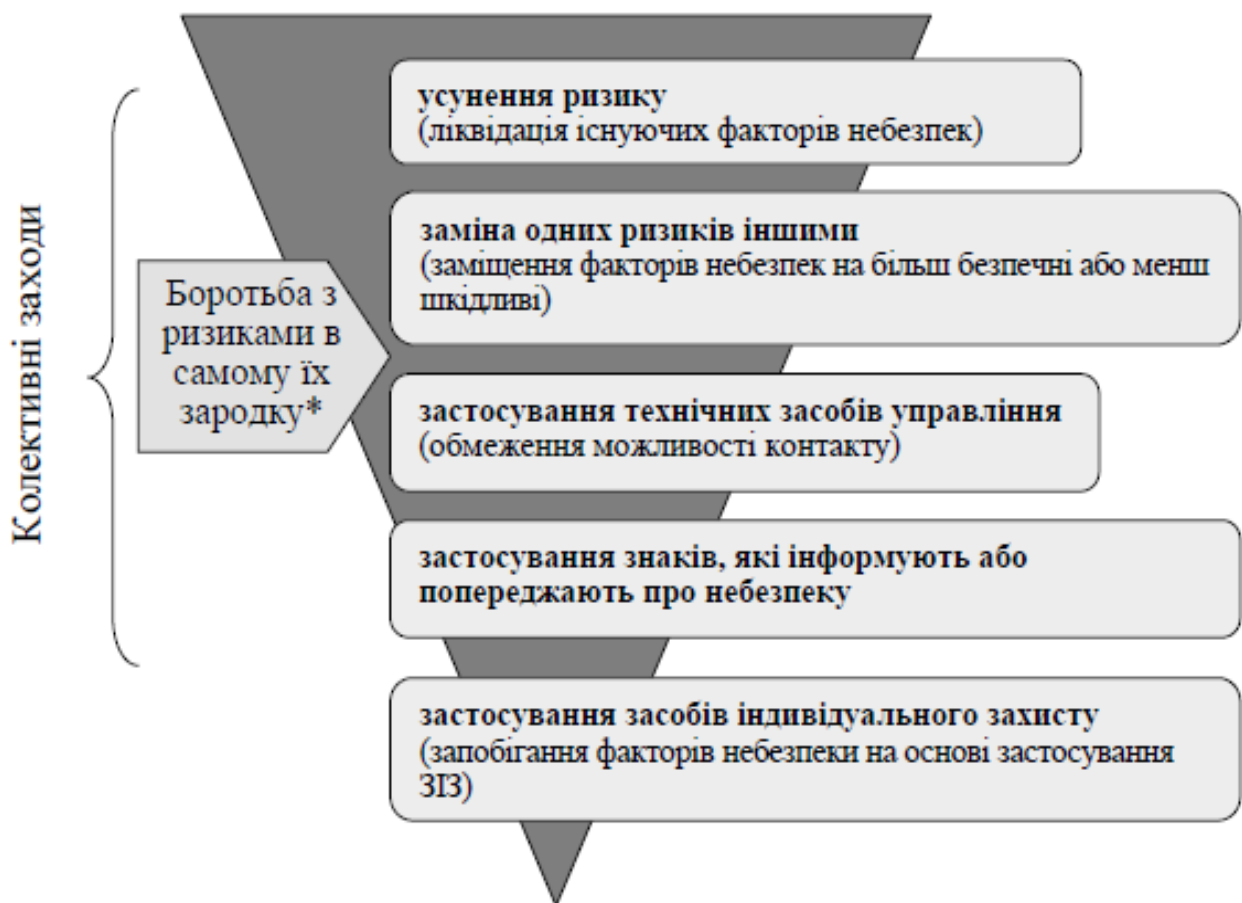


Рис. 1.5. Ієрархія запобігання

ЗІЗ мають застосовуватися для робіт в умовах перевищення гігієнічних нормативів, визначених гігієнічною класифікацією праці, санітарними нормами, правилами тощо, які, як правило, і характеризуються наявністю неприйняттого рівня залишкового ризику.

При досягненні показників оцінки умов праці, менших за гігієнічні нормативи, досягається також мета оцінки та управління ризиками – установити прийнятний рівень залишкових ризиків і утримувати їх на цьому оціненому рівні. Для визначення потреби в засобах захисту мають бути визначені фактори ризику, що становлять загрозу життю і працездатності працівників.

Вже зазначалося, що першим етапом оцінки ризиків, а отже і визначення потреби працівників у ЗІЗ є ідентифікація небезпек, результатом якої має стати реєстр небезпек. За основу для створення такого масиву даних та подальшого його доповнення доцільно взяти ГОСТ 12.0.003-74. Відповідно до зазначеної в стандарті класифікації, небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за природою дії на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні фактори ризику. Останні за характером дії поділяються на фізичні та нервово-психічні перевантаження.

Однак всі вищезазначені фактори ризику, навіть за більш детальної їх конкретизації та диференціації, не складають повний перелік можливих

небезпек, що становлять загрозу життю та здоров'ю працівників в умовах виробництва.

При складанні повного реєстру потенційних небезпек небезпечні та шкідливі виробничі фактори мають бути доповнені залежно від виробничих умов: навколишнє середовище, автомобілі та обладнання, приміщення, матеріали, продукція тощо.

Для цього можуть бути використані найменування груп та підгруп небезпек (механічні впливи, ковзання, вода та розчини, загальне забруднення тощо), наведені в ГОСТ 12.4.103-83, і характерні для застосування таких засобів захисту, як одяг спеціальний захисний та засоби індивідуального захисту ніг та рук.

Реєстр можливих небезпек необхідно доповнити такими, що пов'язані із потребою застосування засобів захисту органів дихання, голови, очей, обличчя, засобів захисту від падіння з висоти тощо.

Орієнтовний перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів та залежно від впливу на працюючих їх взаємозв'язок із необхідними ЗІЗ наведено в табл. 1.2.

Запропонований орієнтовний перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів включає фактори ризику та впливу, характерні, головним чином, для всіх видів економічної діяльності та виробництв. Цей перелік може бути доповнений іншими факторами небезпеки для працівників, виявленими на конкретному робочому місці залежно від умов і характеру виконуваних робіт.

Формування переліку і номенклатури необхідних ЗІЗ пов'язане з відповідним і достатнім захистом від негативного впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівників, для чого в Нормах ЗІЗ за допомогою умовних позначень наводяться захисні властивості засобів.

Передбачене Нормами ЗІЗ застосування таких засобів захисту, як протигази, респіратори, каски, шлеми, окуляри, щитки захисні, пояси, наколінники, нарукавники тощо, має супроводжуватися позначенням їх захисних властивостей від виявлених небезпек при виконанні працівниками робіт. Разом з цим в Нормах ЗІЗ можуть визначатися тип та/або виконання зазначених засобів захисту, наприклад, окуляри захисні відкриті або закриті.

Для обґрунтування необхідних до використання ЗІЗ доцільно скористатися матрицею взаємозв'язку небезпечних і шкідливих виробничих факторів з частинами тіла працівника: голова (череп, вуха, очі, дихальні шляхи, обличчя, уся голова), руки, ноги, інші частини тіла (шкіра, тулуб, пахова область, тіло в цілому).

Режим застосування засобів захисту (постійно, при виконанні певних робіт, при появі шкідливого та небезпечного виробничого фактора, черговий ЗІЗ тощо) також визначається в Нормах ЗІЗ. Наприклад, з появою фактора понижених температур під час роботи в неопалюваних приміщеннях та на зовнішніх роботах узимку необхідно передбачити забезпечення працівників відповідними засобами захисту.

Таблиця 1.2

Взаємозв'язок небезпечних і шкідливих виробничих факторів із ЗІЗ
та їх захисними властивостями

Орієнтовний перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів	ЗІЗ та їх захисні властивості	Примітка
<u>Фізичні фактори:</u>		
машини і обладнання та їх рухомі частини (<i>наїзд, зіткнення, захоплення тощо</i>)	Одяг, засоби захисту рук (<i>сигнальні</i>)	
пересувні вироби, заготовки, матеріали	Спецвзуття, засоби захисту голови, очей, обличчя (<i>від ударів, проколювання, роздавлювання</i>)	
руйнівні конструкції, обвалені горні породи, обрушення, обвалення предметів, матеріалів	Спецвзуття, засоби захисту голови, очей, обличчя (<i>від ударів, порізів, проколювання, перекидання, зсуву, роздавлювання</i>)	
пил та загазованість повітря робочої зони:	Засоби захисту (<i>протипилові, газопилозахисні, газозахисні, ізолюючі та фільтрувальні пристрої</i>)	Концентрація має бути $\leq$ ГДК [14]
<i>пил нетоксичний</i>	Засоби захисту органів дихання, очей, спецодяг, спецвзуття	
<i>пил скловолокна</i>	Засоби захисту органів дихання, очей, рук, спецодяг, спецвзуття	
<i>пил дрібнодисперсний</i>	Спецодяг, засоби захисту рук	
<i>пил великодисперсний</i>	Засоби захисту рук	
<i>пил вибухонебезпечний</i>	Спецвзуття	
температура поверхонь обладнання, матеріалів:		
<i>підвищена температура, обумовлена кліматом</i>	Спецодяг, спецвзуття	За нормами санітарно-допустимих величин
<i>теплове випромінювання, відкритий вогонь, іскри, бризки розплавленого металу, окалини</i>	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, голови, очей, обличчя (<i>захисні властивості залежно від наявного фактора</i>)	
<i>контакт з нагрітими поверхнями понад 45° C</i>	Спецвзуття	

Орієнтовний перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів	ЗІЗ та їх захисні властивості	Примітка
<i>контакт з нагрітими поверхнями понад 40° C</i>	Спецодяг, засоби захисту рук (<i>захисні властивості залежно від температури поверхні</i>)	
<i>конвективна теплота</i>	Спецодяг	
знижена температура:		
<i>знижена температура повітря</i>	Спецодяг, засоби захисту рук	За нормами санітарно-допустимих величин
<i>знижена температура</i>	Спецвзуття (<i>захисні властивості залежно від температури повітря</i>)	
<i>понижена температура повітря та вітру</i>	Спецодяг	
<i>контакт з охолодженими поверхнями</i>	Засоби захисту рук	
шум на робочому місці	Засоби захисту органів слуху (<i>протишумові шоломи, вкладиші, навушники</i>)	Рівень шуму має бути ≤ ГДР [14]
вібрація (локальна, загальна, імпульсна)	Спецвзуття, засоби захисту рук	Має бути ≤ ГДР [14]
інфразвукові коливання		Має бути ≤ ГДР [14]
ультразвук (повітряний, контактний)		Має бути ≤ ГДР [14]
барометричний тиск	Костюми ізолюючі (<i>пневмокостюми, гідрокостюми, скафандри</i>)	
вологість повітря		За рівнями допустимих величин, визначених [14]
рухливість повітря		За рівнями допустимих величин, визначених [14]
електричний струм	Спецвзуття, засоби захисту рук	Захист від напруги до або понад 1000 В
електростатичні заряди і поля	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	
електричні та електромагнітні поля	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	
підвищена яскравість світла	Засоби захисту очей, обличчя (<i>окуляри, щитки</i>)	Має бути ≤ ГДР [14]

Орієнтовний перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів	ЗІЗ та їх захисні властивості	Примітка
прямий і відбитий відблиск	Засоби захисту очей, обличчя (<i>окуляри, щитки</i>)	Має бути $\leq$ ГДР [14]
підвищена пульсація освітленості	Засоби захисту очей, обличчя (<i>окуляри, щитки</i>)	
радіоактивні забруднення	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, органів дихання	
рентгенівські випромінювання	Спецодяг, засоби захисту рук, очей	
неіонізуюче випромінювання: <i>лазерне випромінювання</i>		Має бути $\leq$ ГДР [14]
гострі краї, задирки, шорсткість	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук (<i>від проколів, порізів, стирання</i>)	
робоче місце на висоті	Засоби захисту від падіння з висоти (<i>запобіжні пояси, троси, ручні захвати, маніпулятори</i>)	
слизька поверхня (<i>засалена, заледеніла, мокра, забруднена тощо</i>)	Спецвзуття	
інші можливі фактори ризику		
<u>Хімічні фактори:</u>		Має бути $\leq$ ГДК [14]
шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони	Засоби захисту органів дихання (<i>протигазові</i>)	Має бути $\leq$ ГДК за гігієнічною оцінкою відповідно до [14]
токсичні речовини: <i>тверді, рідкі токсичні речовини</i>	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	
<i>аерозолі токсичних речовин</i>	Спецодяг	
<i>газоподібні токсичні речовини</i>	Засоби захисту рук	
вода та розчини нетоксичних речовин: <i>вода</i>	Спецвзуття, спецодяг, засоби захисту рук (<i>водонепроникні, водотривкі</i>)	
<i>розчини поверхнево-активних речовин</i>	Спецодяг	
розчини кислот	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	Захисні властивості залежно від концентрації (<i>по сірчаній кислоті</i>)

Орієнтовний перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів	ЗІЗ та їх захисні властивості	Примітка
розплави лугів	Спецодяг, засоби захисту рук	Захисні властивості залежно від концентрації (<i>по гідрооксиду натрію</i>)
розчини лугів	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	
органічні розчинники, в тому числі лаки та фарби на їх основі:	Спецодяг, спецвзуття	
<i>ароматичні та неароматичні речовини</i>	Спецвзуття, засоби захисту рук	
<i>хлоровані вуглеводи</i>	Засоби захисту рук	
нафта, нафтопродукти, масла та жири:		
<i>сира нафта</i>	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	
<i>продукти легкої фракції</i>	Спецодяг	
<i>нафтові масла і продукти важких фракцій</i>	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	
<i>рослинні і тваринні масла та жири</i>	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	
<i>тверді нафтопродукти</i>	Спецвзуття, засоби захисту рук	
загальні виробничі забруднення	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук	
інші можливі фактори ризику		
Біологічні фактори:		
мікроорганізми, комахи (<i>бактерії, віруси, риккетсії, спірохети, гриби, найпростіші, продукти їх життєдіяльності</i>)	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, обличчя (<i>накомарники</i>)	Має бути $\leq$ ГДК в повітрі робочої зони
макроорганізми (<i>рослини, тварини, культури клітин, продукти їх життєдіяльності</i>)	Спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, обличчя	
інші можливі фактори ризику		
Психологічні перевантаження: _____		ЗІЗ мають бути більш сучасними і зручними у використанні та сприяти збереженню працездатності працівників
тяжкість праці (<i>динамічна робота, маса вантажу, статичне навантаження, робоча поза, переміщення в просторі тощо</i>)	Спецвзуття (<i>від статичних навантажень</i>), наколінники, налокітники, наплічники, нарукавники	

Орієнтовний перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів	ЗІЗ та їх захисні властивості	Примітка
напруженість праці (<i>увага, напруженість аналізаторних функцій, емоційна і інтелектуальна напруженість, змінність</i>)	Засоби захисту (<i>зручність у використанні: виконання, модель, матеріал тощо</i>)	
інші фактори впливу		
<u>Психофізіологічні фактори:</u>		ЗІЗ мають бути більш сучасними і зручними у використанні та сприяти збереженню працездатності працівників
психофізичні (<i>сенсомоторні реакції; увага та пам'ять; емоційна стійкість та почуття тривоги; орієнтація в замкнутому просторі; швидкість переключення уваги та здатність до адаптації; втома; стійкість до монотонії</i>)	Засоби захисту (<i>зручність у використанні: виконання, модель, матеріал тощо</i>)	

Слід зазначити, що значна частина переліку засобів індивідуального захисту в певних видах економічної діяльності та виробництвах додатково може використовуватися як засоби санітарного призначення, спрямовані на захист продукції, матеріалів тощо та дотримання вимог санітарії. До таких засобів захисту відносять: спеціальний одяг (накидки, халати, костюми, сорочки, комбінезони, жилети, фартухи тощо), спеціальне взуття, засоби захисту рук, голови (берети, ковпаки, косинки тощо).

Наприклад, працівники кондитерського, хлібопекарного та макаронного виробництва мають бути забезпечені костюмами або халатами, рукавицями чи рукавичками, головними уборами тощо, які, крім функцій санітарного призначення, захищають працівників від забруднень, стирання, ковзання, підвищених температур. До цих засобів захисту необхідно застосовувати підвищені вимоги щодо догляду та використання, в тому числі строків носіння (використання), з метою забезпечення необхідних властивостей.

Встановлення строку носіння засобів захисту необхідне для забезпечення та підтримки їх захисних властивостей, а також для визначення загальної потреби в засобах індивідуального захисту на конкретному підприємстві. Проте сам термін «строк носіння» з Норм ЗІЗ доцільно вилучити через неврегульованість питання щодо внесення до їх тексту позначень тканин та матеріалів, з яких повинні бути виготовлені ЗІЗ, без яких не можна достовірно визначити цей самий строк носіння.

Натомість пропонується розробити Настанову для роботодавців щодо порядку визначення строку носіння ЗІЗ з урахуванням вимог відповідних Директив ЄС (ідентичних їм ДСТУ) і Технічного регламенту ЗІЗ, в яких чітко визначено, що в експлуатаційній документації на ЗІЗ має бути вказано строк придатності або кількість циклів обробки (прання, чищення тощо).

Отже строки носіння залежать від характеру та умов праці, проте не мають перевищувати строки придатності, визначені документами виробника (інструкціями по експлуатації, паспортами тощо).

При застосуванні ефективних засобів індивідуального захисту від впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів рівень ризику ушкодження здоров'я працівників має знижуватися, внаслідок чого умови праці можуть бути оцінені як менш шкідливі (перший ступінь третього класу умов праці відповідно до Гігієнічної класифікації праці).

Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняття «виробниче середовище».
2. Які чинники виробничого середовища впливають на працездатність людини?
3. Які соціально-економічні фактори визначають характер умов праці?
4. Які організаційно-технічні чинники впливають на формування умов праці на робочих місцях?;
5. Які природні чинники обумовлюють додаткові вимоги до устаткування, технологій, організації виробництва і праці?
6. Як поділяються умови і характер праці відповідно до Гігієнічної класифікації праці?
7. Які основні причини нещасних випадків у нашій країні?
8. Охарактеризуйте умови праці на гірничих підприємствах.
9. Охарактеризуйте умови праці в агломераційному виробництві.
10. Охарактеризуйте умови праці в доменному виробництві.
11. Охарактеризуйте умови праці в сталеплавильному виробництві.
12. Охарактеризуйте умови праці в прокатному виробництві.
13. Охарактеризуйте умови праці на дільницях кування і штампування та в ливарному виробництві.
14. Охарактеризуйте умови праці в порошковій металургії та при термічній обробці металів.
15. Охарактеризуйте умови праці на атомних електростанціях.
16. Дайте характеристику стану виробничого травматизму в Україні.
17. Дайте характеристику стану професійної захворюваності в Україні.
18. В чому полягають основні вимоги до ЗІЗ?
19. Якими нормативними документами зумовлені вимоги до ЗІЗ?
20. Чим зумовлена потреба у використанні ЗІЗ?
21. Яким чином визначають необхідність використання ЗІЗ?

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКТІВ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Перелік умінь, які фахівець з вищою освітою повинен набути в результаті засвоєння інформації, викладеної в другому розділі навчального посібника.

Фахівець повинен уміти проводити збір інформації та аналіз сучасних програм для проектування ЗІЗ, а саме:

- визначати перелік необхідних засобів індивідуального захисту та основні вимоги до них
- орієнтуватися в методах аналізу, математичного моделювання та оптимізації, що використовуються при розробці засобів індивідуального захисту;
- передпроектному аналізу, зборі вихідних даних про об'єкт проектування;
- розробці концепції, дизайн-програми в предметно-просторовій організації середовища.

2.1 Характеристика наявних засобів індивідуального захисту

У нашій країні нині накопичено великий досвід виготовлення і застосування ЗІЗ у різних галузях. Аналіз стану травматизму і профзахворювань виявив, що одна з основних їх причин – недосконалість, низька ефективність, а в низці випадків відсутність або невикористання персоналом ЗІЗ. З-поміж причин виникнення нещасних випадків невикористання відповідних ЗІЗ становить до п'яти відсотків.

Відповідно до ДСТУ 7239:2011 «Система стандартів безпеки праці засоби індивідуального захисту» ЗІЗ поділяються на:

1. Засоби захисту голови:

- захисні каски;
- захисні шоломи та підшоломники;
- капелюхи, кепі, кепки з захистом і без, шапки, берети, косинки, сітки для волосся — з козирком і без, накомарники.

2. Засоби захисту органів слуху:

- вкладки для вух та аналогічні засоби (протишумові вкладки);
- звукозахисні шоломи;
- протишумові навушники;
- протишумові навушники, які можна кріпити до касок і шоломів;
- протишумові захисні пристрої з електронним приймачем;
- протишумові захисні пристрої з телефонним зв'язком.

3. Засоби захисту очей і обличчя:

- захисні окуляри, зокрема зі світлофільтрами;

- захисні окуляри від рентгенівського, лазерного, ультрафіолетового, інфрачервоного випромінювання та від яскравого світла;

- екрани для обличчя;

- захисні окуляри та екрани від механічних ушкоджень, пилу, бризок, хімічних речовин тощо;

- маски та щитки для дугового зварювання (такі, які тримають руками, або такі, що кріпляться на голові або прикріплюються до захисних касок і шоломів).

4. Засоби захисту органів дихання:

- фільтрувальні пристрої (протипиліві, протигазові, протиаерозольні, комбіновані, саморятівники);

- ізолювальні пристрої:

- а) автономні дихальні апарати (резервуарні, регенерувальні);

- б) неавтономні дихальні апарати (з повітроподавальним шлангом, з лінією стисненого повітря);

- в) рятувальні апарати (регенерувальні, резервуарні);

- засоби захисту органів дихання зі знімною маскою зварника.

5. Засоби захисту рук, плеча та передпліччя:

- захисні рукавиці;

- захисні рукавички;

- рукавиці та рукавички, які захищають від:

- а) механічних ушкоджень (порізів, проколів, дрібного скла тощо);

- б) хімічних речовин;

- в) мікроорганізмів;

- г) іонізуючого випромінювання та радіоактивних речовин;

- д) електричного струму;

- е) статичної електрики;

- ж) вібрації;

- з) холоду і знижених температур;

- и) спеки і теплових випромінювань;

- безпальчикові рукавички;

- напальчники;

- надолонники;

- нарукавники;

- налокітники;

- наплічники;

- антиелектростатичні браслети та кільця;

- назап'яски для важкої праці.

6. Одяг спеціальний захисний (спецодяг): костюми, комбінезони, напівкомбінезони, куртки, сорочки, штани, шорти, халати, жилети, сукні, жакети, кофти, спідниці, фартухи, плащі, напівплащі, накидки;

- захисний одяг від механічних ушкоджень (проколювання, різання);

- захисний одяг від хімічних ушкоджень;

- захисний одяг від електричних ушкоджень (електричного струму та електричної дуги);
- захисний одяг від статичної електрики;
- захисний одяг від розплавлених бризок металу та інфрачервоного випромінювання;
- захисний одяг під час зварювання;
- теплозахисний одяг;
- утеплений одяг (тулупи, кофухи, пальта, напівпальта, куртки, штани);
- костюми ізолювальні (гідроізолювальні, пневмоізолювальні, скафандри);
- захисний одяг від радіоактивного ураження, фартухи для захисту від рентгенівського випромінювання;
- пилонепроникний одяг;
- газонепроникний одяг;
- рятувальні жилети;
- сигнальний одяг флуоресціювальний, світловідбивний (світлоповертальний) одяг та доповнення до нього (пов'язки, рукавиці тощо);
- захисні покривки з поліхлорвінілового пластикату, які вдягають поверх основного одягу для додаткового захисту від контактного забруднення радіоактивними, токсичними речовинами та розчинами кислот і лугів.

7. Засоби захисту ніг та стегон:

- чоботи, напівчоботи;
- черевики до гомілок або литок;
- туфлі;
- тапочки;
- калоші;
- унти ;
- наколінники;
- гетри;
- щитки;
- взуття водонепроникне;
- взуття для захисту від нафти та нафтопродуктів, олив, жирів, кислот, лугів;
- взуття з жаростійкою підошвою;
- взуття, що запобігає ковзанню;
- взуття від знижених температур;
- вібростійкі черевики та чоботи;
- електроізолювальні чоботи, черевики, боти, калоші;
- антиелектростатичне взуття, черевики та чоботи;
- захисні черевики для роботи з ланцюговими пилами;
- взуття з додатковим захистом пальців від удару;
- взуття стьобане для захисту від дрібного скла;

- взуття, яке швидко можна розстебнути чи розв'язати;
- черевики на дерев'яній підошві;
- змінні підошви (тепло-, потостійкі або проколотійкі);
- знімні шипи та пластини (для криги, снігу та слизької підлоги).

8. Засоби захисту від падіння з висоти:

- пояси запобіжні (лямкові, безлямкові, комбіновані);
- оснащення, призначене для попередження падіння (карабіни, стропа, строп-канати, рятувальні канати, троси);
- стримувальне та страхувальне обладнання — повне оснащення з усім приладдям (зажими страхувальні, зачіпи, системи страхування, блокувальні пристрої);
- запобіжні пристрої, які гасять кінетичну енергію — гальмують
- повне оснащення з усім приладдям (системи обмежування падіння, спускові пристрої).

9. Засоби захисту шкіри (засоби дерматологічні):

- захисні креми, мазі, гелі;
- очисники шкіри;
- репаративні засоби.

2.1.1. Засоби захисту рук

Засоби захисту рук є одними із самих використовуваних складових комплектів спецодягу. До засобів захисту рук (ЗЗР) за асортиментним видом належать рукавиці, рукавички, вачеги, нарукавники, напульсники, налокітники, надолонники. За конструктивним рішенням рукавиці поділяються в залежності від розміщення напалка на: із вшивним, настроченим або суцільно викроєним із нижньою частиною виробу напалком; із напалком, розташованим збоку по перегину виробу; із двома напалками (для великого та вказівного пальців) та з крагами, що стягуються біля зап'ястя, із надолонником і настроченим напалком. За особливостями конструктивного рішення: з вентиляційними отворами або без них; з накладками на долонних і/або тильних сторонах; з деталями, що регулюють ширину виробу; з шарами пакетів матеріалів; з застібками або без них; за комплектністю, інші.

У вітчизняній промисловості для виготовлення рукавиць використовують бавовняні, вовняні і лляні тканини, шкіряний спилок, азбест, штучні шкіри.

Особливістю засобів захисту рук можна визначити багат шаровість пакету матеріалів на незначних ділянках, які обмежують рухи п'ясті руки, що в свою чергу призводить до виникнення стану дискомфорту. Для того щоб людина в засобі захисту рук мала можливість виконувати складні та важливі завдання без додаткового фізичного та психологічного навантаження, виріб має бути ергономічними, тобто відповідати умовам роботи, функціональним можливостям людини, його антропометричним характеристикам в статиці та динаміці, особливостям рухів при мінімальних

витратах біологічних ресурсів та мати мінімальну товщину пакету матеріалів зберігаючи при цьому захисні властивості.

Таблиця 2.1.

Основні види конструктивних рішень	Зображення варіантів конструктивних рішень
Моновиліті (при виготовленні використовується матрична форма) чи суцільнов'язані	
З комплектністю (складаються з декількох виробів)	
З напалком, розташованим збоку по перегину виробу (виріб можна використовувати як для лівої, так і для правої руки)	
З крагами (манжета, конструкція якої передбачає розширення її у верхній частині)	
Із вшивним, настрочним або суцільно викроєним із нижньою частиною виробу напалком	
Із двома напалками (для великого та вказівного пальців)	
Із захисними накладками (розташовуються для додаткового зміцнення виробу)	
Деталі, що регулюють ширину виробу (розташовуються на зап'ясті або передпліччі)	
Багатошарові (виріб складається з пакету матеріалів різних за призначенням)	
З сигнальними смугами світловідбивного (світлоповертального) матеріалу (для орієнтування працюючого в умовах зниженої видимості)	

Слід зауважити, що конструктивне рішення обов'язково має бути комплексним з урахуванням всіх вимог, шляхом поєднання конструктивних особливостей ЗЗР та спеціального одягу. Так, однією з основних вимог, що висуваються до засобів захисту рук, є те що конструкція верхньої частини ЗЗР (краг) повинна бути сумісною з конструкцією нижньої частини рукавів куртки (напульсників) спеціального одягу, та не повинна створювати незручності при одяганні та виконанні в них різного видів робіт. Але, при однакових показниках захисних властивостей споживач обирає виріб базуючись на естетичному сприйнятті. Зрозуміло, що основними у засобах

захисту є експлуатаційні та гігієнічні показники, та при комплектуванні спеціального одягу завжди віддається перевага виробам виготовленим в одному стилістичному рішенні

Промисловість випускає виготовлені з різних матеріалів рукавиці та рукавички, близькі за призначенням. При цьому в умовах одного і того ж виробництва строки їх служби різні. Це залежить від того, що сам матеріал, його захисні та експлуатаційні властивості визначають тривалість ефективного захисту рук. Дослідження впливу розчинів кислот і лугів різної концентрації на властивості матеріалів, з яких виготовляють рукавиці та рукавички вітчизняного виробництва, показують різну стійкість матеріалів. Тому фактичні терміни служби засобів захисту рук залежать як від умов праці, так і від характеру виконуваних виробничих операцій. Однією з причин передчасного зносу засобів захисту рук є недотримання працюючими правил догляду за ними та їх зберігання в процесі експлуатації, відсутність чищення, прання, сушіння і ремонту. Тканинні і трикотажні рукавиці та рукавички щодня слід піддавати пранню або хімічистці. Це покращує гігієнічні умови використання засобів захисту рук і сприяє продовженню строків їх служби. Рукавиці та рукавички з полімерних матеріалів повинні бути також після кожної зміни обов'язково промиті і висушені, але не на нагрітих поверхнях.

2.1.2. Захисний одяг

Одним із основних видом ЗІЗ, які найчастіше використовують є захисний одяг (ЗО), кожен вид якого класифікують за низкою ознак: за захисними властивостями; за призначенням; за конструктивним виконанням; за модельним рядом та ін.

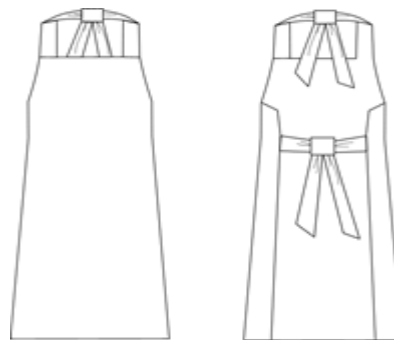
Різновидами захисного одягу є костюми, комбінезони, напівкомбінезони, куртки, сорочки, штани, шорти, халати, жилети, сукні, жакети, кофти, спідниці, фартухи, плащі, напівплащі, накидки. Вибір виду захисного одягу залежить від умов праці, наявних на робочих місцях небезпечних та шкідливих виробничих чинників. Приклад захисного одягу який використовують на об'єктах ядерно-радіаційних технологій в т.ч. на атомних електростанціях, при виконанні робіт на об'єкті “Укриття” наведено на рис. 2.1.

Усі види ЗІЗ негерметичні, невідновлювальні, мають циклічне використання з можливістю очищення до 5...10 циклів дезактивації.

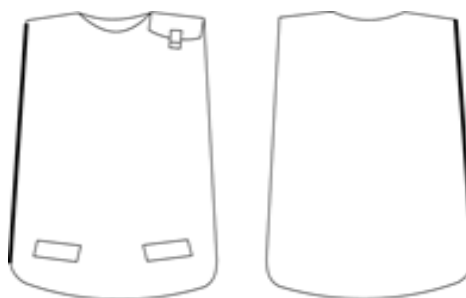
Серед вад наявних комплектів можна виокремити: ЗО, виготовлений з бавовняних матеріалів. Він пропускає пил з радіоактивними речовинами і природними радіонуклідами, аерозолі, водні розчини радіоактивних і хімічних речовин. Ізолювальний одяг недостатньо захищає від β -випромінювання і практично не захищає від γ -випромінювання. Для захисту від γ -випромінювання на АЕС використовують фартухи, виготовлені з гуми зі свинцевим наповненням. Проте такі матеріали не рекомендовано до використання у системах захисту, що зумовлено їхнім шкідливим впливом на людину і довкілля.



а)



б)



в)

Рис. 2.1. Проектно-конструктивні рішення існуючих різновидів захисного одягу українського виробництва: а – халати з бавовни; б – фартух з прогумованого матеріалу; в – накидка з прогумованого матеріалу зі свинцевим наповнювачем

Засоби багаторазового використання є додатковими джерелами забруднення чистих зон станції під час неправильного роздягання і

зберігання, сприяють утворенню рідких радіоактивних відходів під час очищення та твердих радіоактивних відходів під час утилізації.

Наявний ЗО не тільки недостатньо захищає, а й створює додаткові ризики травматизму та незручності під час руху. Наприклад, робота на АЕС відбувається під впливом зовнішніх джерел іонізуючого випромінювання та потужних електростатичних полів, тому матеріали електризуються, створюючи небезпеку самовільних електричних розрядів. Захисний одяг, призначений для експлуатації впродовж робочої зміни, має підвищену масу, низький рівень повітропроникності, паропоглинання, що суттєво ускладнює процес теплообміну між зовнішнім середовищем і працівником. Утворюються додаткові незручності, що зумовлені: зниженням площі поля зору порівняно зі звичайною, погіршенням комунікативного зв'язку, ускладненням рухів, порушенням координації рухів рук. Такі умови підвищують уразливість працівника до навколишніх шкідливих чинників і можуть збільшити опромінення через затримку під час робіт.

2.1.3. Засоби індивідуального захисту органів дихання

ЗІЗ органів дихання повинні забезпечувати очищення повітря у фільтрах до значень, відповідних вимогам нормативно-правових актів та своєчасне використання респіраторів протягом всієї зміни або коли кількість шкідливих домішок перевищує гранично допустимі значення.

Надійне ізолювання органів дихання від шкідливого навколишнього середовища досягається у півмасках, лицева частина яких виконана з повітропроникного фільтруючого матеріалу, завдяки використанню смуги обтюраторів зі змінною геометрією, яка може видозмінюватись враховуючи антропометричні відмінності обличчя (рис. 2.2) або повітронепроникного матеріалу, наприклад силікону, який добре може повторювати контури обличчя (рис. 2.3).



Рис. 2.2. Приклади ЗІЗОД зі змінною геометрією смуги обтюраторів: а – респіратор типу «Сніжок»; б – типоряд респіраторів «Еол»; в – респіратор «Хібіни»

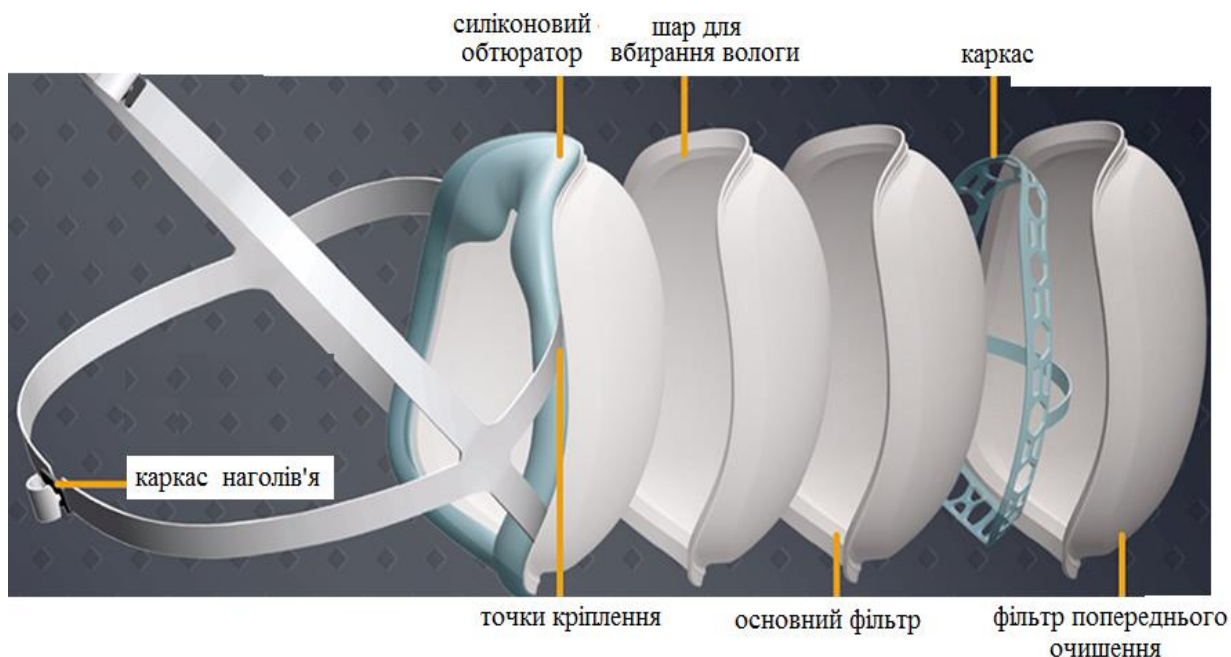


Рис. 2.3 – Приклади ЗІЗОД з спеціальним ущільнювачем за смугою обтюраторії респіратор SoftSeal Masks фірми Sierra Safety

Слабким місцем обтюратора є зона перенісся, де і фіксується найбільша кількість підсмоктувань нефільтрованого повітря табл. 2.2. Тому зусилля виробників направлені на вивчення змін антропометричних параметрів обличчя, зумовлених віком, умовами праці, національністю та інших. Це дозволяє побудувати найбільш прийнятний контур ущільнювача півмаски з використанням сучасних 3d-технологій.

Таблиця 2.2

Розподіл місць просочування аерозолі за смугою обтюратора

Підгрупа, що перевірялась	Кількість учасників у яких було зафіксовано підсмоктування
Підсмоктування тільки біля носа	58
Підсмоктування біля носа і підбородка	24
Підсмоктування тільки за щоками	15
Підсмоктування біля носа і щік	26
Підсмоктування тільки у підборіддя	7

У випадку півмасок з еластомерною лицевою частиною, надійність ізолювання залежить, від конструкції обтюратора та матеріалу з якого він виготовлений. Відомі наступні ущільнювачі між півмаскою і обличчям single-skin respirator seal (звичайна одиночна складка; буває пласкою (flat) та внутрішньою (inner fla)), airbag (надувний обтюратор), reflex (гнучка U-подібна складка, забезпечує дві смуги торкання) і double-bladed respirator seal (гофрований обтюратор з двома смужками торкання до обличчя) (рис. 2.4). Найкраща з них остання, але подібна конструкція значно зменшує внутрішній простір півмаски і тому використовується тільки в особливих випадках, наприклад у військових протигазах.



Рис. 2.4. – Конструкції обтюраторів: 1 – одиночна складка; 2 – повітряний обтюратор; 3 – гнучкий і подібний обтюратор; 4 – гофрований обтюратор

У фільтруючих ЗІЗОД проникання аерозолів можливе, також, за рахунок конструкцій вузлів клапанів вдиху і видиху. Вони вирішують важливу задачу – зменшують наявність вологи у підмасковому просторі і забезпечують його вентиляцію. Однак через недосконалість конструкцій вузла клапана вдиху і видиху або його складових частин, можливе забруднення сидловини значно погіршуються ізолювальні властивості півмасок. Надійною конструкцією клапану видиху рахується грибкова (рис. 2.5). Однак виробники сьогодні використовують більш прості дискові клапани. Їх ефективність залежить від правильно підбраного матеріалу його товщини, зокрема і від комбінації між жорсткістю і еластичністю. Важливо, так підібрати ці параметри щоб клапан швидко спрацював при зміні фази дихання.

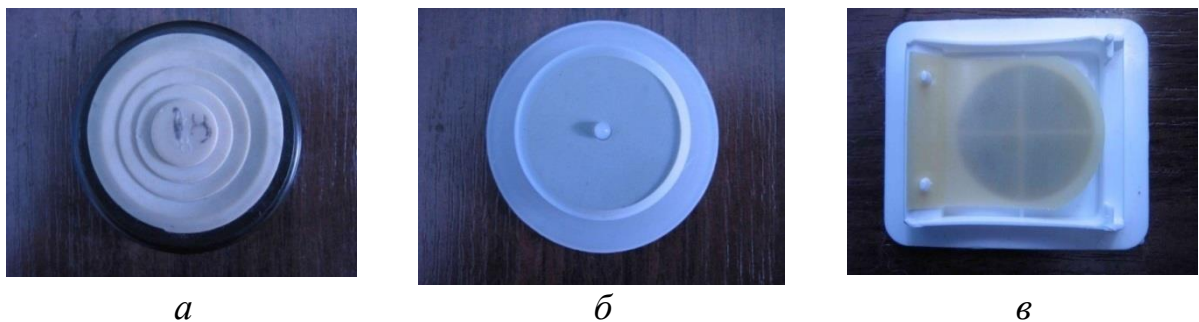


Рис. 2.5. – Клапани видиху *а* – грибковий; *б* – дисковий; *в* – пелюстковий

Проблемний місцем практично кожного респіратора, як вказано вище є область перенісся, де фіксується майже 60 % всіх підсмоктувань за смугою обтюрації. Для вирішення цієї задачі у фільтрувальних півмасок використовують носовий затискач. Проблемаю для виробників є вибір еластичного матеріалу для його виготовлення та розрахунок розмірів і вибір форми. Він в більшості випадків він являє собою пластинку з алюмінію, що може повторювати форму перенісся і тримати її певний час. Це здорожує півмаску і сприяє погіршенню герметичності після кількох разового одягання ЗІЗОД. Задачу можна вирішити за допомогою

виготовлення спеціального каркасу, де буде передбачена можливість ущільнення проблемної ділянки зміною його геометрії та обтюратора, наприклад, у півмаски Мрія (рис. 2.6).

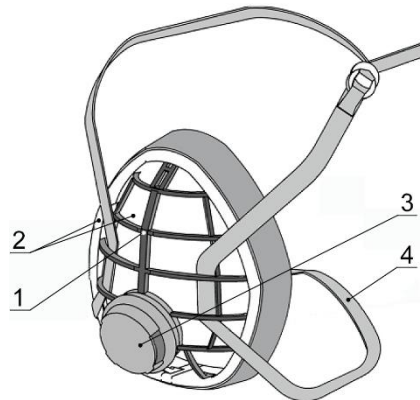


Рис. 2.6. – Півмаска Мрія корпус 1 обтюратор 2, клапанний вузол 3, наголів'я з еластичної стрічки регульованої довжини 4.

У еластомерних півмасок – задача вирішується декількома шляхами. Найпростіший – це звуження обтюратора; складніший – виготовлення гофрованої ділянки обтюратора в цій області (рис. 2.7, 2.8).



Рис. 2.7. Звуження в області перенісся півмаска Profile 40



Рис. 2.8. Півмаска з гофрованою ділянкою на переніссі „Combitor Nova”

Важливим елементом забезпечення високих ізолювальних властивостей є наголів'я, яке відповідає за фіксацію півмаски на голові користувача та рівномірний розподіл зусиль за смугою обтюратору. Існує чимало їх конструкцій, але частіше всього використовуються еластичні стрічки. Проблема над вирішенням якої сьогодні займаються провідні виробники – це пошук матеріалу, який забезпечував достатні притискні зусилля після декількох разів знімання одягання ЗІЗОД. Одним із перспективних напрямів є також відмова від використання стрічок. Складність використання, яких полягає ще й у визначенні їх місця кріплення, для забезпечення рівномірного притискання півмаски. д використання суцільного матеріалу. Так кріплення півмаски забезпечується за допомогою головного гарнітуру

швидкого припасування з двох суцільних широких смуг, які кріпляться на голові (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Півмаска фільтрувальна з головним гарнітуром швидкого припасування (модифікація 1): 1 – корпус лицевої частини; 2 – головний гарнітур швидкого припасування; 3 – вузол клапана видиху

Ще однією важливою задачею є продовження терміну використання ЗІЗОД. Важливим питанням є їх утилізації у масовому масштабі, яка залишається відкритою. Рішення вбачається у використанні форфільтрів в комплекті зі змінними протиаерозольними високоефективними фільтрами. Хоча використання фільтрів попереднього очищення є досить поширеним у сучасних респіраторів. Більшість з яких виготовляють багатошаровими. Вирішення даної проблеми фахівці вбачають у використанні спеціальних матеріалів для використання ефекту автофільтрування, який значно збільшить термін захисної дії захисних пристроїв. При дії форфільта в режимі автофільтрації аеродисперсних частинок абсолютний (основний) фільтр не "спрацьовується". Його зміна здійснюється, коли опір диханню (сумарний опір форфільтра та абсолютного фільтра досягає критичної величини (>100 Па). Користувач в цьому разі відчуває утруднення при диханні (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Характеристика фільтрувальних півмасок підчас запилення

Показники	Фільтрувальна півмаска	
	з форфільтром	звичайна
Початковий перепад тиску, Па при витраті повітря 95 дм ³ /хв.	86	72
Кінцевий перепад тиску, Па при витраті повітря 95 дм ³ /хв., для півмасок 2 класу	500	
Пиломісткість, г, при витраті повітря 95 дм ³ /хв., з концентрацією пилу у випробувальній камері 500 мг/м ³	7,7	3,2
Час запилення, хв., до досягнення критичного опору дихання	164	68

Якість сучасного респіратору залежить від трьох складових, якості фільтра, надійної герметизації між лицем і півмаскою і своєчасним його використанням протягом всієї зміни. Сьогодні промисловістю освоєно виготовлення вискоєфективних фільтрувальних елементів, для збільшення терміну захисної дії необхідно підібрати, розрахувати спеціальні фільтри попереднього очищення, які б працювали в режимі автофільтрування. Надійність герметизації є складною задачею, яка вимагає постійного пошуку нових рішень і в оцінці впливу антропометричних параметрів обличчя і розрахунку каркасу півмасок розміщення наголів'я, підбору відповідного матеріалу для клапанів вдихання і видихання.

В комплексі всі рішення повинні направлені на підвищення комфорту використання півмасок, зменшення негативного впливу, болювого відчуття, утруднення дихання, тобто забезпечення безперервного використання захисних пристроїв протягом роботи у небезпечних зонах.

2.1.4. Засоби індивідуального захисту органів слуху

На сучасному ринку ЗІЗ органів слуху представлені не менш 6-ти видів для різних умов використання (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Придатність різних видів ЗІЗОС для різних умов використання

Умови застосування	Одно-разові затички	Сформовані затички	Затички на дужці	Затички на шнурку	Вушні вкладиші	Навушники
Коротке, часто повторюване застосування	○	○	●	○	○	●
Інформація, застережливі сигнали	●	◇	◇	◇	◇	◇
Спрямований слух	●	●	●	●	●	○
Тепло, вологість	●	●	●	●	●	○ ¹
Пил	●	●	○	○	◇	◇ ³
Вібрації і рухи головою	●	●	◇	◇	●	◇
Брудні руки	◇ ²	◇ ²	◇	◇ ²	◇ ²	◇
Їзда, машинний рух	●	●	○	○	◇	●
Окуляри та інші дужки на вухах	●	●	●	●	●	●
Захисна каска і т.п.	●	●	◇ ⁴	●	●	○

Примітки:

- — принципово підходять;
- — принципово не підходять;
- ◇ — можливо підходять або не підходять залежно від конкретного випадку;
- 1 — підходять при наявності прокладки, що вбирає вологу;
- 2 — затички без держака (особливо затички, що формуються перед використанням, якими можна користуватися лише попередньо вимивши руки);
- 3 — пил та інші забруднення можуть накопичуватися на засобах захисту та подразнювати шкіру, наприклад, при шліфуванні внутрішніх стінок ємностей і т.п.;
- 4 — можна прикріпити на потиличній дужці або до каски.

Протишумові вкладиші (ПВ) – найбільш простий, зручний і дешевий ЗІЗОС. Вони можуть бути жорсткими, виготовленими у вигляді конуса з гуми або полімерів чи м'якими з бавовняної або ультратонкої скляної вати, просоченої маслом або воскоподібною мастикою (рис. 2.10).

ПВ бувають одноразового і багаторазового використання. До перших відносяться численні варіанти у вигляді ковпачків різних конструкції й форми з гуми, каучуку та полімерних матеріалів. Другі виготовляються з досить м'яких матеріалів, які забезпечують точне повторення форми слухового каналу.



Рис. 2.10. Конструктивні особливості різних моделей ПВ [13]

В представлених виробах їх особливості кодуються кольором. Вони виготовлені з силікону і забезпечені фільтром з особливою системою фільтрації шуму, яка здатна передати низьку частоту, при цьому небезпечна висока частота уловлюється фільтром, який також забезпечує водонепроникність. Регулювання перепаду тисків (атмосферного і в вушному проході за ПВ) забезпечується 0,8-мм каналом у внутрішній частині ПВ (рис. 2.11). Гофровані ущільнювачі, які фіксуються безпосередньо в вушному проході, мають змінний профіль

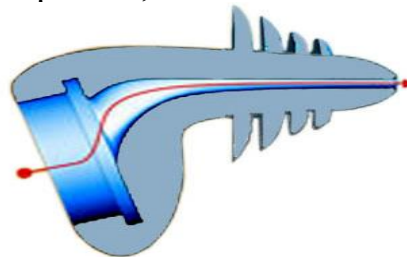


Рис. 2.11. Конструкція ПВ фірми YES EAR

Протишумові навушники (ПН) використовуються у робочих процесах, що супроводжуються шумами, гучними і дзвінками звуками постійного і імпульсного характеру. Виробники пропонують різноманітні моделі ПН, які в основному відрізняються конструктивними особливостями.

Вони забезпечують комплексний захист органів слуху від шуму (виробничого, побутового, постійного або імпульсного тощо), а також органів зору і голови в одному виробі (рис. 2.12).

В даний час набувають поширення активні навушники (АН) (рис. 2.13), які одночасно зі зменшенням шумового впливу за допомогою вбудованих в них мікрофонів і динаміків дозволяють чути навколишнє оточення і комфортно спілкуватися. Окремі моделі мають гнізда для підключення радіостанцій, переговорних гарнітур, радіоприймачів, телефонів та інших комунікаційних пристроїв.

Активне зменшення рівня шуму – відомий напрямок техніки, яке отримало розвиток в останніх моделях ЗІЗОС. У деяких пристроях відбувається перекидання фаз звукового сигналу в чашках навушників, і цей перетворений сигнал використовується для гасіння вхідного звукового сигналу. Робота інших пристроїв заснована на уловлюванні звукового сигналу ззовні чашок навушника.



Рис. 2.12. ПН фірми «Peltor™ Optime 98»: а, б – наголів'я стандартне, в – потиличне, г – з кріпленням на каску



Рис. 2.13. Активні шумозахисні (а,б) та комунікаційні (в,г) навушники різних виробників: а – 3М-PELTOR MT15H7A2 GN ProTac II; б – MSA Supreme Pro (із заднім утримувачем); в – MT53H7A4400-EU Lite-Com PMR 446MHz; г – MT7H7P3E440B Lite-Com III PMR 446MHz

Останнім часом набирають популярності комплексні засоби захисту слуху голови та органів дихання. Вони виготовляються у вигляді балаклав (рис. 2.14). Враховуючи те, що результати лабораторних випробувань через

низку вище згаданих причин і чинників не відповідають оцінкам ефективності, отриманим у виробничих умовах, як для вкладишів і навушників, так і для протипилових респіраторів, а також те, що постійне носіння указаних засобів перешкоджає сприйняттю сигналів, команд і спілкуванню, та взагалі може виявитися несумісним з вимогами безпечного виконання робіт, доцільним стає виготовлення комплексних засобів захисту від шуму і пилу у вигляді так званих «балаклав». Саме їх використання може кардинально змінити ситуацію, оскільки, очікуваною перевагою такого рішення є відсутність різниці між показниками, що визначаються лабораторними і натурними випробуваннями.



Рис. 2.14. Балаклави зі знімними слуховими накладками: 1 – балаклава зі знімними слуховими накладками; 2 – балаклава Ergodyne N-Ferno 6970 виробник «Windbloc Thor V2 BASK» «; 3 – комплексний засіб індивідуального захисту органів дихання та слуху (КЗ) виробник ФХІОНС і Л

2.1.5. Засоби індивідуального захисту голови

До засобів захисту голови відносяться каски захисні, шоломи, підшоломники, шапки, берети, капелюхи, ковпаки, косинки, накомарники. Для захисту голови від зовнішніх впливів (падіння дрібних предметів, сонячних променів при роботі влітку на відкритому повітрі тощо) застосовують каски, шоломи, підшоломники, шапки, берети, капелюхи.

Каски складаються з корпусу, внутрішньої оснастки і підборідного ремня. Маса корпусу каски в залежності від розміру становить 400 або 460 г. Каски на вимогу споживача можуть оснащувати пристроями для кріплення на них респіратора, протишумових навушників, щитка або окулярів для захисту очей і обличчя. У відповідності з технічними вимогами каски повинні витримувати випробування вертикально спрямованим ударом з енергією $(80 \pm 0,2)$ Дж; при цьому не допускається утворення наскрізних тріщин і вм'ятин корпусу, а також руйнування внутрішньої оснастки. Щоб каска мала передбачені амортизаційні властивості, її внутрішня оснастка повинна щільно облягати голову. Для цього необхідно з'єднати обидві половини кругового амортизатора гачками, розташованими на одній з його

половин. Захисні каски полегшені повинні мати природну вентиляцію внутрішнього простору, а при її відсутності повинні мати пристосування, які поглинають вологу з її внутрішньої сторони. У зимові місяці каску використовують разом з підшоломником.

2.1.6. Запобіжні пояси

Найбільш поширеним засобом індивідуального захисту людини від падіння з висоти є запобіжний пояс. Запобіжні пояси комплектуються чотирма видами кріпильних стропів, що позначаються літерами: "А" - строп з поліамідної (синтетичної) стрічки; "Б" - строп із сталевих канатів; "В" - строп з поліамідного каната; "Р" - строп із сталевих ланцюгів.

Крім того, будь-який запобіжний пояс може оснащуватися амортизатором, необхідним для зниження динамічних навантажень на людину в разі його падіння і повисання на стропі. Основні вимоги до засобів індивідуального захисту від падіння з висоти такі: стропи і карабіни повинні утримувати статичне навантаження не менше 15 кН; ширина поясного ремня повинна бути не менше 43 мм; ширина наспинної частини поясу повинна бути не менше 100 мм; ширина лямок повинна бути не менше 40 мм.

Запобіжні пояси в залежності від призначення конструктивно відрізняються один від одного і в даний час утворюють широку гаму модифікацій.

Безлямкові пояси застосовуються в основному в якості опорного елемента, наприклад для фіксації монтажника на стовпі і оберігання його від перекидання. Дані пояси можна також застосовувати для обмеження зони дії людини, працюючого на висоті, в цілях запобігання зриву і вільного падіння.

Лямкові пояси застосовуються у випадках, коли є ризик падіння з висоти, а також при роботах в резервуарах, колодязях та інших замкнених просторах, в промисловому альпінізмі та при проведенні аварійно-рятувальних робіт.

Тривала робота в запобіжному поясі може викликати порушення кровообігу в організмі, тому при інших рівних характеристиках найкращим є пояс, який має більш широкі лямки. При проведенні зварювальних або інших робіт, пов'язаних з полум'ям, іскрами, розпеченим металом тощо, необхідно використовувати пояс з металевим стропом (ланцюг або сталевий канат).

Для роботи в режимі висіння, наприклад миття вікон на фасаді будівлі, потрібно використовувати пояс з сидельною лямкою (або лавкою), що замикається на нагрудній кріпильній вузлі, який з'єднується з несучим канатом. На висоті необхідна організація надійної страховки працюючих, яку найчастіше неможливо забезпечити використанням запобіжного поясу. Для забезпечення безпеки в складі спорядження слід мати додаткові стропи, фали, карабіни, мотузки, гальмівні пристрої, уловлювачі, ролики і т. д.

2.1.7. Індивідуальний захист очей та обличчя

До засобів індивідуального захисту очей в першу чергу належать захисні окуляри, які захищають від пилу, твердих частинок, хімічно неагресивних рідин і газів, ультрафіолетового випромінювання та інших небезпечних факторів. Ефективність цих засобів компенсує незручності, які в деяких випадках виникають при їх носінні. Засоби захисту очей і обличчя підбирають в залежності від конкретних умов аварійно-рятувальних робіт та особливостей їх виконання. У зв'язку з цим закриті захисні окуляри поділяються на окуляри:

- з прямою вентиляцією для захисту очей від вітру, пилу, дрібних твердих частинок і бризок хімічно неагресивних рідин;
- з непрямою вентиляцією для захисту очей від дії ультрафіолетових променів;
- з непрямою вентиляцією і регулюючої перемичкою із світлофільтрами для захисту очей від прямого впливу ультрафіолетових і інфрачервоних променів.

Для захисту обличчя використовують щитки та шоломи. За способом фіксації щитки підрозділяють на наголовні (Н), ручні (Р) і універсальні (У). Крім того, в позначення деяких щитків входить буква "П", що свідчить про наявність в щитку рухомої рамки. Рухлива рамка потрібна, коли щитки мають комбіновані скла (безбарвні і світлофільтруючі). В залежності від призначення щитки поділяються на десять типів. Щитки мають світлофільтри: Е1 - при зварюванні струмом 35-75 А; Е2 - 75-200 А; Е3 - 200-400 А і Е4 - для зварювання струмом понад 400 А.

Шолом являє собою металевий каркас, на якому змонтований капюшон з цупкої тканини (прогумована тканина, дерматин, текстовинит та ін), що покриває голову, плечі і груди рятувальників. На рівні очей в шоломі вмонтована рамка оглядового скла, на каркасі головної частини змонтовані розподіляють повітря трубки з отворами, до яких приєднаний гумовий шланг для подачі під шолом від компресорної лінії фільтрованого повітря зі швидкістю 180-200 л/хв. Призначений цей шолом для захисту органів зору та дихання від пилу і газів. На рівні очей є рамка оглядового скла. Повітря під шолом подають з двох сторін по гумових трубках, сполученим з припливним магістральним наконечником.

2.2 Сучасний підхід у формуванні системи індивідуального захисту

Відповідно до державних нормативних документів для захисту працюючих необхідно створити ефективні захисні комплекти. Тут під комплектом маємо на увазі використання водночас кількох видів ЗІЗ, які передбачають захист усього працівника – голови, очей, органів дихання, рук, ніг, шкіри – відповідними засобами. Головне призначення комплекту –

мінімізувати або повністю виключати вплив інтегральної дози всіх шкідливих чинників на працівника з урахуванням того, що основні способи потрапляння радіонуклідів в організм – інгаляційний, пероральний і резорбційний. Комплект ЗІЗ розглядаємо як єдине ціле, оскільки забруднення або опромінення будь-якої ділянки тіла призводить до ураження працівника. Наприклад у Європейській практиці для захисту працівників АЕС застосовують такі види ЗІЗ (рис 2.15).



Рис. 2.15. Комплект ЗІЗ для захисту працівників АЕС

У разі імовірного виникнення забруднень радіоактивними речовинами або природними радіонуклідами визначають та оцінюють: причини виникнення і концентрацію будь-якого забруднення; тип і характеристики радіаційного джерела; наявність певних радіонуклідів; вид потенційного забруднення; величину можливої дози опромінення. Перелік ЗІЗ та їхню комплектність визначають за даними попередньої оцінки

небезпеки на робочому місці або у зоні робіт на підставі системного аналізу таких чинників:

1. Виду забруднень. Під час аналізу умов праці отримують інформацію з якісного та кількісного складу шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

2. Захисних характеристик даного виду ЗІЗ, які надає виробник. Аналізують перелік показників та їх значення, які визначено відповідно до вимог національних стандартів і технічних регламентів, і вказано у технічних умовах (ТУ).

3. Відповідності рівню забруднень. Фахівець оцінює здатність забезпечувати адекватний захист за рівнем забруднення вибраного виду і типу ЗІЗ згідно з показниками, наданими у ТУ.

4. Індивідуальних особливостей працівника: розмір, повнота, габітус.

5. Оцінки імовірності виникнення додаткових ризиків, які можуть загрожувати працівнику під час роботи у комплекті ЗІЗ.

Створення ЗІЗ, який має потрібні захисні властивості, а також відповідає всім вимогам ергономічності, є завданням достатньо складним. через суперечливість способів їх реалізації. Так, для ЗО зазвичай використовують матеріали повітро- і паронепроникні. Такі матеріали погіршують тепловий стан працівника через ускладнення волого- газо- і теплообміну з навколишнім середовищем, знижуючи його працездатність. Окрім того деякі матеріали мають велику поверхневу густину, і костюм, виготовлений з такого матеріалу, спричиняє суттєві статичні навантаження на тіло людини. Це призводить до швидкої втомлюваності працівника і вимагає міцного здоров'я і витривалості. У такому разі незадовільні показники гігієнічних та ергономічних характеристик частково компенсують скороченням тривалості експлуатації ЗО, що призводить до зниження продуктивності і збільшення загальної тривалості робіт.

Ізолювальний ЗО у комплекті з рукавичками, каскою, респіратором, захисним взуттям, що має гумову підошву, є гарним діелектриком, і це сприяє нагромадженню на тілі людини електричних зарядів. Під час робіт у таких видах одягу і взуття, на їхніх поверхнях утворюється електростатичне поле з потенціалами від 8 до 25 кВ, а на тілі людини – 2...8 кВ. Наявність у захисному або внутрішньому одязі працівника полімерних, бавовняних або вовняних волокон сприяє утворенню електричних потенціалів на рівні 1...5 кВ. Потріскування та іскріння одягу характеризує статичний заряд більш як 5 кВ. Технологічний одяг, виготовлений з бавовняної тканини, змішаної з поліестером, легко заряджається до 20 кВ. Статична електризація на поверхнях працівника з подальшим розрядом на землю або заземлене устаткування, а також електричний розряд з незаземленого устаткування через тіло людини, викликає болісні та нервові відчуття, супроводжуючись мимовільними різкими рухами, в результаті яких можуть бути падіння і травми (забиті місця). Більшість людей відчувають дискомфорт за напруги 1,5...2 кВ, окремі органи і тканини в тілі людини чутливі до потенціалів у

діапазоні 100...150 В. На АЕС повсюдно встановлено електронні засоби керування та вимірювання, які особливо чутливі до впливу вад, створених зовнішніми електростатичними полями. Незважаючи на те, що електростатичний заряд не містить великої кількості енергії, висока різниця потенціалів сприяє утворенню струмів, достатніх і для миттєвого виходу з ладу чутливих електронних компонентів, і для внутрішнього молекулярного пошкодження їхніх кристалічних ґраток. Через розряди статичної електрики із захисного комплексу працівника може настати пошкодження або порушення функціонування електронних приладів на робочих місцях, пультах управління, в диспетчерських, про що свідчать численні дослідження. Потенціал, пов'язаний з електростатичним зарядом, може стерти закодовану інформацію в блоці пам'яті комп'ютера і створити перешкоди в електронному зв'язку. Для більшої частини виробів мікроелектроніки статичний розряд у 5...10 кВ є руйнівним. Дослідження, здійснені на різних об'єктах, виявили, що більш як 50 % можливих перенапружень, які призвели до пошкодження електронних пристроїв для діагностики, керування, зберігання та передачі інформації або неправильного їх спрацювання, пов'язано з електростатичними полями, які утворилися на захисних засобах – одязі, рукавичках, респіраторах.

ЗО є головним видом ЗІЗ, який захищає працівників під час виконання щоденних, регламентних робіт, а також у разі аварійних і післяаварійних робіт. Відповідно до ЗО – це одяг, який закриває або замінює власний одяг, призначений для захисту від однієї або декількох видів небезпеки.

Розглянемо на прикладі вимоги для виготовлення ЗО для працівників АЕС:

- матеріали і складники ЗО не можуть несприятливо впливати на користувача, потрібно забезпечити максимально можливий ступінь комфорту, сумісний з достатнім рівнем захисту та надійності;
- рівень надійності ЗО встановлюють залежно від тривалості використання;
- деталі ЗО потрібно проектувати і виготовляти без жорсткостей, гострих країв і виступаючих частин, для попередження подразнень шкіри, пошкоджень, та унеможливлення захоплення устаткуванням, яке рухається або обертається;
- конструкція повинна забезпечити правильне положення одягу у носінні, його формостійкість, враховуючи робочі рухи і положення тіла.
- рекомендована маса одяг не перевищує три кілограми;
- конструкція ЗО повинна передбачати можливість використання у комплекті з іншими видами ЗІЗ.
- конструкція ЗО повинна забезпечити можливість швидкого одягання та легкого скидання з мінімізацією ризиків забруднення користувача та довкілля;
- конструкції окремих елементів, які призначено для герметизації одягу, повинні захищати шкіру або натільну білизну від забруднень у ході використання та знімання.

Такий підхід дає змогу врахувати низку домінантних критеріїв відповідних до умов праці на АЕС, а можливі негативні чинники усунути за рахунок вибору й оптимізації параметрів конструкції та відповідної технології виготовлення (рис. 2.16).



Рис. 2.16 Комплексний підхід під час проектування захисного одягу

Вироби до захисту ніг повинні забезпечувати захист від промислового бруду, сухих і рідких РАВ. Відповідно до до ЗІЗ ніг належать: чоботи, бахили, гамаші, наколінники.

Вироби для захисту рук повинні мати відповідні захисні властивості, які відповідають вимогам діючих стандартів і захищати від основних факторів ризику та умов ушкодження або травмування. В умовах АЕС ЗІЗ рук використовують з урахуванням впливу певних НШВЧ, а саме:

- від механічних ушкоджень. Використовують під час виконання механічних робіт, захищають від порізів, проколу, удару, стирання та вібрацій;

- від хімічних речовин. Забезпечують повний захист від широкої гами хімічно активних речовин у поєднанні із захистом від механічних ушкоджень;

- з термічним захистом. Використовують в умовах високих і низьких температур;

–для біологічного захисту. Використовуються під час роботи з біологічно активними речовинами, захищають від алергічних реакцій, бруду та бактерій;

–від іонізуючих випромінювань. Використовують у умовах впливу α -, β -, γ -випромінювання, захищають від наслідків впливу іонізуючого випромінювання;

–від електромагнітного впливу. Використовують під час робіт, які здійснюють під напругою на електроустановках (проводи, двигуни, комутаційні прилади, конденсатори, випрямлячі та інше електрообладнання), захищають від струму та впливу електромагнітного поля промислової частоти.

Різновиди для захисних виробів рук такі: рукавиці, рукавички, надолоники, напальчники, напульсники, нарукавники, налокітники. Провідні фірми Ozon (ФРГ), Ansell (Австрія) випускають більш як 100 типів тільки рукавичок.

На АЕС використовують ЗІЗОД, до яких належать фільтрувальні півмаски, маски та ізолювальні дихальні апарати. Протиаерозольна фільтрувальна півмаска закриває ніс, рот і підборіддя і може містити вдихальний або видихальний клапан. Протиаерозольні фільтрувальні півмаски класифікують відповідно до ефективності фільтрації і максимального загального коефіцієнта підсмоктування. Визначають три класи півмасок: PPP1, PPP2, PPP3. На АЕС потрібно використовувати півмаски класу PPP3, які дають змогу працювати за концентрації до 30 граничнодопустимих концентрацій (ГДК). Такі респіратори захищають від пилу високої концентрації з твердими частками, які містять берил, алюміній, кобальт, радіонукліди, передусім радіоактивних ізотопів йоду (^{128}I до ^{139}I).

ЗІЗОД з негативним тиском складається з півмаски, каптура або маски, які закривають обличчя користувача, та змінюваного фільтра, який є невід'ємною частиною всього виробу. З масками можуть використовуватися протиаерозольні, газові або комбіновані фільтри.

Протигаз призначено для захисту органів дихання та поверхні обличчя від впливу високих концентрацій у повітрі робочої зони сильнодіючих токсичних газів, аерозолів з радіонуклідами та біологічних аерозолів за рахунок очищення (фільтрації) забрудненого повітря у фільтрувально-поглинальній системі протигазу. Протигаз є пристроєм багаторазового застосування і належить до другого класу. Протигазу можуть використовуватися в атмосфері, яка містить не менш як 17 % кисню.

Відповідно до рекомендацій ІАЕА і досвіду використання пропонується для різних умов праці п'яти видів комплектів: разового використання, ізолювальні декількох видів, фільтрувальні і радіаційнозахисні (рис. 2.17).

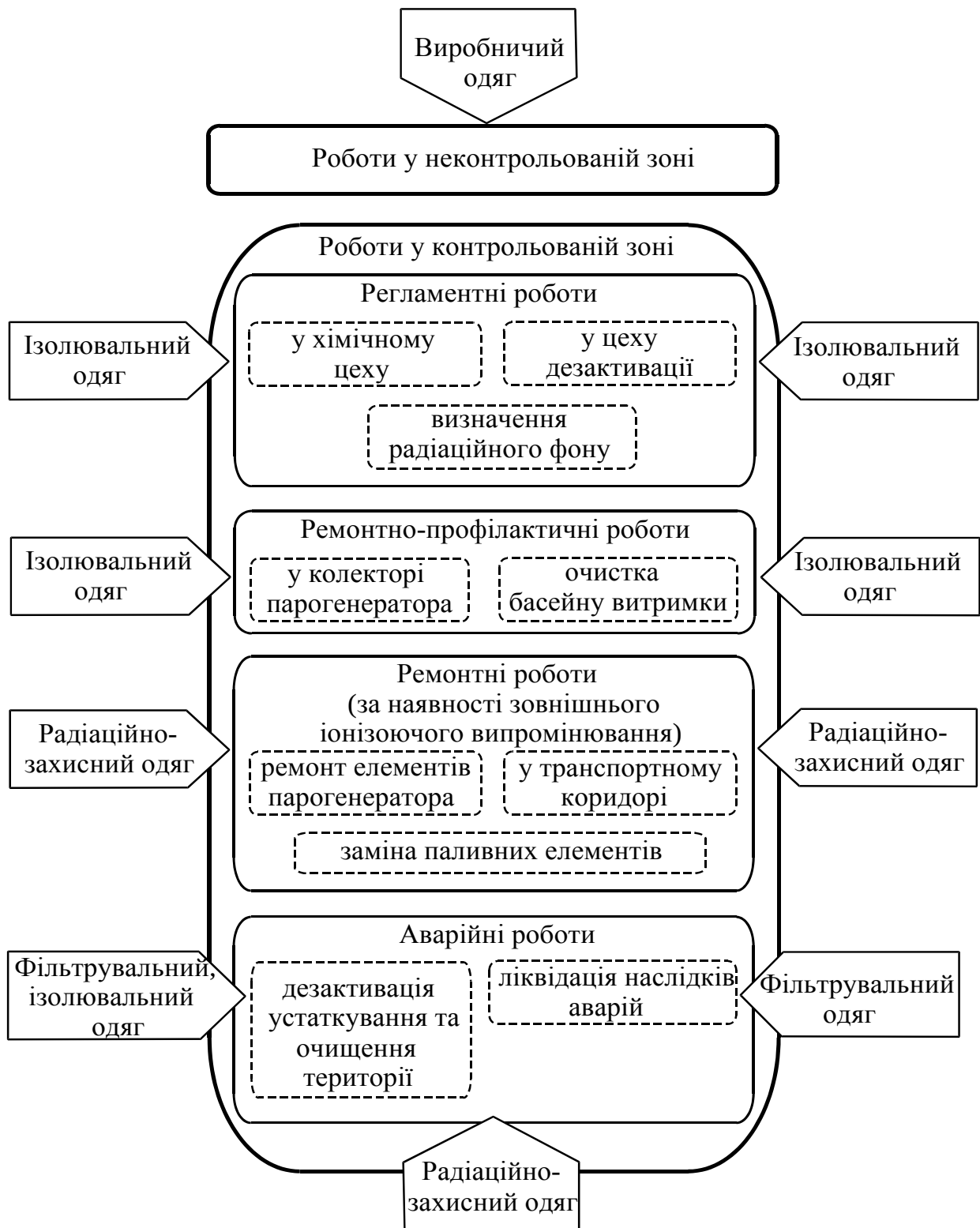


Рис. 2.17. Види робіт на території АЕС з рекомендованим переліком різновидів комплектів ЗІЗ

Вирішення сучасних завдань зниження рівня травматизму і профзахворювань, цілеспрямована діяльність з поліпшення умов праці, підвищення ефективності і безпеки праці неможливо без розробки і впровадження якісно нових ЗІЗ.

2.3. Принципи побудови детермінованих математичних моделей засобів індивідуального захисту

Необхідність прийняття рішень на основі багатокритеріального аналізу базується на системному підході під час вирішення поставлених завдань, на що звернено увагу у. Це зумовлює необхідність аналізу багатофакторної моделі “виробниче середовище – комплект ЗІЗ – процес і результат діяльності – самопочуття та здоров’я працівника”. Проаналізувати і встановити аналітичні залежності між окремими параметрами і процесами з урахуванням взаємозв’язків у такій моделі реально досягається тільки методами математичного моделювання.

Процес математичного моделювання починається з постановки завдання, рішення якого отримуємо під час досліджень за математичною моделлю. Через велику складність процесів, які досліджуються, не уявляється можливим створити єдину універсальну модель. Відомо, що тип і структура математичної моделі визначаються характером завдань, які вирішуються, особливостями інформаційного забезпечення, використанням розрахункових методів. Кожна модель є абстрактним описом реального об’єкта і відображає ступінь пізнання досліджуваної системи обмежено, відповідно до рівня інформації, отриманої за апріорними або апостеріорними міркуваннями. Особливо це стосується систем, в яких задіяна людина та процеси в її організмі.

Залежно від проблем і напряду досліджень використано різні моделі і методи. Вибір моделі починається зі встановлення, систематизації та аналізу вихідної інформації і внутрішніх функціональних взаємозв’язків процесів, які є метою розрахунку. Велику бібліографію з вибору математичних моделей і методів оптимізації наведено у. Відповідно до задач, які необхідно вирішити, сформульовано основні вимоги до математичних моделей:

1. Модель відображає основні властивості об’єкта відповідно до цілей вивчення.
2. Моделі призначено для аналізу потенційно небезпечних або ненадійних елементів, що зумовлює їхню структуру з погляду прийняття рішень.
3. Моделі адаптовано до наявної вихідної інформації.
4. Моделі модифікують та адаптують до появи нових видів виробів або вихідної інформації.
5. Моделі пристосовано до всіх етапів розробки та експлуатації виробу.
6. Розмірність моделей дає змогу здійснювати розрахунки в розумні терміни з використанням наявної обчислювальної техніки і програм моделювання.

Важливим під час розробки моделей є виокремлення структурних одиниць за рівнями складності. Загальну математичну модель процесу

функціонування виробу можна подати у вигляді системи, яка складається зі структурних одиниць різного рівня складності.

Рівень складності моделі визначають взаємозв'язки між окремими елементами та системою. Однак складніша модель потребує детальнішої вихідної інформації і досконаліших математичних методів. Досвід розрахунків з використанням методів математичного моделювання виявив, що надмірне уточнення моделі не завжди доцільне. Початкова інформація для ЗІЗ, отримана на основі статистичного аналізу, має високий рівень невизначеності, а математичні методи обчислювання (чисельні методи, регресійний аналіз, асимптотичні методи) та оптимізації (метод найшвидшого поєдинатного спуску, динамічне програмування, метод нормованих функцій) за рахунок похибки і дискретних значень більшості параметрів зводять до мінімуму ті переваги, які досягнені за рахунок ускладнення моделі.

На цьому етапі розвитку систем автоматизованого проектування і керування виробництвом розробка математичних моделей зазвичай повинна орієнтуватися на комп'ютерні технології. Орієнтація на скерування процесу проектування з використанням комп'ютерних технологій потребує принципово нового підходу до представлення вихідної інформації та способів розробки виробів. За таких умов використання комп'ютерних технологій передбачає не просто перекладання традиційних способів ручного розрахунку, а пошук математичних моделей і відповідних методів, які як найкраще відповідали б можливостям розрахункової техніки. Найбільший ефект математичні моделі дають у ситуаціях, якщо їх розроблено для вирішення окремих задач і передбачено можливість їх використання у взаємопов'язаному комплексі для послідовного вирішення задач на етапі проектування, виготовлення та експлуатації.

Створення адекватної моделі починається лише за ретельним вивченням об'єкта моделювання та його поведінки під час експлуатації з подальшою верифікацією її за інформацією, отриманою в процесі натурних випробувань. На першому етапі для конкретно вибраного завдання наводиться змістовний опис, який містить: місце і значення завдання у загальній проблемі, відомості з фізичної природи явища, фізичні моделі та взаємозв'язки між їхніми параметрами, кількісні характеристики окремих елементів і параметрів досліджуваних процесів. На етапі постановки завдання формують мету дослідження процесу і його вплив на кінцевий результат роботи, визначають необхідний обсяг вихідної інформації, практичну можливість її отримання, часовий характер її зміни та точність. Встановлюють чинники, які необхідно враховувати під час побудови математичної моделі і складають перелік залежностей, які підлягають оцінці за результатами моделювання. Після постановки завдання і фізичного або змістовного опису об'єкта дослідження переходять до розробки математичної моделі. На цьому етапі об'єкт або процес розглядають не в усьому його різноманітті, а в конкретно визначеному його прояві. Математична модель є системою співвідношень між характеристиками

процесу з його параметрами і початковими умовами та з одного боку, повинна бути адекватна реальному об'єкту, а з іншого – відрізнятися від оригіналу так, щоб це було практично реалізовано. Перехід від описової формалізованої схеми до математичної моделі здійснюється за допомогою співвідношень, записаних у аналітичній або стохастичній формі.

Залежно від завдань, які необхідно вирішити, пропонуються різні моделі, кожна з яких відображає лише такі параметри реального явища, які є визначальними для вирішення поставлених завдань без урахування менш суттєвих. Відповідно до природи явищ і процесів, що визначаються, використано детерміновані та імовірні, безперервні і дискретні, лінійні та нелінійні математичні моделі зі стаціонарними або нестаціонарними процесами.

Детерміновані моделі і методи приваблюють своєю наочністю та відносною простотою і водночас дають задовільну точність. За детермінованої постановки задачі параметри станів системи, що вивчається, однозначно визначаються через вихідну інформацію та початкові умови. Вивчення параметрів, властивостей і режимів використання ЗІЗ традиційно здійснюють на основі детермінованих методів. До них належить інформація, яка задається єдиним значенням відповідного показника, зокрема деякі дискретні показники і ті, що цілочисельно змінюються, – кількість шкідливих і небезпечних чинників на АЕС, товщина та ширина матеріалу, кількість шарів матеріалу або одягу, кількість окремих видів ЗІЗ у комплекті та ін. Детермінований підхід привабливий для дослідника своєю визначеністю і досконалістю розроблених математичних методів. Такі моделі можна правомірно і коректно використовувати для певних видів завдань, незважаючи на те, що вихідні умови і параметри за своєю природою мають імовірний характер. Для таких моделей випадкові величини замінюються їхніми математичними очікуваннями і рішення визначають за середніх значень параметрів.

Детерміновані моделі використано для вирішення низки задач. Перше з них пов'язано з визначенням кількісних значень характеристик матеріалів у різних умовах. У загальному випадку такі показники матеріалів відрізняються від дійсних значень. Причиною невизначеності вихідної інформації може бути: імовірний характер значень, зумовлений розкидом параметрів однотипного устаткування, технологій і систем вимірювальної апаратури, похибкою вимірювань та ін. Відповідно до наявної практики оцінку фізико-механічних, гігієнічних, електричних характеристик матеріалів, здійснено за середніми значеннями. Аналогічно визначено коефіцієнти захисту від α -, β -, γ -випромінювань під час робіт на АЕС.

У разі визначення абсолютних значень показників за детермінованим моделями можна отримати певну похибку, межі якої необхідно перевірити порівнянням з результатами експериментів. За такої процедури результати натурних випробувань використано як допоміжний елемент, необхідний для параметричної або структурної ідентифікації моделі. У процесі натурних випробувань досліджуваного об'єкта отримуємо вихідну інформацію та

відповідні експериментальні залежності. Властивості вихідної інформації великою мірою визначають умови постановки задачі, її математичну модель і метод вирішення. За математичною моделлю, яка відображає фізичні процеси, які є домінантними на цьому етапі дослідження, отримуємо аналогічні залежності, визначені у розрахунковий спосіб. Своєю чергою такі характеристики залежать від низки змінних функцій керування, які у загальному випадку є випадковими величинами. У розглянутих моделях змінні керування пов'язані з параметрами виробничого середовища, структурними елементами виробів і певними особливостями технологічного процесу, які відбуваються з участю людини.

Водночас умови праці і пов'язані з ними зміни показників мають випадковий характер і їх вивчення здійснюють з використанням імовірними моделей і методів теорії імовірних та математичної статистики. За стохастичної (імовірної) постановки для вихідних даних, параметрів моделі та початкових умов визначаємо закони розподілу ймовірностей та їхні числові характеристики. Під час рішення таких задач заміна розподілу ймовірностей величинами математичного очікування призводить до невинуватених похибок, які збільшуються за зростання дисперсії випадкової величини, нелінійності параметрів і нестационарності процесів, що відбуваються або впливають. Як показує практика, використання тільки детермінованих моделей під час створення ЗІЗ призводить до завищення габаритів, маси, вартості, що обмежує їх подальше використання. Враховуючи це, особливу увагу привертають моделі зі стохастичними параметрами та обмеженнями, в яких передбачається визначати параметри з відповідним рівнем імовірності.

Вибір типу математичної моделі залежить також від характеру змінних функцій керування, які можна надати і безперервними, і дискретними. До безперервних належать показники коефіцієнтів захисту, вартості нового виробу, гарантований термін використання. Однак більшість показників ЗІЗ мають дискретні значення: вартість матеріалів і комплектуючих (фурнітура, фільтри, вставки), параметри фізико-механічних, гігієнічних, електричних характеристик, термін використання тощо, що зумовило в оптимізаційних завданнях використання і безперервних, і дискретних моделей.

Часто для моделювання ЗІЗ використовують математичні моделі для отримання кількісної оцінки під час вирішення завдань:

- конструктивно-технологічної розробки за зонально-модульною моделлю комплексу ЗІЗ;
- структурної оптимізації параметрів ЗО за критеріями захисту і фізико-механічними характеристиками (ФМХ) за нелінійними детермінованими моделями з безперервними змінними керування;
- оптимізації конструкцій ЗО за критеріями захисту та економічності за лінійними моделями з дискретними змінними керування;

– структурний і параметричний синтез для проектування ЗІЗОД за допомогою обмеженого числа уніфікованих елементів, що входять до узагальненої структури.

2.4. Методи математичного моделювання, розрахунку та оптимізації засобів індивідуального захисту

Після створення математичної моделі залежно від змісту завдання та вихідної інформації, вибираємо спосіб, у який використовуємо цю модель. Розглядаючи математичні моделі з погляду їхнього подальшого використання, можна виокремити такі способи: аналітичні, імітаційні та оптимізаційні.

Аналітичний спосіб вирішення завдання є найбільш вивчений. Відповідно такий спосіб передбачає впровадження цілої низки спрощень і допущень. Аналітично можна успішно вирішити достатньо прості задачі в детермінованих моделях. Для аналітичних досліджень процеси функціонування елементів моделі записуємо у вигляді функціональних співвідношень (алгебраїчних, інтегрально-диференціальних, логічних умов). У роботі закономірності, які спостерігалися в процесі випробувань, досліджено методами регресійного аналізу. Досліджуваний показник Y_j і низка факторів X_i , що впливають, характеризуються рівняннями регресії виду:

$$Y_j = B \cdot \exp \left(\prod_{i=1}^n (B_i \cdot X_i) \right) + B_0 ; \quad (2.1)$$

$$Y_j = B_1 X + B_2 X^2 + B_3 X^3 + \dots + B_n X^n + B_0 ,$$

де B_i , B_0 - коефіцієнти і вільний член рівняння регресії.

Прагнення до комплексного вирішення завдань під час створення ЗІЗ натрапило на складнощі узгодження суперечливих вимог і кількісного визначення критеріїв оптимізації. Враховуючи, що кінцева мета роботи – створення ЗІЗ з визначеними захисними властивостями, відповідним рівнем економічності та ергономічності, завдання вибору параметрів ЗІЗ, які пов'язано з додатковими витратами коштів, розглядалися лише з погляду забезпечення тривалого і комфортного використання.

Знаходження оптимального рішення задачі залежно від структури цільової функції та обмежень передбачає використання тих або інших методів теорії оптимальних рішень. У працях досліджено окремі задачі з усілякими спрощеннями і припущеннями.

Для завдань з безперервними змінними керування, де кількість варіантів досить велика, можна використовувати методи направленого пошуку. До цієї групи належать градієнтний метод, метод найшвидшого спуску, метод випадкового пошуку, метод покоординатного спуску та ін.,

які дають змогу відшукати локальні екстремуми. Рішення задач підвищення захисних властивостей такими методами пов'язані із суттєвими розрахунковими складнощами, громіздкими розрахунками, тому що за одного чи двох циклів перегляду всіх варіантів не вдається досягти оптимальних рішень. Проте найбільша неточність розрахунку за такими методами полягає в тому, що у загальному випадку отримане рішення може мати вигляд дробу.

Рішення оптимізаційних задач за дискретної зміни параметрів виявляється набагато складнішим, аніж у випадку параметрів, що безперервно змінюються. Для цього необхідно використовувати методи нелінійного програмування. Наявні методи рішення завдань дискретного і цілочисельного програмування можна умовно класифікувати на методи відсікання, комбінаторні та наближені методи. Основою всіх методів є три алгоритми Гомори, призначені для рішення завдань цілочисельного лінійного програмування. Ці алгоритми базуються на лексиграфічній модифікації подвійного симплекс-методу. Модифікація другого алгоритму Гомори – алгоритм Дальтона і Левеліна, призначені для безпосереднього рішення дискретних задач лінійного програмування. Аналіз цих алгоритмів виявив їхні суттєві вади під час використання, а саме малу швидкість сходження і великі складнощі у розрахунках.

Серед комбінованих методів можна виокремити метод гілок і меж та низку алгоритмів (наприклад, Джеффріона-Марстена, Балаша, Фора, Мальгранжа, які є його модифікаціями). Щодо методу гілок і меж, необхідно відзначити: його застосування до дискретних моделей з обмеженнями досить трудомістке і тривале, тому що у процесів розрахунків виникає необхідність повернення до вихідних умов у пошуках нових гілок допустимих альтернатив. До комбінованих методів, які знайшли використання у розрахунках надійності, належить метод динамічного програмування, в основу якого покладено принцип оптимальності Беллмана. Для цього методу оптимальна стратегія має таку властивість, що для будь-якого початкового рішення і стану, подальші рішення визначають оптимальну стратегію відносно стану, який отримано у результаті попереднього рішення. Це призводить до скорочення варіантів, які розглядаються. Під час рішення багатовимірних задач з обмеженнями, що є неминучим для створення конструкцій ЗІЗ, ці методи зумовлюють великі обсяги розрахунків, що робить їх недостатньо ефективними.

Такі обставини свідчать про доцільність використання евристичних (наближених) методів, які під час рішення задач дискретного і цілочисельного програмування засновані на методі покрокової оптимізації. Досвід їх використання для рішення різних задач дискретної оптимізації свідчить про те, що такі методи позбавлені характерних вад.

Запропонований у роботі метод дискретної оптимізації параметрів ЗО розроблено на основі методу нормованих функцій, який належить до евристичних методів оптимізації і знайшов широке застосування у вирішенні нелінійних цілочислених задач. В основу розрахунків покладено метод, за

якого виділяють найважливіший критерій, а інші параметри використовують як обмеження. Необхідно відзначити ще одну причину застосування модифікованого методу нормованих функцій саме для вирішення завдань структурної оптимізації комплектів ЗІЗ. Метод не передбачає обов'язкового надання цільової функції та обмеження у вигляді аналітичних залежностей. Для цього алгоритму важливо, щоб була можливість розраховувати прирощення цільової функції та обмежень. З метою скорочення кількості альтернатив, які підлягають подальшому аналізу, потрібно передбачити процедуру виокремлення варіантів, ефективних за критерієм Парето.

2.5 Концепція конструктивно-технологічної розробки комплектів засобів індивідуального захисту

Проектування і виготовлення комплектів ЗІЗ здійснено на підставі сформульованої концепції, заснованої на положеннях ергатичного оптимального керування, основними положеннями якої є:

- захисний комплект – це багатоелементна структура, до складу якої входять багатошаровий пакет ЗО, ЗІЗ для захисту рук, ніг, голови, органів дихання. Спільне використання таких виробів у комплектах дає змогу забезпечити необхідний і достатній рівень захисту;
- для виробництва захисних виробів розробляють або вибирають нові матеріали, які мають відповідні захисні властивості та ФМХ, що дає змогу забезпечити необхідний рівень захисту і надійності;
- під час розробки комплектів ЗІЗ розглядають змінювані параметри середовища АЕС (мікроклімат, якісний і кількісний склад небезпечних та шкідливих виробничих чинників), важкість і напруженість діяльності працівників, властивості матеріалів та особливості формування пакета матеріалів одягу за визначеного впливу комплексу негативних чинників;
- розробку здійснюють з урахуванням режимів використання (тривалість, циклічність, періодичність) і впроваджують заходи з мінімізації додаткових ризиків, пов'язаних з електризацією і перегріванням працівників у захисних комплектах;
- проектна реалізація передбачає використання математичних моделей різного виду через побудову структурних поелементних схем, що забезпечує функціональну цілісність і окремих ЗІЗ, і комплекту загалом;
- багатокритеріальну оптимізацію параметрів конструкцій здійснюють на підставі використання формальних і неформальних методів оптимізації за критеріями захисту, надійності та економічності, з урахуванням вимог нормативних документів, що дає змогу подолати проблеми, які раніше не було вирішено.

У ході проектної розробки захисних комплектів вирішують такі основні завдання:

- вибір принципів побудови базової моделі виробу;

- мінімізацію кількості елементів виробу;
- визначення додаткових конструктивних елементів за захисними властивостями – фурнітура, еластичні вставки, обтюрація та ін.;
- визначення додаткових конструктивних елементів за показниками надійності – резервні елементи, багатошарові пакети матеріалу;
- визначення додаткових конструктивних елементів для зменшення додаткових ризиків – теплового, електричного, механічного навантаження;
- можливість спільного функціонування виробу у комплекті з іншими засобами захисту.
- вибір технології з'єднання деталей виробу.

Попередня реалізація визначених завдань отримала свої рішення під час проектної розробки дослідних зразків (рис. 2.18).

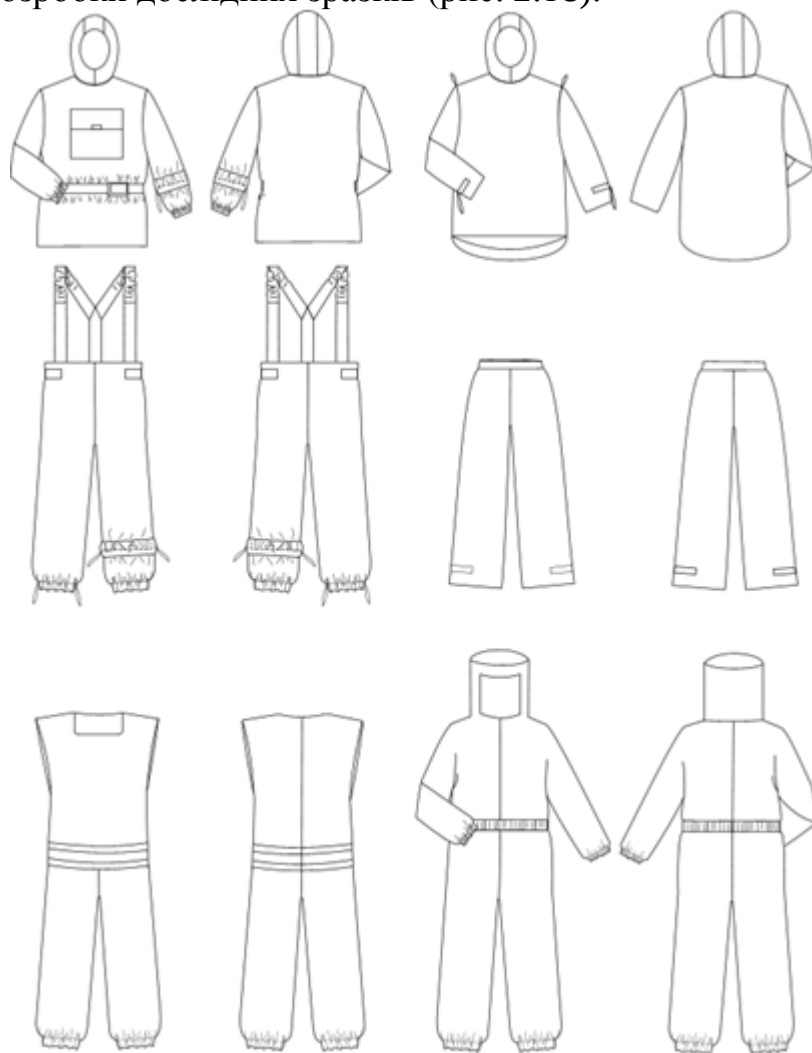


Рис. 2.18. Проектні різновиди комплектів ЗІЗ: а – костюм ізолювальний; б – костюм фільтрувальний; в – комбінезон ізолювальний; г – радіаційнозахисний комплект

Обмеження негативного впливу на працівників зовнішніх іонізуючих випромінювань, спричинених недосконалістю наявних техніко-організаційних заходів, можна досягти завдяки використанню комплектів ЗІЗ. Такий підхід реалізовано через розробку нових ЗІЗ, передусім таких, які обмежують вплив на працівника комплексу шкідливих та небезпечних виробничих чинників, не створюючи додаткових ризиків в експлуатації.

2.6 Зонально-модульна модель побудови конструкцій засобів індивідуального захисту

Запропоновано для реалізації всіх завдань і вимог, які розглядаємо, усі види захисних виробів представити як комбінацію окремих модулів. Кожен модуль має відповідне призначення за захисними функціями і характеризується певними технічними та вартісними показниками.

Виходячи з основних теоретичних положень роботи, будь-який конструктивний устрій можна представити у вигляді математичних моделей, які відповідають схемам функціональної цілісності захисного виробу і відтворюють процеси його функціонування та обслуговування. Такі схеми дають змогу реалізувати оптимізаційні методи розрахунку параметрів конструкції.

У роботі ЗІЗ представлено за трьома рівнями складності: елемент, модуль, система.

1. Проста структура – елемент. Елемент – це такий об'єкт, окрема частина якого не розглядається в межах аналізу, що здійснюється. Тут за елемент прийнято конструктивну частину виробу, параметри якого не змінюються у ході розрахунків і не залежать від характеристик його складників. Наприклад, елементами захисного одягу є матеріал, шви, фурнітура, для ЗІЗОД – лицьова маска, фільтр-поглинач, з'єднувальний шланг, елементи обтюрації та кріплення, для захисних комплектів – окремі вироби, що входять до його складу.

2. Складна структура – модуль. Модуль – це сукупність кількох елементів, які передбачено до впровадження з урахуванням топографії впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників на зони тіла людини. Захисні показники модулю залежать від показників елементів, які його утворюють. Як модуль прийнято деталі ЗО – каптур, пілочка, рукав, штани тощо.

3. Загальна структура – система. Система – це відповідна сукупність елементів і модулів, взаємопов'язаних функціонально або конструктивно, що взаємодіють у процесі рішення певних завдань. Система – це захисний комплект та окремі вироби, що входять до його складу.

Запропоновано для встановлення функціональних зв'язків між групами, які утворюють у своїй сукупності структуру виробу, будувати зонально-модульну модель. Загальну математичну модель процесу функціонування виробу можна подати у вигляді системи, яка складається з окремих елементів і модулів. Кожен елемент або модуль має відповідне

призначення за захисними функціями і характеризується певними технічними та вартісними показниками. Запропоновано поділ комплекту на дев'ять зон, до яких висувають різні вимоги (рис. 2.19).

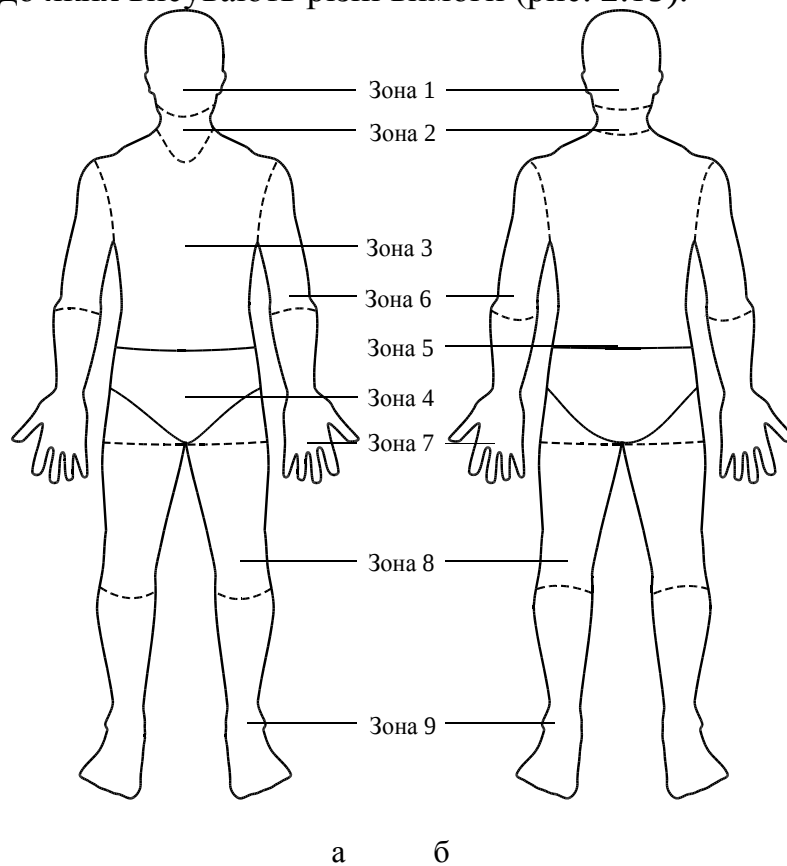


Рис. 2.19. Зовнішній вигляд тіла людини із позначенням зон: а – вид спереду; б – вид ззаду.

У першу зону (31) виокремлено голову, захист якої можна поєднати із засобом захисту обличчя, очей та органів дихання. Передню частину тулуба людини поділено на три зони: шия і щитоподібна залоза (32), грудна клітка із життєво важливими органами (33) і частина, яка охоплює статеві органи (34). Задня частина тулуба має одну зону (35). На дві зони (36, 37) поділено руки: лікоть належить до шостої зони; сьома зона охоплює нижню частину руки, долонь і пальці. На дві зони поділено ноги (38, 39): коліно віднесено до восьмої зони; дев'ята – до ступні або взуття. Поділ кінцівок на чотири зони зумовлено необхідністю підвищеного захисту суглобів (ліктьового, колінного, плечового), а також для усунення можливості захвату радіоактивних речовин нижньою частиною рукава або штанів. Характеристики зон наведено у табл. 2.5.

Запропонована зонально-модульна модель поділу комплекту дає змогу узгодити формальні математичні моделі з особливостями проектування ЗО, ЗІЗ рук, ніг, голови, органів дихання і забезпечити загальні вимоги до формалізації вихідних даних у оптимізаційних розрахунках. У ході проектно-конструкторської розробки і подальших

оптимізаційних розрахунках потрібно знати площі окремих зон, які визначають норми витрат матеріалів, масу, коефіцієнт захисту, показники надійності тощо.

Таблиця 2.5

Характеристика зон тіла людини

Назва зони (кодоване позначення зони) відповідно рис. 3.10.	Назва частини/ділянки тіла людини відповідної зони	Назва органів тіла людини відповідної зони
Зона 1 (31)	Голова	Обличчя, органи дихання і зору
Зона 2 (32)	Шия, частина тулуба спереду	Щитоподібна залоза
Зона 3 (33)	Груди, живіт	Плечовий суглоб, стравохід, шлунок, печінка, легені
Зона 4 (34)	Нижня частина живота, пахова складка	Статеві органи, сечовий міхур, товстий кишечник
Зона 5 (35)	Плечовий пояс, спина, сідниці	Легені, червоний кістковий мозок
Зона 6 (36)	Плече, рука, лікоть	Плечовий суглоб, ліктьовий суглоб
Зона 7 (37)	Рука, кисть	-
Зона 8 (38)	Стегно ноги, коліно	Колінний суглоб
Зона 9 (39)	Гомілка, стопа	-

Зріст та обхват грудей людини є основними параметрами у визначенні решти характеристик розмірних ознак. Величини розмірних ознак, які визначають площу зон, віднесемо до імовірно-визначеної вихідної інформації, для якої передбачається знання значень і законів розподілення випадкових величин.

Математичне очікування кожної з ознак позначаємо як $M(\underline{Z}_i) = \underline{A}$,

де $\underline{A}_i$ – оцінка математичного очікування шуканої розмірної ознаки.

Величина $\underline{A}$ перебуватиме в межах довірчого інтервалі

$$\underline{Z}_i - \varepsilon_\beta \leq \underline{A} \leq \underline{Z}_i + \varepsilon_\beta \quad (2.2)$$

де ε_β – верхня межа похибки результатів розрахунку, яка визначається за відомого значення середньоквадратичного відхилення σ_{Zi} і заданої точності K_p , яку приймаємо з імовірністю 0,9

$$\varepsilon_\beta = \sqrt{\frac{D_i}{n}} \cdot \alpha \quad (2.3)$$

де D_i – дисперсія i -ої розмірної ознаки; n – кількість значень; α – коефіцієнт, який для заданої точності дорівнює 1,643.

Математичне очікування площі зон $M(S_{ij})$ та їхні довірчі інтервали $\varepsilon(S_{ij})$ визначаємо за формулами:

$$M(S_j) = M(Z_i) \cdot M(Z_j);$$

$$\varepsilon(S_{ij}) = M(Z_i) \cdot \varepsilon(Z_j) + M(Z_j) \cdot \varepsilon(Z_i) + \varepsilon(Z_j) \cdot \varepsilon(Z_i), \quad (2.4)$$

де $\varepsilon(Z_i)$, $\varepsilon(Z_j)$ – довірчий інтервал відповідно i -ї та j -ї розмірної ознаки.

З урахуванням особливостей проектування ЗО і відповідних модулів запропоновано формули для визначення площ окремих зон. У зони 1 можна використати каптур або шалом і відповідно площа першої зони визначено за формулою:

$$S_1 = O_{\text{гол}} \cdot \frac{3 \cdot B_{\text{гол}}}{4}, \quad (2.5)$$

де $O_{\text{гол}}$ – обхват голови, см; $B_{\text{гол}}$ – висота голови, см.

У зоні 2 можна розміщувати комір або накидку, площа яких визначаємо як

$$S_2 = O_{\text{ш}} \cdot \frac{B_{\text{гол}}}{4}, \quad (2.6)$$

де обхват шиї, см;

У зоні 3 проектують передні частини виробу, які можуть об'єднувати декілька одно або багат шарових модулів

$$S_3 = D_{\text{тп1}} \cdot \left(\text{Ш}_r + \frac{O_{r1} - \text{Ш}_c - \text{Ш}_r}{2} \right), \quad (2.7)$$

де $D_{\text{тп1}}$ – відстань від точки основи шиї до лінії талії спереду, см; Ш_r – ширина грудей, см; Ш_c – ширина спини, см; O_{r1} – обхват грудей перший, см.

У зоні 4 розміщують об'єднані з пілочкою захисні модулі або окремі вироби з підвищеними показниками захисту і надійності

$$S_4 = (D_{\text{сп}} - D_{\text{н}}) \cdot \frac{O_c}{2}, \quad (2.8)$$

де $D_{\text{сп}}$ – відстань від лінії талії до підлоги спереду, см; $D_{\text{н}}$ – довжина ноги внутрішньої поверхні, см; O_c – обхват стегон з врахуванням виступу живота, см.

У зоні 5 проектують спинку виробу

$$S_5 = D_{\text{тп1}} \cdot \left(\text{Ш}_r + \frac{O_{r1} - \text{Ш}_c - \text{Ш}_r}{2} \right) + \left((D_{\text{сп}} - D_{\text{н}}) \cdot \frac{O_c}{2} \right). \quad (2.9)$$

У зоні 6 і зоні 7 проектують рукави комбінезону або куртки та додаткові вироби (нарукавники, напульсники тощо)

$$S_6 = 2D_{\text{р.лік}} \cdot O_{\text{п}};$$

$$S_7 = 2(D_{\text{р.зап}} - D_{\text{р.лік}}) \cdot O_{\text{п}}, \quad (2.10)$$

де $D_{\text{р.лік}}$ – довжина руки до ліктя, см; $D_{\text{р.зап}}$ – довжина руки до лінії обхвату зап'ястя, см.

У зоні 8 і 9 проектують штани і додаткові вироби (наколінники, бахіли тощо)

$$S_8 = 2(B_{\text{п.с}} - B_{\text{к}}) \cdot O_{\text{ст}};$$

$$S_9 = 2B_k \cdot O_{k.3}, \quad (2.11)$$

де B_k – висота колінної точки, см; $B_{п.с}$ – висота підсідничної складки, см; $O_{ст}$ – обхват стегон, см; $O_{к.3}$ – обхват коліна в зігнутому положенні ноги, см.

Зазвичай 3О одягають поверх білизни і бавовняного одягу, що передбачає збільшення припусків на вільне облягання. Через те площі окремих зон визначено за розмірними ознаками типових фігур чоловіків другої і третьої повнотних груп.

Через порівняння розмірів фізичних нормативів людських фігур знайдено, що розміри окремих частин тіла у більшості людей пропорційні їхньому зросту. Наявні антропометричні вимірювання розподілення випадкової величини зросту людини H представлено нормальним законом відповідно до гістограми (рис. 2.20).

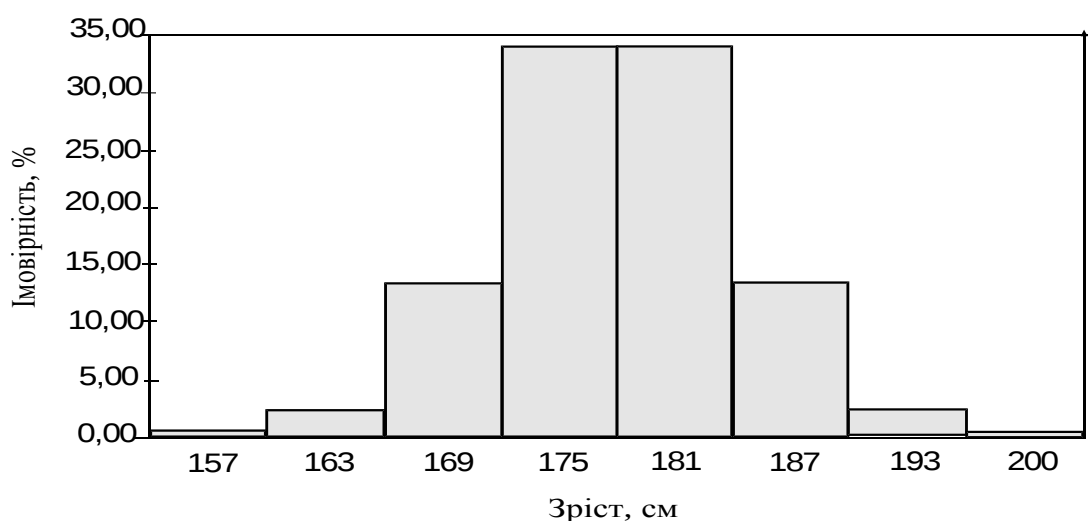


Рис. 2.20. Гістограма розподілу росту працівників в Україні

У результаті розрахунку визначено чисельні характеристики (математичне очікування, дисперсія, довірчі інтервали) дев'ятнадцяти розмірних ознак, які відповідно до наведених формул, дали змогу розрахувати площі зон зонально-модульної моделі (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Чисельні характеристики площ зон зонально-модульної моделі

Назва зони (кодоване позначення)	Математичне очікування площі зони $M(S_{ij})$, см ²	Довірчий інтервал $\varepsilon(S_{ij})$, см ²
Зона 1 (31)	1052,4	45,1
Зона 2 (32)	259,3	12,3
Зона 3 (33)	2397,1	90,9
Зона 4 (34)	1454,9	61,3
Зона 5 (35)	4201,1	155,2
Зона 6 (36)	2290,8	164,6
Зона 7 (37)	1744,3	107,6
Зона 8 (38)	3605,8	249,5
Зона 9 (39)	4029,3	226,2

Чисельні характеристики загальної поверхневої площі ізолювального ЗО такі: математичне очікування – $M[S_{\text{п}}] = 2,1035 \text{ м}^2$; з урахуванням антропологічних особливостей працівників змінюється в межах від 1,9922 до 2,2148 м^2 ; коефіцієнт варіації $K_v[S_{\text{п}}] = 0,052$. Перевірка за критерієм Пірсона показала, що гіпотеза про підпорядкування випадкових величин $S_{\text{п}}$ рівномірному закону розподілу не суперечить результатам досліджень.

Запропонована зонально-модульна модель поділу комплекту дає змогу узгодити формальні математичні моделі з особливостями проектування ЗО, ЗІЗ рук, ніг, голови, органів дихання і забезпечити загальні вимоги до формалізації вихідних даних у оптимізаційних розрахунках.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть класифікацію ЗІЗ?
2. Вкажіть основні вимоги до ЗІЗОД?
3. Які вимоги пред'являються до захисних рукавичок?
4. Вкажіть основні показники якості ЗІЗОД
5. Вкажіть основні вимоги до ЗІЗОС?
6. У чому полягає комплексний підхід під час проектування захисного одягу?
7. Що таке концепція ергатичного оптимального керування для проектування ЗІЗ?
8. Розкрийте основні принципи побудови детермінованих моделей.
9. Які моделі найчастіше використовують для створення ЗІЗ?
10. Які способи вирішення задач використовують при проектуванні ЗІЗ.
11. Розкрийте суть зонально-модульно модельної побудови конструкцій засобів індивідуального захисту.
12. Які завдання вирішують у ході проектної розробки захисних комплектів?
13. Що розуміють під комплексним підходом під час проектування захисного одягу
14. Наведіть види робіт на території АЕС з рекомендованим переліком різновидів комплектів ЗІЗ
15. Як визначають перелік ЗІЗ та їхню комплектність?

РОЗДІЛ 3

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ ТА ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Перелік умінь, які фахівець з вищою освітою повинен набути в результаті засвоєння інформації, викладеної в третьому розділі навчального посібника.

Фахівець повинен уміти підбирати та розробляти комплекти матеріалів для виготовлення ЗІЗ, а саме:

- визначати властивості матеріалів досліджувати їх характеристики;
- підбирати полімерні матеріали для виготовлення виробничих ізолювальних, радіаційнозахисних і фільтрувальних комплектів для працівників;
- ознайомитись з принципами розробки нових матеріалів для ЗІЗ
- визначати здатність комплекту ЗІЗ відповідати своєму призначенню проектування.

3.1 Матеріали для ізолювального комплекту від радіоактивних забруднень

Під час знаходження у небезпечних робочих зонах усі працівники повинні використовувати виробничий ЗО, основне призначення якого – захист від механічних ушкоджень, пилу з радіонуклідами, загальних забруднень. Це дозволяє сформувати перелік основних вимог до захисних матеріалів:

- достатньо широкий спектр захисних властивостей;
- придатні до виготовлення визначених моделей ЗО, ЗІЗОД, взуття, рукавичок і рукавиць та окремих елементів ЗІЗ;
- низький рівень пило- і водонепроникності, що забезпечує захист у разі ймовірного виникнення забруднень природними радіонуклідами, рідкими радіоактивними, хімічними або біологічними речовинами;
- високий рівень фізико-механічних характеристик (передусім міцність до розривання, проколювання, роздирання) для запобігання порушенням цілісності ЗІЗ за механічних ушкоджень і забезпечення їх надійності;
- зберігання властивостей у тривалому носінні й багаторазовому очищенні;
- невисока вартість в умовах широкого використання за обмеженості коштів.

3.1.1 Вибір і дослідження показників матеріалів для комплектів разового використання

У світовій практиці широко використовують для виробництва захисних виробів хімічні волокна нового покоління high tech. Такі волокна адаптовані до людини і природи, стають багатофункціональними і

комфортними для людського організму, комплементарно підтримують здоров'я людини.

Матеріали, створені на основі хімічних волокон, забезпечують незначну масу виробів, комфортність у носінні, легку утилізацію, підвищений рівень захисту від негативного впливу хімічних речовин, бактерій і грибків, водних розчинів, пилу та аерозолів. ЗІЗ з полімерних матеріалів можуть захистити персонал від несприятливих зовнішніх факторів, таких як: електромагнітні та електростатичні поля, α -, β -, γ -випромінювання, хімічно та біологічно активних речовин. Особливо цінується збереження цих властивостей у багаторазовому носінні й пранні. Використання для виготовлення ЗО матеріалів з нових сировинних композицій дає змогу знизити стомлюваність людини і підвищити ефективність її праці.

Проаналізовано можливість застосування до виготовлення виробничого ЗО сучасних матеріалів з волокон полієфіру, поліпропілену, поліетилену. Для дослідження і виготовлення дослідних зразків ЗО відібрано зразки матеріалів, які відрізняються за сировинним складом, густиною, товщиною і мають задекларовані виробником відповідні захисні властивості (табл. 3.1).

Таблиця 3.1
Номенклатура полімерних матеріалів

Назва волокон нетканих матеріалів	Умовне позначення	Технологія виготовлення	Товщина, мм	Поверхнева густина, г/м ²
Полієфір	Н1	Термобондінг	0,84	138
Полієфір і бавовна	Н2	Голкопробивна	1,53	183
Поліетилен марки Tajvek	К	Спанбондінг	0,12	41
Поліетилен марки Tajvek	С	Спанбондінг	0,18	83
Поліетилен марки Tajvek	Ф	Ламінування	0,23	116
Поліпропілен	П1	Спанбондінг	0,28	25
Поліпропілен	П2	Спанбондінг	0,34	42
Поліпропілен	П3	Спанбондінг	0,47	60
Поліпропілен	П4	Спанбондінг	0,50	80
Поліпропілен	П5	Спанбондінг	0,45	60
Поліпропілен	П6	Спанбондінг	0,57	100
Поліпропілен	П7	Ламінування	0,60	30
Поліпропілен	П8	Ламінування	0,66	60

Для матеріалів, які плануємо використати для виготовлення ЗІЗ, здійснено в лабораторних умовах вимірювання всіх ФМХ з подальшим статистичним аналізом. Випробування зроблено у акредитованій випробувальній лабораторії АТ УкрНДІПВ (м. Київ) відповідно до діючих стандартів.

Досліджено вітчизняні неткані поліефірні і мішані (поліефір 60 %, бавовна – 40 %) матеріали, виготовлені методом терморбондингу (Рівненський завод нетканних матеріалів). Поверхнева густина матеріалів знаходиться в межах 130... 183 г/м². Визначено показники ФМХ для нетканних поліефірних матеріалів вітчизняного виробництва, виготовлених методом терморбондингу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Характеристики матеріалів з поліефіру (кодове позначення Н1)

Найменування показників	Значення показників
Ширина, см	133,5
Поверхнева густина, г/м ²	153
Товщина, мм	1,24
Розривне навантаження, Н: у поздовжньому напрямку у поперечному напрямку	168 9,1
Видовження під час розривання, % у поздовжньому напрямку у поперечному напрямку	38 90
Питома міцність під час розривання, (Н·м)/г у поздовжньому напрямку у поперечному напрямку	48,09 29,51
Опір роздиранню, Н: у поздовжньому напрямку у поперечному напрямку	19,9 20,28
Повітропроникність, дм ³ /(дм ² ·хв)	320

Такі неткані матеріали є повітропроникними і водопоглинаючими, мають невисоку вартість. Встановлено, що такі матеріали не можна безпосередньо застосовувати для виготовлення ЗО, через неможливість забезпечення вільних рухів працівнику. Важливе значення має співвідношення між розривальним навантаженням за довжиною (MD) та шириною (CD). Дослідження механічних навантажень, які виникають під час робіт у ЗО, засвідчили, що співвідношення MD / CD повинно бути не менш як 0,65...0,7. Такі умови не виконуються для розглянутих нетканних матеріалів, для яких це співвідношення перебуває в інтервалі 0,08...0,2. Враховуючи той фактор, що неткані полотна з поліефіру мають досить високу повітропроникність і гігроскопічність, їх використано як основу-підкладку у матеріалах з покриттям.

Матеріали з поліпропілену відрізняються від інших полімерів стабільністю до стирання і поверхневою міцністю. Найкращі ФМХ і гігієнічні характеристики мають матеріали, виготовлені швидкісним методом

спандбондинг (термонагрівання). Під час виготовлення поліпропіленові волокна скріплюються під дією тепла і тиску без застосування зв'язних хімічних речовин або наповнювачів. Така технологія забезпечує екологічну чистоту матеріалу, допускає контакт зі шкірою людини та продуктами харчування.

Досліджено десять зразків матеріалів з волокон поліпропілену, виготовлених методом спандбондингу (виробники: підприємства “Хімволокно” (м. Світлогорськ, Білорусь); фірма COROVIN (Австрія) з поверхневою густиною (25, 30, 40, 42, 50, 60, 80, 100) г/м². Таки матеріали можуть мати додаткове покриття для підвищення захисних властивостей і ФМХ. Результати лабораторних тестувань кількісних показників матеріалів з поліпропілену наведено у табл.3.3.

Таблиця 3.3

Характеристики матеріалу з нетканих волокон поліпропілену підприємства “Хімволокно” (м. Світлогорськ, Білорусь)

Найменування показники	Кодове позначення матеріалу			
	Поверхнева густина, г/м ²			
	П1	П2	П3	П4
	25	42	60	80
Розривальне навантаження, Н: у поздовжньому напрямку у поперечному напрямку	30	60	80	80
	20	40	60	60
Видовження під час розривання, %	150	150	150	180
Стійкість до УФВ, %, після 500 годин	40	40	40	40
Повітропроникність, дм ³ /(м ² ·с)	250	130	32	28
Поверхневий електричний опір, Ом	1·10 ⁹	1·10 ⁹	1·10 ⁹	1·10 ⁹

Матеріали з кодовим позначенням П2, П3 мають невелику поверхневу густину, зручні в обігу, легко чистяться і витримують до 15 циклів прання без зміни основних властивостей. Прання може відбуватися за температури до 95 °С, сушіння – за температури до 100 °С, стерилізація – на водяній парі за температури 134 °С.

Матеріал COROVIN PP-S спеціально розроблено для виготовлення ЗО, має м'яку структуру і легко драпірується. Він має гладку поверхню, непрозорий, легко фарбується пігментними барвниками і не утворює ворсу. Не електризується і має достатню повітропроникність. COROVIN PP-SPE виготовлено з поліпропіленових волокон, вкритих шаром полімерного покриття. Такий матеріал водонепроникний, стійкий до дії хімічних речовин (кислот, лугів і органічних розчинників), токсичного пилу і має підвищені ФМХ. Безумовна перевага таких матеріалів – низька вартість, що зумовлює економічність ЗО (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Характеристики матеріалу з нетканих волокон поліпропілену
фірми COROVIN (Австрія)

Найменування показників	Кодове позначення матеріалу				
	П2	П3	П6	П7	П8
	Поверхнева густина, г/м ²				
	40	60	100	30	60
Розривне навантаження, Н:					
у подовжньому напрямку	90	130	220	25	80
у поперечному напрямку	53	80	145	22	70
Подовження під час розривання, %	12	8	5	10	15
Повітропроникність, дм ³ /(м ² ·с)	280	250	200	20	17

Поліпропіленове полотно з кодovими позначеннями П2, П3, П8 мають високу стійкість до згинання і стирання і ФМХ (MD = 90...130 Н, CD = 60...80 Н), екологічну чистоту, забезпечує можливість його контакту зі шкірою людини, не викликаючи алергічних реакцій. Такі матеріали забезпечують захист від хімічних речовин середньої та високої концентрації (оцтова, соляна, сірчана, азотна, фосфорна кислоти, гідроокису натрію), органічних розчинників (ацетону, толуолу, аміаку, бензолу, етилацетату), виробничого пилу з частками до 3–3,5 мк і бруду.

Нетканий матеріал під брендом Tajvek зроблено з надтонких поліетиленових волокон хаотичної структури спеціально до виготовлення ЗО (Tajvek K, Tajkem C, Tajkem F, Tajkem TK). Матеріали мають м'яку структуру, гладку зовнішню поверхню, що забезпечує стікання водних розчинів і запобігає накопиченню пилу. Результати лабораторних тестувань кількісних показників матеріалів з волокон поліетилену марки Тайвек®, наведено у табл. 3.5.

Матеріал з кодовим позначенням **К** захищає від частинок дрібнодисперсного пилу (від 2 мкм), крапель води, олії і нафти, різних кислот і лугів (кислоти і луги з концентрацією до 40 %), а також від аналогічних аерозолів. Забезпечує надійний бар'єр від крові та бактерій. Не втрачає своїх властивостей у діапазоні температур мінус 73 °С до плюс 135 °С. Має гладку зовнішню поверхню, що запобігає накопичуванню частинок текстильних тканин, ворсу та інших матеріалів.

Матеріал з кодовим позначенням **С** двошарову структуру – матеріал **К** використано як основу, на яку нанесено полімерне покриття. Це робить матеріал непроникним для частинок над-дрібного пилу, порошоків, радіоактивних і хімічних аерозолів, концентрованих кислот і лугів, а також водяних сольових розчинів.

ЗО, виготовлений з матеріалів з кодовим позначенням **К** і **С** має незначну масу (до 500 г), достатню механічну міцність, не викликає алергічних реакцій на шкірі людини і легко утилізується.

Таблиця 3.5

Характеристики матеріалу з нетканих волокон поліетилену

Найменування показників	Кодове позначення матеріалу		
	Поверхнева густина, г/м ²		
	К	С	Ф
Поверхнева густина, г/м ²	41,0	83,0	116,8
Розривальне навантаження, Н:			
у поздовжньому напрямку	14,6	17,9	23,8
у поперечному напрямку	12,6	14,5	24,6
Видовження під час розривання, %			
у поздовжньому напрямку	40,2	25,4	12,6
у поперечному напрямку	42,5	22,4	12,4
Опір роздиранню, Н			
у поздовжньому напрямку	13,2	15,5	19,6
у поперечному напрямку	12,6	15,3	25,9
Стійкість до проколювання, Н	2,8	4,9	6,1
Стійкість до багаторазового згину, кілоциклів	100	100	100
Поверхневий електричний опір, Ом	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^{13}$

Проаналізувавши показників ФМХ і гігієнічних характеристик розглянутих матеріалів, для виготовлення дослідних зразків прийнято матеріали на основі поліпропілену з кодovими позначеннями П2, П3, П8, а також на основі поліетилену К, С. Дослідні зразки 3О випробувано у промислових умовах АЕС. За результатами експертної оцінки користувачів найкращі ергономічні властивості мав 3О разового використання, виготовлений з матеріалу з кодovим позначенням П3 (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Характеристики матеріалу П3 з нетканих волокон поліпропілену

Найменування показників	Значення показників
Поверхнева густина, г/м ²	66,7
Розривальне навантаження, Н:	
у поздовжньому напрямку	91,2
у поперечному напрямку	85,3
Видовження під час розривання, %	
у поздовжньому напрямку	177,0
у поперечному напрямку	187,0
Опір роздиранню, Н:	
у поздовжньому напрямку	17,5
у поперечному напрямку	21,8
Стійкість до багаторазового згину, кілоциклів	100
Стійкість до проколу, Н	4,1
Пилопроникність, г/м ²	84,0
Паропроникність, мг/(см ² ·год)	0,19
Питомий поверхневий електричний опір, Ом	$2,8 \cdot 10^{12}$

ЗО, виготовлені з таких матеріалів, забезпечують захист працівника від радіоактивних і промислових забруднень твердими частками, аерозолями та від потенційного ризику забруднення шкіри рідкими речовинами.

3.1.2 Розробка матеріалів для комплектів багаторазового використання

На різних ділянках АЕС спостерігається вплив на працівників низки НШВЧ і тому створюють багатоступеневу систему індивідуального захисту. Основне призначення ізолювального комплекту ЗІЗ – захист від впливу α -, β - іонізуючих випромінювань від зовнішніх джерел та від сухих і рідких РАВ. Найповніше вказаним вимогам задовольняють полімерні матеріали, виготовлені на основі полівінілхлориду (ПВХ), що підтверджується результатами лабораторних досліджень і тривалим періодом експлуатації на діючих АЕС. Створення матеріалів на основі ПВХ пов'язано з розробкою нових композицій з певним співвідношенням між ПВХ-гранулами та інгредієнтами, до яких належать стабілізатори, пластифікатори, наповнювачі, речовини для змазування, модифікатори. Як основний компонент використано суспензійну ПВХ смолу марки С-70. Для полегшення формування виробу, підвищення еластичності, гнучкості, м'якості, пружності використано пластифікатор диетилгексилфталат. Він також поліпшив вогнетривкість, морозостійкість, знизив точку плавлення, що надало пластичність матеріалу за підвищених температур, які підтримують у ході технологічної обробки матеріалів і виробів. Стабілізатор (арстаб) запобігає процесу деструкції від впливом зовнішнього середовища, який може супроводжуватися виділенням газоподібного хлористого водню. Речовина для змазування (стеаринова кислота), запобігає прилипанню матеріалу до устаткування в процесі його перероблення у виріб. Як спеціальні добавки використано: парафін і смолу ЕД 16. Парафін забезпечує неактивність матеріалу до хімічних речовин, води з радіоактивними речовинами, нафтопродуктів, органічних розчинників, зменшує поверхневе тертя і відповідно електризацію. Смола ЕД 16 додано для підвищення кількісних значень ФМХ. За такою рецептурою виготовляють пластикати на ВАТ “Слов'янський завод “Тореласт” (м. Слов'янськ Донецької області) (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Номенклатура матеріалів ПВХ-пластикатів

Назва матеріалу	Умовне позначення	Технологія виготовлення	Товщина, мм	Поверхнева густина, г/м ²
ПВХ-пластикат	В1	Вальцево-каландровий	0,15	240
ПВХ-пластикат	В2	Вальцево-каландровий	0,3	480
ПВХ-пластикат	В3	Вальцево-каландровий	0,5	800
ПВХ-пластикат	В4	Вальцево-каландровий	0,1	160

ПВХ-пластики еластичні, прозорі або кольорові (жовті, зелені, сині) різної товщини: 0,1...0,15 мм призначені до виготовлення ЗО; 0,3 мм – для рукавиць і бахилів; 0,5 мм – для сандалів і гамашів.

3.1.3 Показники захисних та експлуатаційних властивостей матеріалів

У ході лабораторних тестувань досліджено показники якості розроблених ПВХ-пластиків, основні характеристики яких наведено у табл. 3.8

Таблиця 3.8

Показники якості ПВХ-пластикату

Найменування показників	Кодове позначення матеріалу	
	B1	B4
	Значення показників	
Поверхнева густина, г/м ²	180,1	118,6
Товщина, мм,	0,15	0,1
Розривальне навантаження, Н, не менше:		
у поздовжньому напрямку	92,6	85,5
у поперечному напрямку	76,5	61,3
Видовження під час розривання, %		
у поздовжньому напрямку	180	344,8
у поперечному напрямку	160	426,8
Опір роздиранню, Н:		
у поздовжньому напрямку	12	2,6
у поперечному напрямку	10	4,5
Стійкість до багаторазового вигину, цикли	100	100
Стійкість до проколу, Н	4,2	3,7
Жорсткість, сН	2,6	2,0
Поверхневий електричний опір, Ом	$4,6 \cdot 10^{13}$	$2,6 \cdot 10^{12}$
Коефіцієнт дезактивації	20	8

Матеріали мають високий рівень розривального навантаження – у подовжньому напрямку від 76 Н, у поперечному – від 61 Н, жорсткість пластикату змінюється залежно від товщини: для 0, 15 мм становить 2,6 сН; для 0,3 мм – 5,0 сН, 0,3 – 6,0. Матеріал є повністю водо і пилонепроникним. Матеріал є діелектриком з поверхневим опором від $1 \cdot 10^{12}$ і коефіцієнтом електричних втрат 0,1, що дає змогу з'єднувати окремі деталі методом зварювання струмом високої частоти (СВЧ). Як впливає з кількісних показників, матеріал В1 можна використовувати для виготовлення ЗО.

ПВХ- пластикати можна використовувати до виготовлення ЗО, захисного взуття, рукавиць та шоломів багаторазового використання.

3.2 Розробка матеріалів для радіаційнозахисного комплексу

Під час ремонтних, демонтажних і аварійно-відновлювальних робіт, а також утилізації радіоактивних відходів на АЕС виникає необхідність

перебування персоналу в зонах дії іонізуючого випромінювання з енергіями в інтервалі від 50 кеВ до 662 кеВ. Запропоновано матеріали, виготовлені на основі ПВХ, які обмежують вплив зовнішнього іонізуючого випромінювання на працівників АЕС.

Додавання до рецептури ПВХ-пластикатів модифікаторів з багатоеlementної суміші оксидів рідкоземельних елементів або солей вольфраму надає матеріалам нові захисні властивості – поглинання β -, γ -випромінювання. Модифікатори силіконовий вольфрамовий (СВ) та з дрібнодисперсної суміші оксидів рідкоземельних елементів (ОРЕ) розроблено у Державному конструкторському бюро “Південне”.

Для дослідження відібрано зразки матеріалів з різними технічними характеристиками, які за своїм функціональним призначенням є заміниками наявних свинцевомістких матеріалів (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Характеристики матеріалів для радіаційнозахисного одягу

Назва сировини	Умове позначення матеріалу	Кількість шарів	Товщина, мм	Поверхнева густина, г/м ²
ПВХ з модифікатором СВ	P31	1	0,58	1 276
ПВХ з модифікатором ОРЕ	P32	1	0,58	2 200
ПВХ з модифікатором ОРЕ і алюмінієм	P33	2	0,61	1 276

Матеріали P31, P32 випускають у вигляді плівки завширшки 100...120 см у зеленій або коричневій гамі, завтовшки 0,55...0,62 мм. Свинцевий еквівалент одного шару становить 0,1 мм у діапазоні енергій γ -випромінювань 40...90 кеВ. В їхньому складі повністю відсутній свинець, а також на відміну від подібних матеріалів на основі гуми, такі матеріали добре піддаються вторинній переробці, що дає змогу практично без відходів утилізувати ЗО після закінчення терміну експлуатації. Розроблено комбінований радіаційно-захисний матеріал P33, який додатково містить шари алюмінієвої фольги 0,05 мм, що підвищує захисні властивості від β -випромінювання і не впливає на густину матеріалу. Запропоновані матеріали мають такі переваги:

1. Не містять свинцю.
2. Вирізняються повільним проникненням у їхню структуру радіоактивних речовин. Хімічні реакції між матеріалом і агресивним середовищем відбуваються тільки на поверхні, не викликаючи суттєвих змін ФМХ.
3. Радіоактивні речовини перебувають на поверхні і добре дезактивуються.
4. Співвідношення між ФМХ дає змогу виготовляти ЗІЗ багаторазового використання.
5. Матеріали мають невелику вартість.

За такою рецептурою виготовляють матеріали на ВАТ “Слов'янський завод “Тореласт” (Слов'янськ, Донецької області).

Оцінку придатності матеріалів здійснено у ході лабораторних тестувань показників якості матеріалу і під час дослідного носіння розроблених зразків ЗО у промислових умовах (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Показники якості радіаційнозахисних матеріалів

Найменування показників	Кодове позначення матеріалу	
	P31	P32
	Значення показників	
Поверхнева густина, г/м ²	1276	2200
Товщина, мм,	0,54...0,58	0,58...0,6
Розривальне напруження, МПа,		
у поздовжньому напрямку	13,9	7,1
у поперечному напрямку	11,4	4,6
Видовження під час розривання, %		
у поздовжньому напрямку	336	234
у поперечному напрямку	306	167
Стійкість до багаторазового вигину, цикли	3000	1500
Морозостійкість, °С	мінус 40	мінус 30
Коефіцієнт лінійного ослаблення за енергії γ-випромінювання, см ⁻¹ /г		
до 10 кеВ	117	87
до 60 кеВ	4,8	2,3
до 200 кеВ	0,29	0,19
до 662 кеВ	0,08	0,015
Жорсткість, сН	7,02	5,72
Поверхневий електричний опір, Ом	5,1·10 ¹³	2,4·10 ¹¹
Рівень радіоактивного забруднення після дезактивації *, β част/см ²	1000	850

Аналітичний аналіз показників ФМХ показав, що матеріали придатні до виготовлення ЗО багаторазового використання. Руйнівне напруження під час розривання становить 7,1 і 13,9 МПа у поздовжньому напрямку та 4,6 і 11,4 МПа у поперечному напрямку для матеріалів з позначенням Р32 і Р31 відповідно.

Наявність модифікаторів, які містять метали, суттєво впливає на електричні характеристики, збільшуючи їхню електропровідність. Однак їх наявність утрудняє процес електрозварювання через виникнення шляхів до протікання токів розряду.

Матеріали є морозостійкими і мають стабільні ФМХ у діапазоні температур від -30 до 30 °С. За підвищення температури більш як 30 °С зафіксовано зменшення рівня механічних характеристик (рис. 3.1).

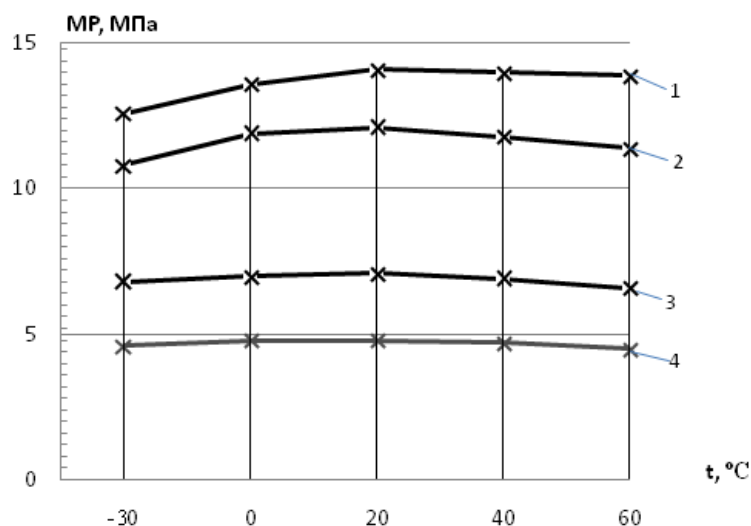


Рис. 3.1. Залежність ФМХ матеріалу Р31, Р32 від температури: 1 – розривальне напруження за довжиною Р31; 2 – те саме за шириною; 3 – розривальне напруження за довжиною Р32; 4 – те саме за шириною.

У результаті апроксимації результатів експериментальних вимірювань для матеріалів Р31 і Р32 отримано лінійні регресійні залежності показника K_t від температури, які в загальному випадку мають вигляд

$$K_t = B_1 t + B_0,$$

де B_1, B_0 – коефіцієнт і вільний член рівняння регресії (табл.3.11).

Таблиця 3.11

Розрахункові значення коефіцієнтів B_i, B_0

Кодове позначення матеріалу	Розривальне напруження за довжиною		Розривальне напруження за шириною		Відносне видовження за довжиною		Відносне видовження за шириною	
	B_1	B_0	B_1	B_0	B_1	B_0	B_1	B_0
Р31	$1,3 \cdot 10^{-3}$	0,94	$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,96	$1,3 \cdot 10^{-3}$	0,99	$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,98
Р32	$7 \cdot 10^{-4}$	0,95	$6 \cdot 10^{-4}$	0,95	$1,3 \cdot 10^{-3}$	0,97	$1,3 \cdot 10^{-3}$	0,96

Запропоновані матеріали мають такі переваги: дають можливість відмовитися від використання матеріалів зі свинцем; під час зміни температури в межах від -30 °C до 60 °C рівень ФМХ змінюється до 12 %; радіоактивні речовини перебувають на поверхні і добре дезактивуються.

3.3 Розробка матеріалів для ізолювального комплексу від хімічно-активних речовин

Для виготовлення ЗІЗ від низки хімічних речовин (пропан, бутан, соляна та сірчана кислоти, хлор, луги, ацетон, аміак, вода, нафтопродукти) з поліпшеними гігієнічними параметрами розроблено матеріали з ПВХ-

покриттям. Як основу використано неткані матеріали з поліефіру (кодове позначення Н1), що забезпечило необхідний рівень адгезії та паропроникнення. Полімерне покриття виготовлено на основі суспензійної ПВХ смоли. До рецептури ПВХ-покриття додано наповнювач (поліуретан), що підвищило механічну міцність, хімічну стійкість, модифікатор (люмінор) – для збільшення повітропроникності, пігменти – для надання покриттю бажаного кольору. В суміш додано антистатичні речовини, що знижує об’ємний електричний опір, і пом’якшувачі, які підвищили морозостійкість. Покриття нанесено на неткане полотно з одного або з обох боків, що сприяє водопоглиненню та видаленню випарювань водяних парів з поверхні шкіри працівника, запобігає конденсації парів у вигляді краплинної фази.

За такою рецептурою виготовляють матеріали на ВАТ “Слов’янський завод “Тореласт” (м. Слов’янськ, Донецької області). Характеристики матеріалів залежать від трьох чинників: властивостей початкових реактивів; умов змішування з інгредієнтами; умов каландрування. На підприємстві використано вальцево-каландровий спосіб, який складається з трьох операцій:

1. Полімер ПВХ з компонентами рецептури (пластифікатор, стабілізатор, пігменти, змащувальні речовини, антистатик) у змішувачі перемішують упродовж 30...40 хвилин. Порядок додавання компонентів і температурні умови змішування визначаються рецептурою і швидкістю поглинання пластифікатору полімером.

2. За температури 165...185 °С відбувається обробка суміші на фрикційних вальцях, тобто каландрування (із суміші видаляється повітря).

3. На чотиривалковому Г-подібному каландрі, (фірми REPIKE (Франція), відбувається желювання ПВХ-суміші, калібрування за товщиною, дублювання з основою, ущільнення, охолодження та розбраккування продукції за температури 160...180 °С.

Лабораторні випробування здійснено для відібраних зразків матеріалів з різними технічними характеристиками (табл. 3.12)

Таблиця 3.12

Характеристики матеріалів з ПВХ-покриттям

Назва матеріалу	Позначення матеріалу	Кількість шарів ПВХ	Товщина, мм	Поверхнева густина, г/м ²
Матеріал з ПВХ-покриттям	ІВ1	1	0,15	210
Матеріал з ПВХ-покриттям	ІВ2	1	0,2	230
Матеріал з ПВХ-покриттям	ІВ3	1	0,3	270

Матеріали виготовляють у рулонах, у вигляді полотна, завширшки 135,5 см, завтовшки 0,17–0,32 мм, різних кольорів – жовтий, зелений, сірий.

Кількісну оцінку показників якості матеріалів проводила акредитована випробувальна лабораторія АТ УкрНДПВ відповідно до

діючих стандартів. Отримані результати наведено у табл. 3.13.

Таблиця 3.13

Показники якості матеріалів з ПВХ-покриттям

Найменування показників	Кодове позначення матеріалу	
	Значення показників	
	ІВ3	ІВ4
Поверхнева густина, г/м ²	270	416
Товщина, мм	0,356	0,57
Розривне навантаження, Н, не менше:		
у поздовжньому напрямку	93,4	513,0
у поперечному напрямку	78,8	311,0
Видовження під час розривання, %		
у поздовжньому напрямку	238	107
у поперечному напрямку	164	205
Опір роздиранню, Н		
у поздовжньому напрямку	8,7	77
у поперечному напрямку	6,3	41
Жорсткість, сН		
у поздовжньому напрямку	5,7	6,0
у поперечному напрямку	2,6	2,8
Міцність зв'язку плівки з армувальним нетканним матеріалом, Н/см	Не розшаровується	Не розшаровується
Стійкість до багаторазового згинання, килоцикли	100	100
Паропроникність, мг/(см ² ·год)	2,3	0,2
Повітропроникність, дм ³ /(м ² ·с)	17	1,4
Водотривкість, мм вод.ст.	Упродовж 24 годин не промокає	Упродовж 24 годин не промокає
Стійкість до проколювання, Н	23,0	-
Питомий поверхневий електричний опір, Ом	7,9·10 ¹³	1,5·10 ¹¹
Стійкість до дії агресивних речовин під чіс контакту поверхні впродовж 1 години		
Проникність нафтопродуктів:		
– бензин	Не проникає	Не проникає
– гас	Не проникає	Не проникає
– мінеральне масло	Не проникає	Не проникає
– нафта	Не проникає	Не проникає
– вайт-спірит	Не проникає	Не проникає
Зміна розривних характеристик і зовнішнього вигляду після контакту з:		
– гасом	Не змінюється	Не змінюється
– мінеральним маслом	Не змінюється	Не змінюється
– нафтою	Не змінюється	Не змінюється
– бензином	Зміни незначні	Зміни незначні
– вайт-спіритом	Стає жорсткішим	Стає жорсткішим

Продовження таблиці 3.13

Найменування показників	Кодове позначення матеріалу	
	Значення показників	
	ІВЗ	ІВ4
Кислотозахисні властивості	Кислотозахисна	Кислотозахисна
Кислотопроникність	Кислотонепроникна,	Кислотонепроникна,
Кислотостійкість	Кислотостійка	Кислотостійка
Пилопроникність, г/м ²	Відсутня	Відсутня
Відчищуваність від виробничих забруднень, бал		
– від пилю	5	5
– від нафтопродуктів	4	4

Матеріал має мале змочування, високий рівень ФМХ, морозостійкий, що підтверджено під час лабораторних випробувань. Невисокий рівень жорсткості (5,7 сН за довжиною і 2,6 сН за шириною) і еластичність дають змогу використовувати матеріал до виготовлення певного асортиментного ряду ЗО.

Поверхнева густина матеріалу змінюється від 210 до 490 г/м² залежно від товщини покриття (від 0,1 до 0,3 мм) і кількості шарів, які можна наносити з одного або двох боків основи (рис. 3.2).

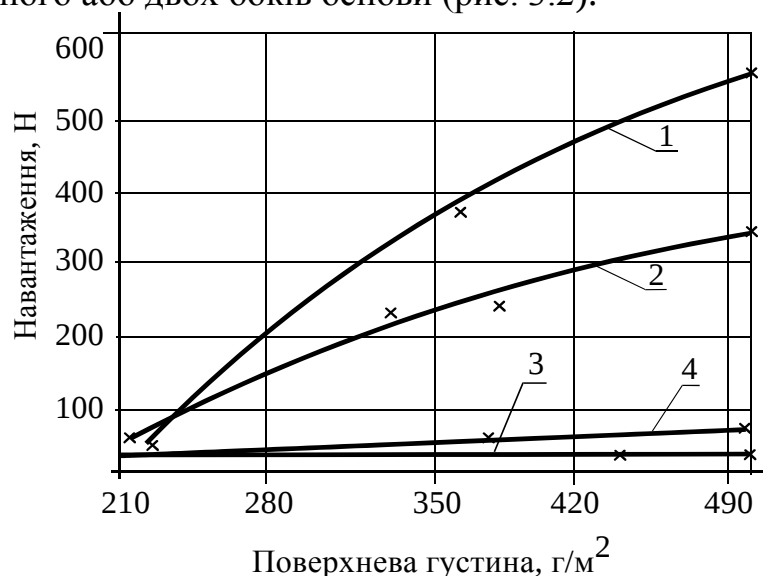


Рис. 3.2. Залежність ФМХ від поверхневої густини матеріалу: 1 – MD; 2 – CD; 3 – роздиральне навантаження у поздовжньому напрямку; 4 – те саме у поперечному напрямку

Розроблена рецептура ПВХ-покриття і структура матеріалу дала змогу забезпечити паропроникність – одну з головних гігієнічних характеристик,

особливо до матеріалів з покриттям, на рівні 2,3 мг/(см²·год). За такого рівня паропроникності не відбувається конденсації пари на внутрішньому боці одягу. В умовах робіт за низьких температур в осінньо-зимовий період на внутрішньому боці одягу не буде утворюватися крижана кірка, яка суттєво знижує теплозахисні властивості ЗО.

За результатами контрольних випробувань для виготовлення асортиментного ряду виробів вибрано матеріал ІВЗ. Перевагою розробленого матеріалу є повітропроникність, яка сягає рівня 17 дм³/(м²·с). Це дає змогу покращити тепловий режим у підодяговому просторі під час виконання робіт у приміщеннях з вентиляційними системами.

Розроблений матеріал з покриттям має цілу низку переваг:

1. Шкідливі речовини повільно проникають через ПВХ-покриття і тому хімічні реакції з кислотами, лугами й органічними розчинниками відбуваються на поверхні полімерного покриття без проникнення вглиб матеріалу. Матеріал повністю ізолює працівника від промислового пилу, аерозолів і води.

2. Використання як основи нетканого матеріалу поліпшує паро- і повітропроникність, забезпечуючи водопоглинення внутрішнім шаром. Завдяки покращеним гігієнічним характеристикам знижуються додаткові ризики порушення теплового стану працівників у тривалому використанні в теплий і холодний періоди року.

3. Невелика поверхнева густина та жорсткість дають змогу виготовляти великий асортиментний ряд ЗО: куртку, напівкомбінезон, фартух, нарукавники, бахали, каптур. Рівень жорсткості матеріалу забезпечують формостійкість одягу. Маса ізолювального комплексу знаходиться в межах 1 200 ... 1 600 г, залежно від комплектації.

4. Підвищення температури плавлення до 200 °С суттєво збільшує вогнестійкість ЗО.

5. Матеріал легко очищається, забруднення змиваються звичайним мильним розчином.

6. Матеріал має невелику вартість.

Для оцінки впливу коливань температури на ФМХ матеріал піддавався випробуванням. Діапазон температур змінювався від – 30 °С до 60 °С (рис. 3.3).

У результаті апроксимації результатів експериментальних вимірювань для матеріалу ІВЗ отримано лінійні регресійні залежності інтегрального показника K_t від температури для розривальних напружень і відносного видовження під час розривання, які мають вигляд:

$K_t = (-1,1 \cdot 10^{-2}) t + 1,19$ – зміна розривального напруження у поздовжньому напрямку;

$K_t = (-1,5 \cdot 10^{-3}) t + 1,21$ – зміна розривального напруження у поперечному напрямку;

$K_t = (1,0 \cdot 10^{-3}) t + 0,92$ – зміна відносного видовження під час розривання

у поздовжньому напрямку;

$$K_t = (1,0 \cdot 10^{-2}) t + 0,94 \text{ — зміна відносного видовження під час розривання}$$

у поперечному напрямку.

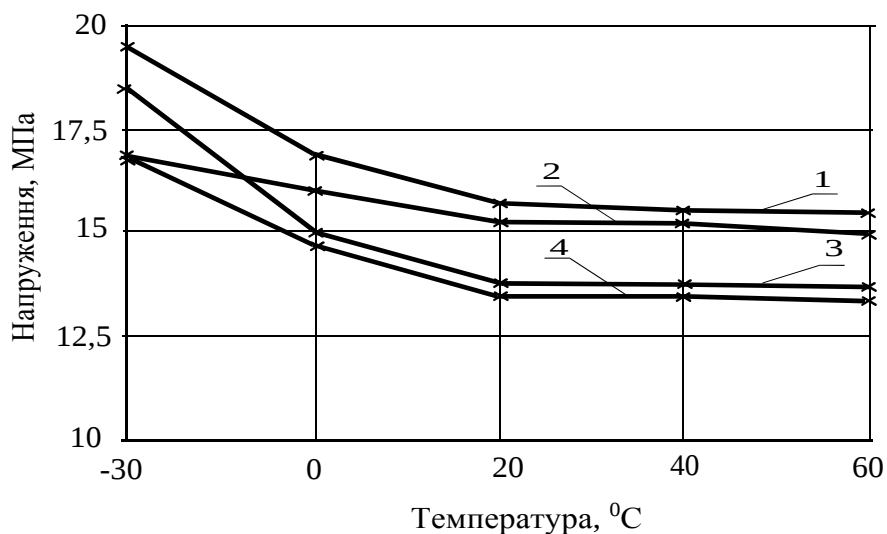


Рис. 3.3. Залежність ФМХ матеріалу ІВЗ і швів від температури:

1 – розривальне напруження матеріалу у поздовжньому напрямку; 2 – те саме у поперечному напрямку; 3 – розривальне напруження СВЧ-зварних швів у поздовжньому напрямку; 4 – те саме у поперечному напрямку.

Отже, коливання температур впливає на ФМХ матеріалів з ПВХ-покриттям, однак менш суттєво зменшуючи їх порівняно з матеріалами ПВХ-пластикат: підвищення температури призводить до зниження механічних характеристик на 10 %; за температури мінус 30 °С вони не втрачають свої властивості.

Матеріали з ПВХ-покриттям відповідають вимогам, які висувають до матеріалів, призначених до виготовлення певних видів ЗО від хімічно активних речовин для працівників АЕС.

3.4 Розробка і вибір матеріалів для фільтрувального комплекту

Головою вадодо розглянутих матеріалів є їхні діелектричні властивості і низький рівень повітро- і паропроникності та водопоглинення. Здійснення довготривалих безперервних робіт, в яких виникає потреба у практичній діяльності, а особливо у ситуаціях втручання, неможливо без використання фільтрувальних комплектів, виготовлених зі спеціальних матеріалів з покращеними гігієнічними характеристиками.

Попередні дослідження показали, що такі характеристики мають композиційні текстильні матеріали (КТМ). Виробництво КТМ нині динамічно розвивається у світі. Багатошаровий композиційний матеріал визначають як КТМ, отриманий з двох і більше шарів різнорідних матеріалів з певною схемою розташування та чіткою межею між окремими складниками. Властивості КТМ залежать від структури і способу

скріплення готових текстильних полотен у багатошарову структуру (ткацтво, в'язання, термозварювання тощо).

КТМ нового покоління є багатофункціональними та мають додаткові нові властивості, які відсутні у жодного зі складників. Нові види таких матеріалів забезпечують зменшення маси виробів, покращують їхні гігієнічні властивості, підвищують рівень захисту від негативного впливу НШВЧ, забезпечують екологічну утилізацію. Відомо, що одним з ефективних методів отримання КТМ, який дає можливість у широких межах регулювати структуру та властивості матеріалів, є нашарування і термоклейове скріплення окремих текстильних полотен у багатошарову структуру.

Розроблено термоклейові багатошарові КТМ. У двошарових матеріалах як поверхневий шар використано поліефірний трикотаж, а внутрішній шар – в'язане трикотажне полотно, в структуру якого впроваджено клейову низькоплавку поліетиленову нитку, яка виходить на поверхню полотна. У тришарових матеріалах додатково впроваджено середній шар з нетканих голкопробивних поліефірних полотен з наявністю 20...30 % легкоплавкого бікомпонентного волокна типу «ядро – оболонка» (табл. 3.14). Середній шар використовують як фільтр твердих часток промислового пилю. Внутрішній шар для надання бактерицидних властивостей оброблено витяжкою з настою звіробоя, що попереджує розвиток стафілококових і грибкових захворювань під час контакту зі шкірою людини. Використані види трикотажних полотен у багатошаровій структурі виготовлено за технологіями, розробленими у Київському національному університеті технологій та дизайну.

Таблиця 3.14

Характеристики композиційних матеріалів

Вид матеріалу	Умове позначення	Поверхнева густина, г/м ²	Лінійна густина нитки, текс	Товщина, мм	Число петельних рядків і стовпчиків на 100 мм
Матеріали поверхневого шару					
Двошарове трикотажне поліефірне полотно	ТР1	338	11,0	2,4	105/258
Двошарове трикотажне поліефірне полотно	ТР2	286	11,0	2,3	105/248
Матеріали внутрішнього шару					
Клейове трикотажне поліамідне полотно	ТКП	144	13,3	0,7	90/140
Матеріали середнього шару					
Неткане полотно	НМБ1	122		1,2	
Неткане полотно	НМБ2	128		1,4	

Методом термосклеювання одержано чотири види двошарових і тришарових КТМ (табл. 3.15). Матеріали виготовлено на пресі марки «ERBO EB-R2», без зволоження, за температури $t = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску $P = 0,055\text{ МПа}$. Тривалість технологічного процесу становить до 60 хвилин.

Таблиця 3.15

Структура і характеристики композиційних текстильних матеріалів

Вид матеріалу	Умовне позначення складу матеріалу	Поверхнева густина, г/м ²	Товщина, мм	Повітропроникність за тиску 50 Па, дм ³ /(м ² ·с)
КТМД1	ТР1+ТКП	410	2,4	210
КТМД2	ТР2+ТКП	410	2,4	156
КТМТ1	ТР1+НМБ1+ТКП	455	2,5	186
КТМТ2	ТР2+НМБ2+ТКП	455	2,5	130

У Європейському Союзі провідним виробником КТМ, призначених до виготовлення ЗІЗ, є фірми KÄRCHER і BLUCHER (Німеччина). Як об'єкт дослідження у роботі прийнято КТМ на основі вуглецевих волокон цих виробників.

Двошарові матеріали складаються з нетканого поліестерового полотна (зовнішній шар) та з фільтрувальної тканини типу SARATOGA (фірми BLUCHER). У тришарових матеріалах, як внутрішній шар використано неткане поліестерове полотно, середній – поліуретан з активованим вуглецем або вуглецеві волокна, зовнішній шар – бавовняна тканина завтовшки 0,80...1,00 мм, із системою захисних просочень поліхлоропреном, що забезпечує вогнестійкість, масло- та водовідштовхувальні властивості (табл. 3.16). Неткане полотно здійснює водопоглинення і видалення випарювань водяних парів з поверхні шкіри працівника, запобігає конденсації парів у вигляді краплинної фази. Другий шар використовують як фільтр, який призначено для поглинання радіоактивних, токсичних рідин, парів і газів. Матеріал може мати струмопровідні мембрани для зниження об'ємного опору.

Таблиця 3.16

Номенклатура композиційних текстильних матеріалів

Назва матеріалу	Умовне позначення	Кількість шарів	Товщина, мм	Поверхнева густина, г/м ²
Фільтрувальний матеріал	Ф1	2	1,36	308
Фільтрувальний матеріал	Ф2	2	1,44	338
Фільтрозахисний матеріал	Ф3	3	1,82	547
Фільтрозахисний матеріал	Ф4	3	2,01	606

Головною перевагою таких матеріалів є покращені гігієнічні і захисні характеристики, які дають можливість забезпечити тривалий час нормальний процес тепломасообміну працівника у комплекті ЗІЗ і навколишнім середовищем та захистити його від проникнення шкідливих та отруйних речовин, з якими може контактувати шкіра людини

Доцільність використання КТМ перевірено під час лабораторних тестувань і промислових випробувань (3.17).

Таблиця 3.17

Характеристики композиційних текстильних матеріалів

Найменування показників	Кодове позначення матеріалу			
	Значення показників			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
Поверхнева густина, г/м ²	308	338	547	606
Товщина (за 1 кПа), мм	1,36	1,44	1,82	2,01
Розривальне навантаження, Н: у поздовжньому напрямку у поперечному напрямку	330	326	1785	1126
	260	242	884	746
Видовження під час розривання, %: у поздовжньому напрямку у поперечному напрямку	27	24,6	17,2	12,6
	134	100,6	34,6	13,2
Жорсткість, сН	12	12,0	16,6	
Повітропроникність (50 Па), дм ³ /(м ² ·с)	283	336,0	60,3	109
Водотривкість, мм вод.ст	136	68	51	
Паропроникність, мг/(см ² ·год)	8,14	9,7	8	6,6
Стійкість до проколювання, Н	23,3	23,3	23,5	23,5
Поверхневий електричний опір, Ом	1,6·10 ⁸	1,6·10 ⁸	2,4·10 ⁹	2,4·10 ⁹
Роздиральне навантаження, Н у поздовжньому напрямку у поперечному напрямку	15	15	54	49
	22	22	52	46

Зіставляючи результати випробувань, до виготовлення фільтрувального ЗО вибрано матеріали з кодовими позначення Ф2 і Ф4. Матеріал Ф2 має задовільні ФМХ (MD = 330 Н, CD = 240 Н). Максимальний рівень повітропроникності матеріалу Ф2 з лицьового боку становить 336 дм³/(м² с), зі зворотного – 320 дм³/(м² с). Головним фільтрувальним шаром для токсичних речовин парів і газів є вуглецеві волокна, які є внутрішніми антистатиками, що суттєво збільшує електропровідність матеріалу до рівня 1,6·10⁸ і відповідно знижує імовірність утворення електростатичних полів у внутрішніх і у зовнішніх

шарах ЗО. Зміни ФМХ під впливом температури зовнішнього середовища досліджено у лабораторних умовах (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

Зміни розривального навантаження від температури зовнішнього середовища

Умове позначення матеріалу	Найменування показника	Температура		
		20 °C	40 °C	-20 °C
Ф3	MD, Н	1126	1017	1013
	CD, Н	746	767	762
Ф4	MD, Н	540	521	535
	CD, Н	520	518	521

Як випливає з табл. 3.18, матеріали змінюють свої ФМХ під впливом температури не більш як на (2...8) %

Матеріал Ф2 є водонепроникним, що обмежує його використання за наявності аерозолів в повітрі або води на поверхнях, які оброблюються. За необхідності використання фільтрувального ЗО в умовах вологого середовища і пізніше час робіт з великим навантаженнями використано матеріал з кодовим позначенням Ф4. Як випливає з табл.3.17, такий матеріал має підвищений рівень ФМХ і вологостійкий поверхневий шар. Обмеження у його застосуванні пов'язано з високою вартістю матеріалу.

3.5. Дослідження захисних властивостей матеріалів для фільтруючих ЗІЗОД

Уловлювання парогазоподібних шкідливих речовин фільтруючими ЗІЗОД базується на фізико-хімічному процесі їх поглинання – сорбції. При цьому, коли сорбент забезпечує знешкодження за рахунок структури свого поверхневого шару, цей процес називають адсорбцією. Вона реалізується при очищенні забрудненого повітря в коробках (фільтрах) фільтрувальних протигазів.

При додаванні до пористих сорбентів каталізаторів та інших хімічно-активних сполук, поглинання шкідливих газів і парів відбувається за рахунок хемосорбції, сутність якої складається в хімічному тяжінні молекул газу до пористої поверхні сорбенту, з подальшою взаємодією з нанесеними компонентами. Цей процес є незворотним.

Технологія отримання хемосорбентів, дозволяє шляхом підбору хімічних реагентів і вибору волокон для полотен-носіїв в їх оптимальній фізико-механічній формі отримувати широкий спектр сорбційно-фільтруючих матеріалів респіраторного призначення.

Основними критеріями вибору хімічних реагентів є: не токсичність і достатня розчинність у воді, відсутність запаху, неможливість утворення шкідливих газоподібних продуктів реакції, стійкість продуктів реакції при кімнатній температурі і близьких до неї температурах, доступність і відносна дешевизна.

З набору волокон різної природи для виготовлення полотен-носіїв хемосорбційних розчинів, в найбільшій мірі вимогам, що пред'являються, відповідають віскозні волокна, які перероблюються в полотна з використанням голкопробивної технології. Такі полотна стійкі до механічних впливів; деформаційні властивості одиничних волокон і їх між волоконного зв'язку забезпечують збереження волокнистої конструкції заданої геометричної форми протягом тривалого проміжку часу. Такі імпрегновані полотна утримують достатньо велику кількість рідини, а у висушеному стані легко формуються у конструкції, що мають високу повітропроникність.

В останній час асортимент полотен-носіїв був розширений за рахунок полотен з ПЕТФ, які серійно виготовляються ТОВ «Пульсар» (м.Рівне) (ТУ У 00306644-085-97, ТУ У 00306644.108-2000). Вони також мають стійку до механічних впливів просторову структуру, яку за генезисом слід відносити до систем складання стохастичного типу, тобто до таких, пориста структура яких утворюється між волокнами, що формують скелет, а розмір, взаємне розташування і зв'язок пор або їх ансамблів – випадкові. При цьому деформаційні властивості поодиноких волокон і між волоконні зв'язки забезпечують збереження волокнистої конструкції заданої геометричної форми протягом тривалого проміжку часу. При імпрегуванні та подальшому висушуванні зберігається висока повітропроникність.

Співробітниками ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України впроваджено у виробництво ЗІЗОД у якості полотна-носія «Полотно голкопробивне сорбційно-фільтруюче СФМ-ОП» (ТУ У 33.1-01530125-016:2007). Воно являє собою композитний матеріал зі змішаних в певних співвідношеннях волокон ПЕТФ (надають матеріалу необхідні фізико-механічні властивості) іонообмінних (покращують хемосорбційні характеристики) і віскозних волокон (покращують гідрофільні властивості матеріалу). Дещо збільшена товщина полотна (6мм)сприяє поліпшенню процесу фільтрації за рахунок збільшення часу контакту токсичної речовини, що сорбується, з хемосорбентом. Фізико-механічні характеристики обраних полотен-носіїв надані в таблиці 3.19.

Фіксація часу захисної дії («моменту спрацьовування») при використанні є необхідною для орієнтації раціонального використання ЗІЗОД з ПГЕ, виготовлених з ІВХС.

Час захисної дії (момент «спрацьовування») ПГЕ відомих респіраторів встановлюється вельми наближено (органолептично) користувачем, коли він відчуває запах токсиканта у підмасковому просторі, або працівниками відділів охорони праці розрахунковим шляхом на основі даних щодо поглинальної ємності ПГЕ, тяжкості роботи, що виконує користувач,

результатів інструментальних вимірювань рівня забруднення повітря під час експлуатації респіратор. В першому випадку оцінка має суб'єктивний характер, а в другому для одержання необхідної інформації потрібні спеціальне обладнання та підготовлений персонал.

Таблиця 3.19

Фізико-механічні характеристики полотен-носіїв

№ з/п	Артикул (марка)	Склад, %	Поверхнева щільність, г/м ²	Товщина, мм	Повітропроникність *, дм ³ /м ² с	Примітка
1	11B073 (160)H6	ПЕТФ-100	160	2,4	800	ПЕТФ – поліетилентерефталат КМ – полі-ε-капроамід ВВ – віскозне волокно
2	11B239 (200)H6		200	1,0	600	
3	11B073 (200)H6		200	2,7	700	
4	11B219 (210)H6		210	1,5	500	
5	11B073 (400)H6		400	3,7	290	
6	11B239 (470)H6		470	2,8	250	
7	Полотно голкопробивне для фільтрації (арт. 13B230 (550))		550	4,5	250	
8	Полотно голкопробивне сорбційно-фільтруюче імпрегноване СФМ-ОП ТУ У 33.1-01530125-016:2007[6]	КМ-30 ПЕТФ-35 ВВ-35	400	6,0	250	

* При R=20 мм водного стовпа, не менше.

Існують імпрегновані волокнисті хемосорбенти з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності. Ця технологія передбачає імпрегнування полотна-носія хемосорбційним розчином, а дублюючого шару – розчинами індикаторів кислих чи основних газів. Відповідно до неї можливо отримувати хемосорбенти, індикаторний шар яких змінює забарвлення і фіксує момент проскоку. В таблиці 3.20 надано основні характеристики хемосорбенту-амфоліту з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності.

Таблиця 3.20

Основні технічні характеристики хемосорбенту-амфоліту

№ з/п	Назва показника	Од. виміру	Значення показників
1	Вміст хімічних реагентів, хемосорбційного шару, не менш	мг/г	300
2	Вміст хімічних реагентів, індикаторного шару, не менш	мг/г	25
3	Час захисної дії за кислими газами, не менш*	хв	30
4	Час захисної дії за основними газами, не менш*	хв	30
5	Забарвлення індикаторного шару при „проскоку” аміаку		Червоне
6	Забарвлення індикаторного шару при „проскоку” двооксиду сірки		Жовте

* При концентрації тестових газів: аміаку - 600мг/м³
оксиду сірки (IV) - 200 мг/м³

Уловлювання парів органічних сполук фільтруючими ЗІЗОД забезпечується використанням вуглецевих волокнистих матеріалів, які виробляються, в основному, з віскозних полотен шляхом карбонізації та подальшої активації. При цьому, отримувана форма вуглецю псевдоаморфна вихідному матеріалу.

Активовані вуглецеві волокнисті матеріали (АВВМ) випускаються у вигляді тканих полотен та войлоків. Перші виготовляються з безперервних ниток, а войлоки являють собою щільний клубок коротких волокон.

АВВМ мають дуже велику площу поверхні і діаметр волокна – 10-20 мкм, що забезпечує швидке протікання процесів адсорбції. Сучасні дослідники пов'язують високу ефективність адсорбції АВВМ по відношенню до токсичних газів (в порівнянні з активним вугіллем), не тільки з малим діаметром волокон, але й з особливостями їх будови – збільшенням кількості мезо- і мікропор в процесі активації. Вони, як показують дослідження, розташовані перпендикулярно осі волокна і доступні безпосередньо із зовнішньої поверхні, що забезпечує їх велику кінетичну активність по відношенню до сполук, що сорбуються, у порівнянні з активованим вугіллем. АВВМ виготовляють з вуглецевих волокон, отриманих з поліакрилонітрилу, ізотропного пеку, фенольних смол і віскози.

Деякі спільні властивості АВВ, у порівнянні з АВ, представлені в таблиці 3.21. В таблиці 3.22 представлені адсорбційні і геометричні характеристики вітчизняного АВВМ «Днепр», у порівнянні з АВ СКТ-3.

Великі перспективи використання АВВМ – у якості носіїв хемосорбційних і каталітичних складів [42]. Співробітниками ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України, наприклад, на основі АВВМ, були розроблені каталізатори реакції низькотемпературного окиснення фосфіну і розкладання озону респіраторного призначення. Узагальнені властивості АВВМ респіраторного призначення представлені в таблиці 3.23.

Таблиця 3.21.

Властивості активованих вуглецевих волокон і активованого вугілля

Характеристика	АВВ на основі різноманітних прекурсорів				Активоване вугілля
	ПАН	ГЦ	Пек	ФФС	
Діаметр, мкм	6-11	7-18	11-17	9-10	1000-3000
Питома поверхня, м ² /г	700-1200	700-1550	700-2220	700-2500	500-950
Зовнішня питома поверхня, м ² /г	1,0-1,5	1,0-2,0	0,5-1,0	0,2-0,7	0,01
Діаметр пор, нм	2-3	1-3	1-3	1-3	4-6
Адсорбція бензолу, г/г	0,20-0,40	0,20-0,55	0,20-0,60	0,20-0,75	0,20-0,35
Вміст вуглецю, %	88-91	92-95	92-95	92-95	80-90

Поглинання газоподібних токсичних речовин, у тому числі і парів органічних речовин, у проєктованих ЗІЗОД може забезпечуватись з використанням АВ, які випускаються у вигляді гранул, циліндрів або зерен неправильної форми.

Таблиця 3.22.

Деякі адсорбційні і геометричні характеристики досліджених адсорбентів

Характеристика		АВВМ «Днепр»					АВ СКТ-3
Сорбційний об'єм пор, см ³ /г		0,30	0,85	0,42	1,25	0,93	
Питома поверхня, м ² /г		570	830	730	1750	1000	1300
Насипна щільність, г/см ³		0,38	0,19	0,64	0,21	0,25	0,42
Тип адсорбента		Трико- таж	Трико- таж	саржа	саржа	саржа	гранули d=2мм
Ємність по парам J ₂ , мг/г	з Н ₂ O	1,8	3,0	1,6	6,0	4,5	2,5
	без Н ₂ O	9,0	14	10	25	21	8,5
Ємність по парам J ₂ , мг/г	з Н ₂ O	0,065	0,045	0,10	0,125	0,15	0,04
	без Н ₂ O	0,9	1,75	1,3	2,0	1,9	1,1
Аеродинамічний опір Δ Р, Па		80	80	2830	1100	2280	1700

АВВМ, що називаються інакше еластичними адсорбентами, виготовляються у вигляді тканин і нетканих матеріалів, що зручно для виготовлення фільтрів до ЗІЗОД.

Таблиця 3.23

Узагальнені властивості АВВМ респіраторного призначення

Марка адсор- бента	Вміст вуглецю %	Говщи на шару, мм	Ширина полотна, мм	Поверх- нева щільніс- ть, г/м ²	Параметри пористої структури						
					V _Σ , см ³ /г	V _{ми} , см ³ /г	V _{ме} , см ³ /г	V _{ма} , см ³ /г	B · 10 ⁻⁶	E, кДж/ моль	r · 10 ⁻¹ , нм
ТСА	99,0±0,2	45±0,5	50±50	200±30	75-0,85	32-0,35	13-0,15	30-0,35	0,62-0,63	5,8-24,0	5,6-5,8
АМТ	99,0±0,2	2±0,2	50±50	700±50	84-1,19	45-0,53	24-0,30	25-0,36	0,80-0,83	3,4-20,24	6-5,6
АНМ	99,5±0,2	0-3,5	500-600	150±35	60-0,68	25-0,31	0,08-0,15	35-0,36	0,43-0,44	9,4-28,33	5-4,0

Адсорбція на поверхні макропор АВ не має практичного значення у зв'язку з їх малою питомою поверхнею. В сорбційному процесі вони грають роль транспортних каналів, по яким молекули речовини, яка поглинається, проникають вглиб зерен сорбента. Як правило, об'єм макропор активного вугілля знаходиться в інтервалі 0,2-0,8 см³/г, а питома поверхня складає 0,5-2 м²/г.

Перехідні пори АВ мають радіус кривизни поверхні від 15–16 до 100-200 нм. В залежності від величини питомої поверхні вони можуть грати значну роль при поглинанні парогазообразних речовин в області високих концентрацій. Їх об'єм знаходиться у межах від 0,02 до 0,1 см³/г, а питома мікропористість – в інтервалі від 20 до 70 м²/г.

Об'єм мікропор – найбільш дрібних пор з радіусом менш 1,5-1,6 нм, порівняний із розмірами адсорбованих молекул. Вони грають визначальну роль в процесах адсорбції на активному вугіллі. Об'єми мікропор активного вугілля зазвичай знаходяться в інтервалі 0,2-0,6 см³/г.

Граничний об'єм адсорбційного простору, що характеризується структурною константою W_0 , а розміри мікропор – структурною константою B . Її збільшення вказує на зростання розмірів мікропор. При малих значеннях B величина константи W близька до об'єму мікропор.

Активоване вугілля застосовують у якості носіїв каталітичних і хемосорбційних добавок для поглинання різноманітних речовин, таких як спирти, основні гази, кислі гази, пари ртуті та інші полярні речовини. В якості таких добавок частіше за все використовують солі тяжких металів, наприклад, для поглинання аміаку і основних газів сульфат міді, хлорид кобальту, хлорид нікелю; для кислих газів, таких як хлорид сірководню, сірчаний ангідрид – оксиди хрому і марганцю.

При додаванні до пористих сорбентів каталізаторів та інших хімічно активних речовин поглинання шкідливих парів і газів відбувається за рахунок хемосорбції, сутність якої складається з хімічного тяжіння молекул газу до пористої поверхні сорбента. Цей тип адсорбції більш сильний, чим фізичний і часто являється незворотним, у той час як при фізичній адсорбції поглинені речовини можуть десорбувати у незмінному вигляді в результаті зміни температури і тиску. Варто мати на увазі, що у процесі поглинання шкідливих речовин виділяється певна кількість тепла, особливо при хемосорбції, що може призводити до самозаймання фільтрувальних елементів.

Монооксид вуглецю – токсичне з'єднання 4-го класу небезпеки без кольору і запаху, гранично допустима концентрація якого ($ГДК_{co}$) у повітрі робочої зони ($ГДК_{р.з.}$), максимальна разова ($ГДК_{м.р.}$) і середньо-добова для повітря населених місць ($ГДК_{с.с.}$) складає 20; 3,0 і 1,0 мг/м³.

Токсичність монооксиду вуглецю обумовлена тим, що спорідненість гемоглобіну крові до монооксиду вуглецю приблизно в 240 разів вища, ніж до кисню. Внаслідок порушення процесу перенесення кисню і розвиваючого при цьому кисневого голодування більш за все страждає центральна нервова система людини. Гостре отруєння монооксидом вуглецю може призвести до тяжкого стану, аж до летального результату. Систематичний вдих кисню, що містить монооксид вуглецю, навіть у випадку концентрації CO близько 20 мг/м³, призводить до ураження коронарних артерій, погіршенню гостроти зору і т.д.

Небезпека інтоксикації монооксидом вуглецю існує на підприємствах самих різноманітних галузей промисловості. Концентрація монооксиду вуглецю (мг/м³) може досягати: в доменних і мартенових цехах 125; на генераторних станціях при газифікації твердих палив – 1500; в ковальських і ливарних цехах – 100; в шахтах при вибухових роботах – 350; при механізованих проходці тунелів – 250; в коксохімічному виробництві при завантаженні коксу – 380; на підприємствах хімічної промисловості, наприклад у фосфорному виробництві, – 100; при випробуваннях моторів – 1340; при зварюванні електродом, що плавиться у середовищі CO₂, – 270.

Складність задач, пов'язаних з очисткою газоповітряних сумішей (ГПС), обумовлена, перш за все, фізико-хімічними особливостями молекули

СО і різноманіття умов очистки (об'ємна витрата, температура) и складу ГПС (концентрація монооксиду вуглецю, кисню, супутніх токсичних газоподібних речовин (ГПР), аеродисперсних часток різного походження).

Найбільш важливі фізико-хімічні властивості СО узагальнені в таблиці 3.24.

Таблиця 3.24

Фізико-хімічні властивості СО		
Властивість	Значення	Література
Фізичні властивості:		[58-59]
Молекулярна маса, г/моль	28,01	
Температура кипіння, К	81,5(98,1 Па)	
Температура плавлення, К	68 (98,1 Па)	
Температура самозаймання у повітрі у кисні	883-973 773	
Щільність, кг/м ³	1,250 (273 К, 98,1 Па)	
Розчинність, (Н ₂ О), л/л	0,4425 (273 К) 0,2675 (288 К)	
Параметри хімічного зв'язку вільної молекули:		[61-65]
Довжина, нм:		
розраховано теоретично	11,40	
знайдено експериментально	11,27	
Енергія зв'язку, кДж/моль	1076,0	
Дипольний момент, Дебай	0,12	

Промисловістю освоєно ряд металокомплексних каталізаторів (НМКК) для ЗІЗОД із застосуванням носіїв різноманітної природи, одним з яких є КНО-Т. Технічні характеристики каталізатора КНО-Т представлені в таблиці 3.25.

Таблиця 3.25

Технічні характеристики каталізатора КНО-Т	
Найменування	Значення
Вміст PdCl ₂ у перерахунку на паладій в сухому каталізаторі, мас. %	0,14±0,1
Вміст галогенідів міді (II) в перерахунку на мідь в сухому каталізаторі, мас. %	0,28±0,2
Ефективний час контакту t', с	0,8-1,6
Початкова концентрація СО в повітрі, мг/м ³	<200
Кінцева концентрація СО, мг/м ³	<20
Робоча температура, °С	15-35
Гарантований час захисної дії при С ^н _{СО} =100 мг/м ³ і відносній вологості повітря 60–90%, год	>300
Об'єм каталізатора V _к , дм ³ , необхідний для спорядження одного респіратору при витраті повітря 30 л/хв	0,4–0,8
Маса каталізатора, m _к , кг, необхідна для спорядження одного респіратору при об'ємній витраті повітря 30 л/хв	0,26–0,52

Перспективним є також використання в ЗІЗ іонообмінних волокнистих матеріалів (ІВМ). Прикладом може бути респіратор «Сніжок».

Висока поглинальна здатність ІВМ забезпечується завдяки тому, що питома поверхня волокон досягає 20–30 тисяч м²/кг і в декілька разів

перевищує швидкість сорбції зернистими іонітами. Однак широке використання ІВМ у даний час не отримали із-за великої кількості токсичних викидів при виробництві. В Україні ІВМ не виготовляються.

Таким чином забезпечення нормованих показників захисної ефективності ЗІЗ можливе при проходженні процесів сорбції, хемосорбції або каталізу низькотемпературного окиснення. В таблиці 3.26 представлено перелік відомих сербційно-фільтруючих матеріалів і катализаторів низькотемпературного окиснення для використання в ЗІЗ.

Таблиця 3.26

Характеристики фільтрувальних матеріалів

Токсична речовина	Механізм знешкодження	Матеріали і їх властивості					
		Назва	Активний компонент	Носій	Ефективність очищення, %	Форма використання	Час захисної дії, год.
Оксид вуглецю(II)	Низькотемпературне окиснення	КНО-Т	PdCl ₂ , CuCl ₂	ТЗК-М	90	Гранули	>300
Фосфін	Низькотемпературне окиснення	АУТ-К	CuCl ₂ , HgCl ₂	УВМ	97	Полотна	
Фтористий водень	Хемосорбція	ВИОН АН-1		Аніоно-обмінне неткане полотно		Полотна	
Озон	Низькотемпературне розкладання	АУТ-К	CuCl ₂	ТСА-1		Полотна	12
Фтористий водень, тетрафторид кремнію	Іонний обмін	ЦМ-А2	ІВМ в ОН-формі	ІВМ		Полотна	
Фтористий водень, хлористий водень, сірчаний ангідрид	Іонний обмін	КМ-А1Н		ІВМ			Фтористий водень >13, хлористий водень >12, сірчаний ангідрид >2
Сірчаний ангідрид, сірчистий ангідрид, фтористий водень, хлористий водень, хлор, аміак	Хемосорбція	ВИОН		Волокно-ВИОН	95-97	Полотна	
Фтористий водень	Іонний обмін	Фибан		Волокно Фибан		Полотна	
Кислі гази	Хемосорбція		Карбонат натрію, уротропін	Віскозне полотно		Полотна	200

Додаткові матеріали, такі, як Спанлейс (ДСТУ 4239-2003 «Матеріали та вироби текстильні і шкіряні побутового призначення») повинні забезпечувати захист органів дихання від потрапляння частинок волокнистих фільтрів або пилу нанесених компонентів до органів дихання. Основні вимоги до них – мінімальний опір, відповідність санітарним нормам, відсутність вивільнювання токсичних компонентів.

Забезпечення підвищених вимог до безпеки і надійності при використанні при умові створення максимально комфортних умов експлуатації можливо при використанні пристроїв з блоком очищення і примусовій подачі повітря у зону дихання (надалі - ППП).

Принцип дії цих пристроїв заснований на тому, що навколишнє повітря розсмоктується крізь фільтри відповідного функціонального призначення і подається у зону дихання при умові вмісту кисню не менш 17% і відомому складі токсичних сполук в повітрі.

:У основі технологічних передумов розробки ППП знаходиться

- досягнення в області конструювання малогабаритних турбовентиляторів і джерел електроживлення до них, що дозволяють здійснювати довготривале автономне прокачування повітря крізь фільтр без відчутного для користувача обваження усієї конструкції;

- паралельний розвиток мікроелектронних і мікромеханічних пристроїв, що оптимізують режим, в новому поколінні ЗІЗ.

Устрої, що розроблюються відносно тиски, який створюється під лицевою частиною поділяються на два типи: з негативним або позитивним тиском. Як правило вони складаються з наступних конструктивних елементів: шолом, панорамна маска або півмаска; фільтр (можливі різні конструктивні рішення); портативний турбоблок з акумулятором; з'єднувальний шланг; кріплення на тілі користувача.

У відповідності з тим, що ППП, що розроблюється повинно мати подвійне призначення необхідно використання принципу позитивного тиску, який забезпечує користувачу більш надійний захист завдяки тому, що відфільтроване повітря нагнітається під лицеву частину у кількості, яка значно перебільшує потреби дихання.

Технічні характеристики ППП повинні відповідати вимогам технічного завдання. Особливо жорсткі вимоги пред'являються до стабільності подачі і кількості повітря. Воно повинно бути не менш 120л/хв у випадку панорамних масок і не менш 170л/хв у випадку вільноприлягаючих лицевих частин.

У випадку зниження повітря, що подається з 200-280 л/хв до 115 л/хв коефіцієнт проскоку збільшується на 3-4 порядку, в той час як в комплекті з панорамною маскою він практично не змінюється навіть при зниженні повітря, що подається до 85 л/хв.

Захисна ефективність повинна бути забезпеченою використанням комбінованих фільтрів відповідного функціонального призначення та додаткового фільтру від оксиду вуглицю (II).

Прокачування повітря і створення позитивного тиску не дозволяє сконструювати безпечний пристрій тривалого використання тому що об'єм дихання людини залежить від тяжкості виконуваної роботи і повинен складати не менш 160л/хв. При такому режимі фільтр буде дуже швидко виходити з використання. Для продовження ресурсу роботи фільтру необхідно збільшити його ємність приблизно в 3 рази, що стане причиною збільшення маси пристрою. Відбудеться також збільшення опору фільтру, а таким чином збільшиться потужність вентилятора і блоку живлення. Вирішення цієї проблеми – розробка елементів управління потоком в автоматичному режимі.

Серйозною проблемою є визначення моменту «спрацьовування» фільтра особливо у випадку фільтра від діоксиду вуглецю(II). Рішення цієї проблеми можливе при використанні датчиків встановлених на лінії вдиху з подальшою подачею сигналу на блок управління або у випадку перевищення запланованих параметрів – звукового чи світлового сигналу.

Використання багатовартісного каталізатору реакцій низькотемпературного окиснення оксиду вуглецю(II) потребує його раціональне використання і утилізацію. Тому у системі очищення повинна бути передбачена двохступеньчата очистка і можливість заміни фільтрів попередньої очистки.

3.6. Дослідження акустичної ефективності наборів шумопоглинаючих матеріалів

На практиці для поглинання шуму найбільш широко застосовуються волокнисто-пористі матеріали. Шумопоглинання такими матеріалами безпосередньо пов'язано з технологією їх отримання і порядком укладання в шумопоглинаючі пакети. Воно зростає зі збільшенням товщини та щільності матеріалів. Наприклад, для шумопоглинального пакету, що складається з послідовних шарів капрону, віскозного волоса, віскози, лавсану, відновленої вовни, нітрону, коефіцієнти поглинання шуму на частотах 250, 500, 1000 і 2000 Гц складають відповідно 0,30; 0,50; 0,65; 0,85 (при протилежному чергуванні шарів ці величини на зазначених вище частотах дорівнюють 0,28; 0,39; 0,61; 0,69).

З точки зору поглинання акустичні матеріали можна поділити на поглиначі високочастотні (в тому числі і середньочастотні), низькочастотні та поглиначі в широкому діапазоні частот.

До високо-середньочастотних поглиначів відносяться:

- пористі матеріали у вигляді плит, виготовлених з легких пористих матеріалів;
- волокнисті матеріали, виконані також у вигляді плит, виготовлених з мінеральної або скловати, синтетичних або деревних волокон. Лицьова поверхня даних матеріалів може бути, покрита акустично прозорими тканинами або нетканими матеріалами.

Коефіцієнт поглинання даних матеріалів знаходиться в межах 0,4–1,0 в діапазоні середніх високих частот (500 Гц – 4 кГц).

Низькочастотні поглиначі:

- перфоровані матеріали у вигляді тонких панелей з різним ступенем перфорації;

- резонансні конструкції з пористих / волокнистих матеріалів перфорованих / тканинних екранів і повітряного зазору.

Коефіцієнт поглинання даних матеріалів знаходиться в межах 0,3– 1,0 в діапазоні низьких частот (63 –500 Гц).

Поглиначі в широкому діапазоні частот:

- багатошарові резонансні конструкції, що складаються з декількох паралельних екранів з різним ступенем перфорації і повітряним зазором різної товщини;

- перфоровані конструкції з перфорованих матеріалів і пористих поглиначів. В даному випадку частотну характеристику поглинання можна регулювати підбором пористого матеріалу і зміною повітряного зазору.

З урахуванням вищесказаного при розробці КЗ були використані як пористі (поролон), так і волокнисті та тканні матеріали.

Акустичну ефективність наборів шумопоглинаючих матеріалів (таблиця 3.27) визначали методом аудіометрії на чистих тонах від 63 до 8000 Гц з кроком в одну октаву за усередненої різниці звукового тиску для незахищеного і захищеного приймача звуку.

При проведенні досліджень в шумозахищену камеру поміщали джерело звуку, за допомогою якого від програмного генератора сигналів відтворювали чисті тони постійною і однаковою у всіх дослідах амплітуди.

Приймачем звукових коливань служив розміщений у камері на фіксованій відстані від джерела звуку конденсаторний мікрофон з капсулем ДН6050А, що має достатню чутливість і лінійність амплітудно-частотної характеристики в досліджуваному діапазоні частот. Амплітуду, частоту і форму сигналів, що надходили від мікрофона фіксували і вимірювали за допомогою програмного пакета WaveTools (Free).

Мікрофон був вбудований на рівні слухового вушного каналу в муляж Шеффілдівської голови. 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.

Результати досліджень, що представлені на рисунку 3.4 свідчать, що найкращу акустичну ефективність виявляють зразки 6 та 7, які складаються з наборів з максимальним числом матеріалів, різних за своєю структурою. Очевидно, що незначне збільшення товщини набору (не більш 1–2 мм) у порівнянні із зразками 1–5 сприяє покращенню шумоподавлення в області низьких частот. В діапазоні частот 2–8 кГц усі досліджені набори шумопоглинаючих матеріалів мають приблизно однакову акустичну ефективність: на високих частотах на рівні

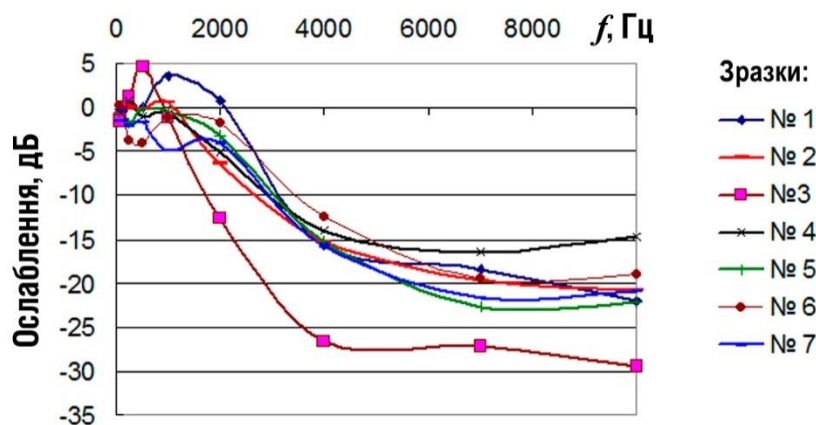
Таблиця 3.27

Склад наборів та розташування по шарах шумопоглинаючих матеріалів

№№ зразк а	Розташування матеріалів по шарах (перший – ближчий до обличчя)								Примітка.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
I	A	Б	В	В	Б				
II	A	Б	В						Пінополіуретан (товщиною 5 мм), дубльований матеріалом ФПП-15-1,5 і укладений гофрами
III	A	В	В	Г	Б				Амбушюр виконаний з пінополіуретану, дубльованого полотном голкопробивним сорбційно-фільтруючим СМФ-ОЦ
IV	В	В	Г	Б					Амбушюр виконаний з пінополіуретану, дубльованого полотном голкопробивним сорбційно-фільтруючим СМФ-ОЦ
V	Ж	Б	В	В	Д	Б	E ¹⁾		¹⁾ – Матеріал фільтруючий на основі поліпропіленових волокон Елефлен-4Л 54 ТУ У 25513347.010-2000
VI	Ж	Б	В	В	Д	Б	E ²⁾		²⁾ – Матеріал фільтруючий на основі поліпропіленових волокон Елефлен-4Л 44 ТУ У 25513347.010-2000
VII	Ж	Б	В	В	З	E ²⁾	Б	Д	

Перелік використаних матеріалів:

- A – Тканина Termoshield PAL
- Б – Пінополіуретан еластичний ППУ, ТУ У 25.2-35055734-001.2008
- В – Матеріал фільтруючий ФПП 15-1,5 ТУ 2568-411-05795731-2008
- Г – Полотно голкопробивне сорбційно-фільтруюче СФМ-ОЦ, ТУУ 33.1-01530125-015.2007
- Д – SMS Неотекс МедМ20027-60-100-1600-1500, ТУ 2282-001-72716572-08
- Е – Матеріал фільтруючий на основі поліпропіленових волокон Елефлен
- Ж – Тканина арселінова вогнезахисна, арт. 07A334-ВУ, ТУ ВУ 400031289212-2007
- З – Полотно неткане голкопробивне фільтрувальне, арт.13В239/550/Н6



а

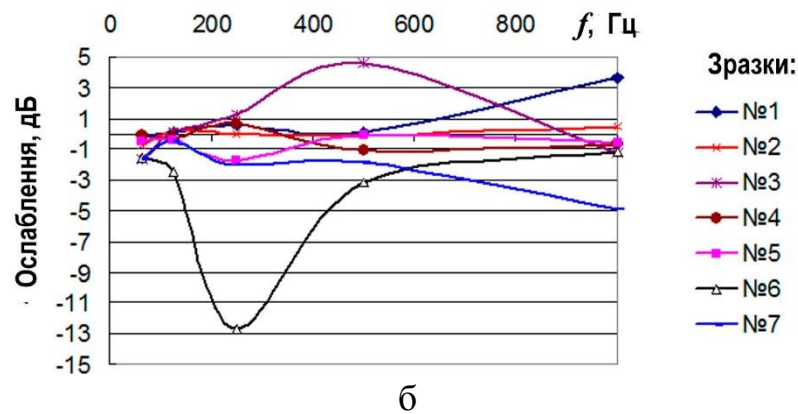


Рис. 3.4 – Акустична ефективність наборів шумопоглинальних матеріалів: а – по всьому діапазону досліджених частот; б – в області низьких частот

3.7 Оцінка впливу виробничих умов на електричні характеристики матеріалів

Усі полімерні матеріали є діелектриками, утім різні композиції, технології (терморбондинг, спандбондинг), методи (каландровий, формування) їх отримання суттєво впливають на їхні електричні параметри. Вимірювання проводиться двоточковим методом (рис. 3.5), за допомогою тераометрів Е6-13А (поверхневий опір) і МІ 3200 (об'ємний опір).



Рис. 3.5. Вимірювання поверхневого опору матеріалу

Враховуючи, що статична електрика поверхневе явище, за визначальну електричну характеристику матеріалів прийнято поверхневий опір r_s . Поверхневі струми можуть поєднуватися з об'ємними, і вимірюваний поверхневий опір виявляється залежним і від об'ємного опору зразка, і від поверхневого струму витoku. У разі проведення вимірів на чистій поверхні в лабораторних умовах поверхневий опір розглянутих вище полімерних матеріалів кілька нижчий, аніж їхній об'ємний.

У процесі дослідження в умовах АЕС виявлено основні чинники, що впливають на опір, серед яких найважливіші: температура, вологість,

опромінювання, фізико-хімічні властивості матеріалу.

Для кількісної оцінки зміни електричних характеристик за зміни температури експериментально досліджували зразки матеріалів ПВХ-пластикату з кодовим позначенням (В1, В2, В3), поліетилену (К, С) і поліпропілену (ПЗ, П4), які розміщували в кліматичну камеру, де підтримувалися такі умови: температура від мінус 20 °С до + 60 °С, відносна вологість – 60 % (рис. 3.6, 3.7).

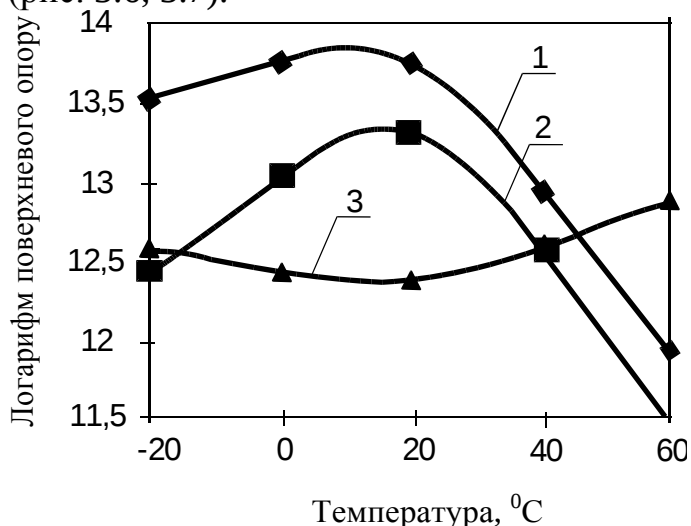


Рис. 3.6. . Залежність логарифму поверхневого опору $\lg r_s$ від температури для ПВХ-пластикату: 1 – В1 (0,15 мм); 2 – В2 (0,3 мм); 3 – В3 (0,5 мм).

З підвищенням температури і невисокої вологості опір зменшується завдяки збільшенню рухливості елементарних ланок, що входять до складу макромолекул і характеризують ступінь полімеризації високомолекулярних з'єднань. За підвищення температури також можуть відбуватися хімічні перетворення макромолекул. Наприклад, у прозорих ПВХ-пластикатах, за температури більш як 50 °С спостерігається деструкція кола з відщепленням хлору і за цих умов різко зростає провідність полімеру.

Під час зниження температури менш як 0 °С провідність зразків 1, 2 (рис. 3.7) зростала, що можна пояснити частковим руйнуванням поверхневого шару матеріалу.

Додавання до композиції ПВХ-пластикату модифікаторів з оксидів вольфраму(кодове позначення Р31) знижує опір з $5,7 \cdot 10^{14}$ до $1,17 \cdot 10^{13}$ Ом, з оксидів рідкоземельних елементів (Р32) – до $3,5 \cdot 10^{11}$ Ом.

Процес старіння, який для розглянутих матеріалів знаходиться в межах двох-трьох років, призводить до змінення електричного опору. Вплив процесу старіння на опір матеріалів досліджувався в кліматичній камері (гигростад ГСМ–1) упродовж 325 годин, що відповідає натурним вимірам упродовж 12180 годин. Дослідження здійснювалися відповідно до вимог стандарту [129] за нормальних кліматичних умов: $t = 22 \dots 24$ °С, відносна вологість – 60 %. Процес старіння полімерних матеріалів призводить до зростання провідності (рис. 3.9).

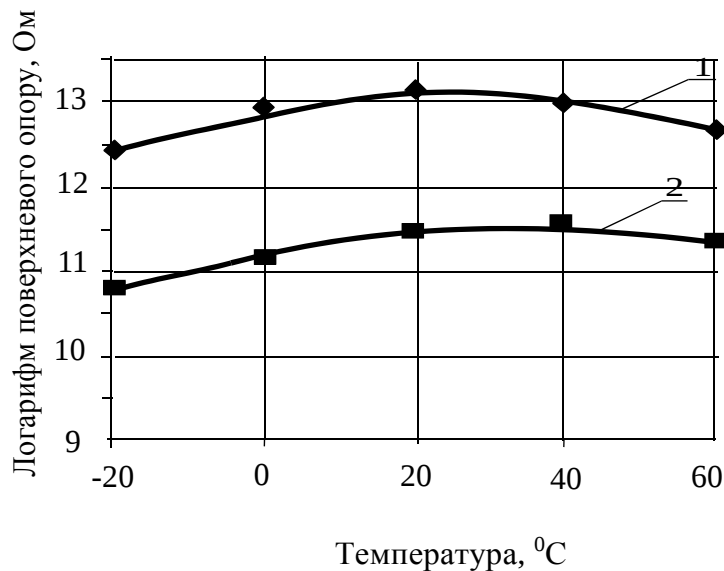


Рис. 3.8. Залежність логарифму поверхневого опору $\lg r_s$ від температури ПВХ-пластикату з модифікаторами: 1 – на основі вольфраму (Р31); 2 – на основі рідкоземельних елементів (Р32).

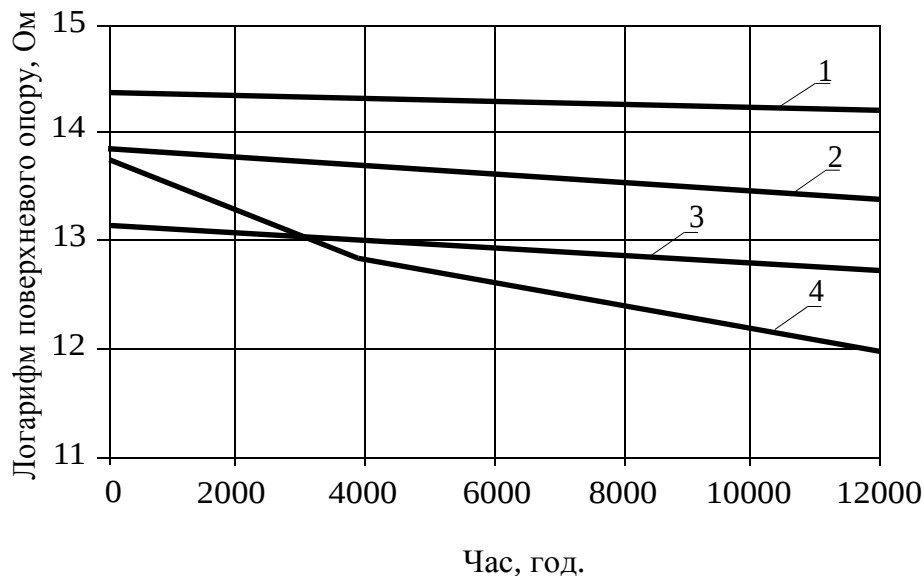


Рис. 3.9 Залежність логарифму поверхневого опору $\lg r_s$ від часу матеріалів: 1 – кодове позначення В1; 2 – ПВХ-пластикат кодове позначення Р31; 3 – кодове позначення П3; 4 – кодове позначення ІВ3.

Зміна вологості w суттєво впливає на опір і рівень поляризації матеріалів, які досліджувалися (табл. 3.28).

Під час зростання вологості поверхневий опір зменшується за рахунок утворення мікрівключень з води, що збільшує струми витоку. Дані у табл. 3.26 ілюструють зафіксоване в експерименті різке зменшення поверхневого опору полімерних матеріалів (особливо тих, які мають волокнисту структуру) із зростанням вологості, що пов'язано з адсорбцією молекул води, які мають невеликі розміри (0,27 нм) і легко проникають у поверхню.

Дослідження впливу на електропровідність зовнішнього іонізуючого

β - і γ - випромінювання, яке існує на АЕС, стикається із суттєвими методологічними складнощами, зумовленими специфікою праці з радіоактивними речовинами. З наявними літературними даними матеріалів призводить до зростання їхньої електропровідності. Так, під час опромінювання γ -випромінюванням низьких енергій електропровідність поліетилену низького тиску збільшується в 1 000 разів, ПВХ-пластикату – у 100.

Таблиця 3.28

Поверхневий опір матеріалів

Вид матеріалу	Кодове позначення матеріалу	Поверхневий опір за $w = 60 \%$, Ом	Поверхневий опір за $w = 100 \%$, Ом
ПВХ-пластикат без антистатиків	B1	$(2,11 \dots 5,72) \cdot 10^{13}$	$5,68 \cdot 10^9$
ПВХ-пластикат з вольфрамовим модифікатором	P31	$1,43 \cdot 10^{13}$	$2,35 \cdot 10^{11}$
ПВХ-пластикат з модифікатором з рідкоземельними елементами	P32	$3,17 \cdot 10^{11}$	$6,51 \cdot 10^9$
Матеріал з ПВХ-покриттям	IB3	$7,92 \cdot 10^{13}$	$1,62 \cdot 10^{10}$
Нетканий поліетилен	K	$5,16 \cdot 10^9$	$1,32 \cdot 10^9$
Нетканий поліпропілен	P3	$4,32 \cdot 10^{11}$	$3,82 \cdot 10^9$
Фільтрувальний матеріал з вуглецевими волокнами	Ф2	$1,64 \cdot 10^8$	$2,62 \cdot 10^3$

На електропровідність полімерних матеріалів впливають ультрафіолетові промені. Проведені дослідження у кліматичній камері підтвердили, що опір зразка ПВХ-пластикату під впливом ультрафіолетових променів упродовж 8 годин зменшився з $2,1 \cdot 10^{13}$ Ом до $1 \cdot 10^{11}$ Ом.

Таким чином, виміри, які здійснюють у лабораторних умовах за температури 20–22 °С та вологості 40–60 %, не дають реальних значень поверхневого опору. Методики вимірювання не враховують наявність неминучих зовнішніх електричних полів, всього різноманіття змінюваних зовнішніх факторів (полів іонізуючого випромінювання, температури, вологості, терміну впливу ультрафіолетових променів та ін.), можливостей контакту працівника в ЗО з різноманітними речовинами та твердими тілами (діелектриками і провідниками), які мають різну природу полімеризації. Лабораторні зразки зазвичай ретельно очищено, що суттєво підвищує рівень поверхневого опору.

У реальних умовах механічне і теплове навантаження, яке виникає в процесі трудової діяльності, впливає на поверхні матеріалів, у деяких випадках такий вплив супроводжується руйнуванням іонних шарів і структури полімерного матеріалу.

Необхідно відзначити, що електричні характеристики матеріалів безпосередньо впливають і на вибір технологій виготовлення. Виготовлення

дослідних зразків захисного одягу з полімерних матеріалів показало, що технологію СВЧ-зварювання можна застосувати тільки для матеріалів, для яких коефіцієнт електричних втрат $\operatorname{tg}\delta$ перевищує 0,01. Такий показник мають усі матеріали, виготовлені на основі ПВХ. Для матеріалів з поліетилену ($\operatorname{tg}\delta = 0,0003$) можна використати тепловий метод зварювання, для поліпропілену ($\operatorname{tg}\delta = 0,00002$) – ультразвукове зварювання.

Питання для самоперевірки

1. Розкрийте сутність комплексний підходу до вибору матеріалів
2. Як забезпечуються прогноз захисних властивостей
3. Принцип розробки нових фільтрувальних матеріалів
4. Які властивості матеріалів відповідають за термін захисної дії ЗІЗ
5. Вкажіть основні вимоги до матеріалів
6. Яку структуру мають багатошарові комплекти ЗІЗ
7. Як впливає зміна температури на фізико-механічні характеристики матеріалів
8. Основний принцип уловлювання парогазоподібних речовин фільтрувальними матеріалами
9. Основні показники якості фільтрувальних матеріалів
10. Характеристики матеріалів для виготовлення засобів захисту органів слуху
11. За рахунок яких властивостей полімерні матеріали мають підвищений рівень захисту від негативного впливу низки шкідливих чинників

РОЗДІЛ 4

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКТІВ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Перелік умінь, які фахівець з вищою освітою повинен набути в результаті засвоєння інформації, викладеної в четвертому розділі навчального посібника.

Фахівець повинен уміти під час створення моделей і конструкцій ЗІЗ з наперед заданими параметрами розглянути десятки варіантів головною метою яких є отримання значень параметрів захисних виробів, які можна використовувати окремо або у комплектах ЗІЗ, для цього потрібно:

- ставити та вирішувати завдання зі створення комплектів ЗІЗ;
- підбирати відповідні математичні моделі для розрахунку параметрів та моделювання роботи ЗІЗ;
- Розробляти рекомендації щодо структури конструкції ЗІЗ для забезпечення заданих параметрів
- визначати структурну оптимізацію фільтрувального комплексу.

4.1 Постановка завдань оптимізації

Більшість завдань, які потрібно вирішити під час створення ЗІЗ, можна привести до вибору найкращого у тому чи іншому сенсі варіанта. Усі передбачені до розгляду варіанти повинні бути сумірними за основними критеріями: відповідність умовам праці, вимогам безпеки використання, ергономічність та економічність продукції. У проектуванні поставлену мету необхідно досягти в умовах обмежених матеріальних, трудових і грошових ресурсів. Перелік заходів і показників, які розглядають, можна змінювати у ході оптимізаційних розрахунків на різних етапах проектування і технологічної підготовки.

Встановлено, що розробка нової захисної конструкції – ітераційний процес, основна мета якого забезпечення потрібних показників захисту і надійності. Загальна схема робіт у проектуванні на основі асортиментних серій включає такі етапи:

- вибір матеріалу;
- типізація конструкції виробу через аналіз моделей-аналогів;
- відпрацювання конструкції на технологічність;
- оптимізація конструкції та її параметрів.

Перелік альтернативних заходів визначено на підставі досвіду розробки різних видів захисних засобів і комплектів. У проектуванні нових моделей ЗІЗ використовують данні про базові основи конструкції як певний конструктивний інваріант. Подальший процес проектування з оптимізацією параметрів здійснюють відповідно до розробленої класифікації способів поліпшення показників ЗІЗ (рис. 4.1). Їх класифікація дає наочне уявлення про різноманіття і багатоваріантність під час конструкторсько-технологічної розробки ЗІЗ.



Рис. 4.1 Комплексний підхід у проектуванні ЗІЗ.

Структурна оптимізація комплексу ЗІЗ – це процес, який визначає можливість досягнення під час виготовлення та експлуатації в межах розробленої конструкції встановлених показників захисту, якості і надійності, з оптимальним рівнем витрат ресурсів відповідно до умов виробництва та обсягів продукування. У забезпеченні технологічності конструкції слід враховувати такі показники: вид виробу, ступень його складності, наявні засоби технологічного устаткування та засоби виробництва, умови виготовлення, виробничі площі; умови праці виробничого персоналу; зв'язок показників технологічності з показниками якості виробу; рівень професійної підготовки персоналу; рівень технічного обслуговування технологічного устаткування.

Незважаючи на змістовне різноманіття таких завдань, усі вони з формального погляду зводяться до однієї загальної постановки: знайти значення змінних параметрів $X_1, X_2, \dots, X_n$, які забезпечують максимум або мінімум заданої функції

$$F = f(X_1, X_2, \dots, X_n, Y_1, Y_2, \dots, Y_n),$$

за наявності обмеження

$$F_0 = f(X_1, X_2, \dots, X_n, Y_1, Y_2, \dots, Y_n) \leq \text{або} \geq \Pi_i,$$

де $F = f(X, Y)$ – цільова функція (показник економічності, захисту, якості, надійності або ефективності системи); X – вектор змінних керування; Y – вектор змінних стану (некеровані змінні); $F_0 = f(X, Y)$ – функції обмежень величини i -го показника; Π_i – величина i -го нормованого або рекомендовано показника.

Задача структурної оптимальної конструкції і комплектності ЗІЗ є багатокритеріальною, що зумовлено потребою врахування вимог за рівнем захисту, надійності, ергономічності, безпеки використання та економічності. Тому визначення критеріїв оптимізації здійснюють попереднє за допомогою таблиці уступок та області компромісних рішень або з міркувань, встановлених безпосередньо з умов використання.

Масовий характер випуску і використання ЗІЗ зумовлює як цільову функцію під час оптимізації використовувати економічні функції.

$$F(X) = Z \rightarrow \min,$$

де Z – загальні витрати на виріб. Відповідно, під час вирішення завдань в умовах короткострокового прогнозування загальні затрати можна визначити за формулою:

$$Z = C_n + C_g + C_e \rightarrow \min \quad (4.1)$$

де C_n – витрати на проектування; C_g – витрати на виготовлення; C_e – витрати в процесі експлуатації.

Спосіб виготовлення ЗІЗ зазвичай передбачає використання уніфікованої технологічної обробки виробу. Попередньо відбувається систематизація можливих рішень з метою вибору технологічних процесів, раціональних для умов певного виробництва. Уніфікація технологічних процесів може спричиняти обмеження за кількістю модулів, які підлягають оптимізації, та за кількістю шарів в межах одного модуля. Відповідно, для оцінки економічності виробу можна використовувати комплексний показник матеріаломісткості $\varepsilon(p, q)$, який визначають за формулою

$$\varepsilon(p, q) = 0,5 \left[\frac{1-p}{1-p_{\min}} + \frac{1-q}{1-q_{\min}} \right], \quad (4.2)$$

де p – відносний показник між лекальними відходами; q – відносний показник витрат матеріалу;

$$p = f / f_{\max},$$

де f – середні міжлікальні відходи; $f_{\max}$ – максимальні міжлікальні відходи;

$$q = Q / Q_{\max},$$

де $Q, Q_{\max}$ – середні і максимальні витрати матеріалу.

Економічне обґрунтування не торкається тих типів ЗІЗ, які вибирають з міркувань безпеки робіт або зі спеціальними захисними властивостями.

Враховуючи, що перед розробником ізолювального, фільтрувального

або радіаційнозахисного комплектів поставлено завдання досягнення коефіцієнта захисту не менше визначеного, постановка задачі передбачає максимізацію цільової функції у вигляді коефіцієнтів захисту,

$$F(X) = K_z \rightarrow \max,$$

де K_z можна визначити, який визначають за (3.3–3.5) і (3.14).

Аналіз можливих обмежень показав, що їх структура і кількість залежать від багатьох чинників, серед яких основними є фізико-механічні, гігієнічні, вартісні характеристики матеріалів та уніфікованих складників, технологія виготовлення, показники режимів використання (циклічність, можливість очищення, кратність дезактивації тощо). Обмеження, пов'язані з нормами, також мають дискретний характер через відсутність у чинних нормах інтервалів допустимих значень або рівнів імовірності, з якими ці норми повинні виконуватися. Наприклад, для 3О повітропроникність матеріалу повинна бути не менш як $30 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, поверхнева густина більш як 250 г/м^2 , значення розривного навантаження матеріалу – більш як 800 Н , шва – не менш як 250 Н , роздиральне навантаження – більш як 70 Н тощо. Наведений аналіз свідчить про те, що вибір елементів конструкції 3О і комплектів необхідно розглядати як завдання оптимізації за наявності дискретних показників матеріалів і окремих виробів, які входять до складу комплекту.

За великої кількості показників, які характеризують матеріали і конструктивні елементи ЗІЗ, кількісне їх визначення або вираження через аналітичні або логічні функції унеможливлене. За таких обставин математичним апаратом досліджень проблеми вибрано методи оптимізації, які дають змогу отримати обґрунтовані та однозначні рішення. Кожна постановка завдання, розробка моделі, вибір алгоритму моделювання та оптимізації спрямує зусилля фахівців на подолання складнощів, пов'язаних з імовірно-визначеним характером інформації, дискретністю параметрів, нелінійністю математичних моделей, багатокритеріальністю оптимізаційних задач.

За таких обставин математичним апаратом досліджень проблеми вибрано метод нормованих функцій, який належить до евристичних методів оптимізації і дає можливість отримати обґрунтовані та однозначні рішення у вирішенні низки завдань різного характеру. Пропонується модифікація обчислювальних алгоритмів методу нормованих функцій (алгоритмів мінімізації та максимізації), що дає можливість реалізувати специфіку проектування ЗІЗ:

- зонально-модульну розрахункову модель;
- потребу дотримання нормативів;
- облік нерівномірності розподілу впливу НШВЧ та механічних навантажень за зонами одягу працівника;
- взаємозв'язок між окремими заходами і засобами у конструкції.

Вихідні данні задано через дискретну послідовність стандартних параметрів елементів ЗІЗ: X_p, a_p, b_p ($p=1, 2, \dots$), де X_p – шукані змінні; a_p, b_p –

відповідні p -му стандартному параметру технічні характеристики, необхідні для формування цільової функції та обмежень. Доцільність використання дискретної послідовності зумовлена тим, що технічні характеристики не завжди можна достатньо точно апроксимувати аналітичними залежностями від X_p , а в дискретній послідовності ці характеристики можна прийняти точними (наприклад, масу елементів визначають відповідно до каталогів, розривне навантаження – відповідно до випробувань або технічних умов).

Через те, що цільові функції мають різні параметри і відповідно розмірності, обов'язковою є попередня операція нормування. Набуття функціями, які розглядають, безрозмірного вигляду дає можливість їх порівняння між собою. Для зменшення обсягів розрахунків критерії оптимізації записуємо у вигляді дробу, де у чисельнику збирають критерії, які підлягають мінімізації, а у знаменнику – максимізації. Задачі, в яких передбачено оптимізацію за економічними показниками, критерій оптимізації KR записуємо відповідно у вигляді:

$$KR = \min \left\{ \frac{\Delta C_j}{\Delta F_o(X_n, Y_n)_j} \right\}, \quad (4.3)$$

де ΔC_j – прирощення цільової функції за кожним j -тим кроком оптимізації; $\Delta F_o(X_n, Y_n)_j$ – зменшення (від'ємне прирощення) обмежень за кожним кроком оптимізації; j – кількість кроків.

Задачі, які пов'язано зі створенням ЗО з покращеними захисними властивостями, як критерій оптимізації KR вибрано співвідношення

$$KR = \max \left\{ \frac{(\Delta K_{zj})}{\Delta F_o(X_n, Y_n)_j} \right\}, \quad (4.4)$$

де ΔK_z – приріст коефіцієнта захисту за кожним j -тим кроком оптимізації.

До нових завдань, які вирішено з використанням методів оптимізації, належать:

- створення поелементних конструкцій рідіаційнозахисного ЗО за умовами досягнення найбільшого коефіцієнту захисту і комфортності використання;
- спільна оптимізація різних конструктивних і технологічних заходів для підвищення захисних властивостей ізолювального і фільтрувального комплектів з урахуванням обмежень за вартістю, масою, кількістю резервних елементів і технологічністю виробів.

4.2. Формалізація процедури надання вихідної інформації

Розглядаючи ЗІЗ як неоднорідну поелементну структуру, виникає завдання вибору математичної моделі конструкції виробу з подальшим розрахунком показників окремих модулів і виробу загалом. Однак у виборі математичної моделі та елементів для кожного виду і навіть типу ЗІЗ існують певні особливості щодо ходу оптимізаційного процесу. Так, для

разового ЗО до щоденних робіт, де всі елементи мають однакові вартісні показники і кожний модуль складається з одного основного елемента, передусім зміцнюємо ті модулі, на ділянках яких фіксують максимальний вплив шкідливих чинників та (або) додаткових навантажень. В ізолювальному ЗО, у разі дотримання вимог за захисними властивостями та надійністю, спочатку треба посилити ті модулі, елементи яких мають найбільше навантаження. У складніших виробках (фільтрувальний одяг), коли модулі містять різну кількість елементів, а самі елементи в різних зонах розрізняються за показниками захисту, надійності та вартості, для визначення оптимальної структури виробу потрібно розглянути всі варіанти конструкції. Досвід використання математичних методів оптимізації у конструктивно-технологічних розробках складних захисних виробів, для яких існує достатньо великий набір заходів і засобів удосконалення виробу, показує певні складності у наданні вихідної інформації. Підвищити захисні властивості і надійність ЗО можна такими способами:

- впровадженням конструктивних елементів, які мають поліпшені фізико-механічні та захисні характеристики;
- використанням додаткових шарів матеріалів на окремих ділянках або для всього виробу;
- комплектуванням ЗО додатковими резервними виробами;
- вибором удосконалених технологій з'єднання швів;
- герметизацією швів на окремих ділянках виробу або виробу загалом.

Зменшити додаткові ризики, спричинені електризацією виборів або незадовільним відводом теплоти з підодягового простору, можна такими способами:

- впровадженням конструктивних елементів, які мають відповідні гігієнічні та електричні характеристики
- проектуванням додаткових конструктивних елементів (складки, еластичні і вентиляційні вставки).

Перелік можливих технічних засобів і технологічних заходів удосконалення ЗО наведено у табл. 4.1.

У зв'язку з достатньо великим обсягом заходів і можливим місцем їх розташування виникає потреба у формалізації процедури підготовки до вибору та розрахунку певних технічних заходів та показників якості. З цією метою для формалізації процедури надання вихідної інформації запропоновано використати структурно-логічні матриці, побудовані за зонально-модульною моделлю, які дають змогу сортувати інформацію за різних поєднань заходів та їхніх показників.

Задачу розглянемо на прикладі ізолювального ЗО, для якого вибрано базову модель у вигляді комбінезона. Підвищити захисні властивості можна такими способами: впровадженням конструктивних елементів (навскісних деталей, пояса, накладних кишень); використанням додаткових шарів матеріалів і резервних виробів; проектуванням додаткових конструктивних елементів (покращена фурнітура, складки, еластичні і вентиляційні вставки); (рис. 4.2).

Перелік заходів до удосконалення ЗО

Найменування заходів	Можливі способи реалізації			
Додаткові накладки	<i>n</i> -шарові вставки з основного матеріалу кокетки) ($n = 1, 2 \dots 5$)	<i>n</i> -шарові вставки з додаткового матеріалу з внутрішнього боку	<i>n</i> -шарові вставки з додаткового матеріалу зі зовнішнього боку	Змінні вставки, накладні кишені, пояси
Конструктивні елементи:	Фурнітура посилена	Обтюрація	Вентиляційні вставки	Мембрани
Додаткові елементи	Подвійні манжети	Наколінники	Подвійні наколінники	Напульсники
Резервні вироби	Фартух	Нарукавники	Шолом	Бахили
Технологія з'єднання швів	Нитковий шов	Зварний (термо) шов	Ультразвуковий шов	Клейовий шов
Герметизація швів	Термо-тасьма	Тасьма прошивна		

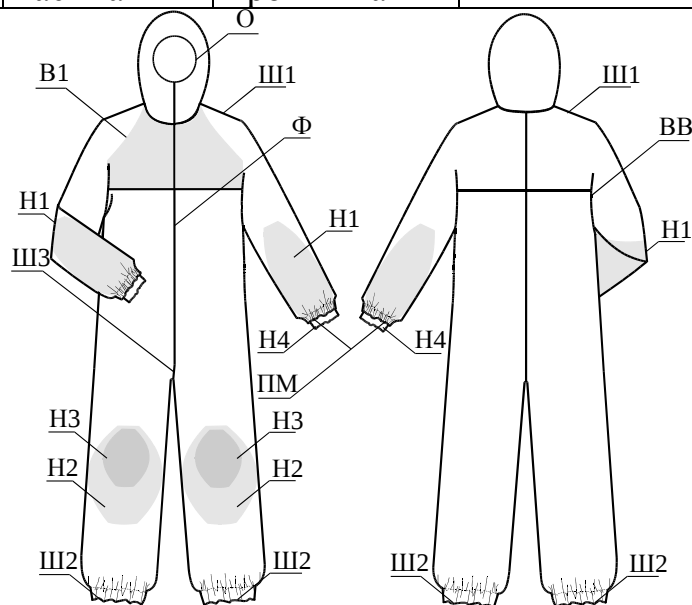


Рис. 4.2. Базова модель виробу з можливими додатковими конструктивними елементами.

На рис. 4.2 вказано можливі місця впровадження додаткових заходів та їх кодові позначення. Величини зміни базових параметрів, до яких належать витрати матеріалу, маси і вартості виробу, а також розрахункові параметри, які змінюються у ході оптимізаційного процесу (коефіцієнт захисту, надійність, повітропроникність тощо) залежать від технологічності конструкції, яка своєю чергою залежить від впровадження того чи іншого заходу. Перелік заходів, які розглянуто з відповідними параметрами замінних елементів, наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Перелік заходів до оптимізації базового виробу

Конструктивні елементи:	Умовні позначення на рис. 4.2	Додаткові елементи	Умовні позначення на рис. 4.2	Технологія виготовлення швів	Умовні позначення на рис. 2
одношарова вставка основного матеріалу 3	B ₁	нарукавники	H1	Шов СВЧ-зварний типу накладний	III1
двошарова вставка основного матеріалу 3	B ₂	наколінники	H2	Шов СВЧ-зварний типу подвійний	III2
тришарова вставка основного матеріалу 3	B ₃	подвійні наколінники	H3	Шов нитковий	III3
Вентиляційні вставки	ВВ	напульсники	H4	Зварний типу накладний з відкритими зрізами	
Еластична вставка	ЕВ	бахили	Б	Зварний типу відгин з відкритим зрізом	
Обтюрація	О	рукавиці	Р	Зварний типу зшивний (із суміщенням зрізів)	
Посилена застібка	Ф	подвійні манжети	ПМ	Зварний типу комбінований з настроюванням тасьми	

Маємо дискретну послідовність окремих технічних засобів і технологічних заходів, які дають змогу підвищити коефіцієнт захисту і комфортність використання. Відповідно усі заходи з удосконалення виробів призводять до зростання вартості, ΔC_i , де $i = 1, 2, \dots$

Для подальшого аналізу з метою зменшення багатовимірності задачі впроваджено позначення змінних функції керування X_k , які дають можливість об'єднати заходи з покращення конструкції або за зоною їх застосування або за функціональними властивостями. Змінні керування подано як логічні функції: позначення “ $\wedge$, $\vee$ ” відповідають знакам логічних операцій відповідно “І” та “АБО”.

$$\begin{aligned}
X1 &:= B_1 \vee B_2 \vee B_3; \quad X2 := \Phi \wedge BB; \\
X3 &:= O \vee H4 \vee ПМ; \quad X4 := B_1 \vee H2 \vee H3 \vee B; \\
X5 &:= H1 \vee B_2; \quad X6 := O \wedge P; \quad X7 := \Phi; \\
X8 &:= III1 \vee III2
\end{aligned}
\tag{4.5}$$

Структуризація заходів з використанням логічних функцій дала змогу сформулювати матрицю: в рядку вказано можливі заходи, а у стовбцях – площі зон з довірчим інтервалом. Вічко матриці на перетині певного заходу і зони виробу показує, які можливі способи перетворення (X_k) окремих модулів моделі (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Структурно-логічна матриця для ізолювального захисного одягу

Перелік заходів	Номер та площа зони S_i , 10^{-2} м ² .								
	31 10,5± 0,4	32 0,26 ±0,01	33 2,4± 0,09	34 1,45 ±0,06	35 4,2± 0,16	36 2,3± 0,16	37 1,74 ±0,1	38 3,6± 0,25	39 4,0± 0,23
Шари матеріалу	X1	X1	X1	X1	X1	X1	X1	X1	X1
Фурнітура		X1v X7	X2	X7	X2				
Обтюрація							X3v X6		
Додаткові елементи							X6	X4	X4
Види швів	X8	X8	X8	X8	X8	X8	X8	X8	X8

За допомогою структурно-логічної матриці знаходимо параметри виробу, які можуть змінюватися. Для цього здійснюємо підсумовування попарного перемноження для кожного рядка. Витрати матеріалів визначаємо за площею зонально-модульної моделі, виходячи з рівномірного розподілу цих величин для різних повнотних груп.

Наприклад, під час впровадження додаткового шару вставки у зонах 1–4 додаткові витрати матеріалу ΔQ , маса Δm виробу змінюється відповідно

$$\begin{aligned}
\Delta Q &= \sum_{i=1}^4 (S_i + \delta_i + f_i) = (S_1 + S_2 + S_3 + S_4) + (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4) + (f_1 + f_2 + f_3 + f_4); \\
\Delta m &= (Q_1 \rho_{S1} + Q_2 \rho_{S2} + Q_3 \rho_{S3} + Q_4 \rho_{S4}),
\end{aligned}
\tag{4.6}$$

де S_i – площа i -ї зони; δ_i – припуски на вільне облягання; f_i – середні міжлекальні відходи ρ_S – поверхнева густина матеріалу вставки.

Задачу оцінки ефективності заходів з підвищення рівня захисту можна звести до визначення величини коефіцієнтів захисту та додаткових витрат ΔC , пов'язаних першочергово з додатковими витратами матеріалу. Вартість матеріалів у захисних виробках становить (80...85) %. Під час посилення моделі 3О змінюються конструктивно-модельні параметри виробу, які характеризуються середніми значеннями витрат матеріалів (з довірчим

інтервалом визначеним з імовірністю на рівні 0,9).

$$\Delta C = (Q_1 C_{01} + Q_2 C_{02} + Q_3 C_{03} + Q_4 C_{04}), \quad (4.7)$$

де C_0 – вартість 1 м² матеріалу вставки.

Зміни показника середніх міжлекальних відходів становлять

$$p = (\sum_{i=1}^9 f_i + \sum_{i=1}^4 f_i) / f_{\max} \quad (4.8)$$

де p – відносний показник між лекальних відходів, f_i – фактичні міжлекальні відходи для кожного варіанту; $f_{\max}$ – максимально допустимі відходи.

За допомогою структурно-логічної матриці маємо змогу формалізувати процедуру знаходження місць встановлення додаткових заходів та елементів, а також визначати зміни коефіцієнту захисту, витрати основного і допоміжних матеріалів, масу, матеріалоемність і вартість виробу за кожного способу побудови конструкції.

4.3 Структурна оптимізація пакетів для створення ЗІЗ

4.3.1. Рекомендації щодо створення пакетів матеріалів

Розглянемо, як приклад, основні вимоги до радіаційнозахисного комплексу, який призначено для обмеження впливу γ -випромінювань або підвищеного рівня β -випромінювань під час ремонтних робіт або у ситуаціях втручання на АЕС.

Пріоритетним під час використання радіаційнозахисних комплектів в передбачуваних умовах експлуатації є забезпечення максимально можливого рівня захисту працівника за відповідності ергономічним вимогам. Рівень та ступінь захисту регулюється кількістю шарів у пакеті ЗО, які розміщують в окремих зонах залежно до топографії впливу НШВЧ та умов експлуатації. Посиленого захисту потребують такі частини тіла як голова, шия, тулуб, а також колінні і ліктьові суглоби. Асортиментний ряд радіаційнозахисного ЗО – жилет, куртка, напівкомбінезон, штани, накидка. Радіаційнозахисний ЗО використовувати у комплекті з шоломом, ЗІЗ рук, ніг, очей і органів дихання (рис. 4.3).

Конструкцію радіаційнозахисного ЗО розроблено як багатошару: зовнішній шар виготовлено з матеріалу В1; внутрішні шари суцільні або змінні – з матеріалу з кодовим позначення Р31 або Р32. Диференціювання товщини захисного шару досягнуто членуванням його на модулі, які розташовано у кишенях зовнішнього шару. Забезпечення надійності захисту реалізовано перекриттям одного захисного модуля іншим в межах (3...5) % загальної площі.

Посилений захист забезпечують захисні модулі куртки та штанів, шолом, напульсники, які розміщено на ділянці зап'ястя та щиколотки. Деталі, що фіксують положення виробів на тілі працівника, і до яких належать бретелі, штрипки, тримачі пальця, зав'язки тощо, є простими у використанні. Куртку та жилет запроектовано достатньо довгими, щоб перекривати верхню частину штанів за всіх характерних рухів працівника.

Штани проектуємо широкими і довгими без відворотів, з напуском, щоб закривати верх взуття.



Рис. 4.3. Запропонований склад радіаційнозахисних комплектів

4.3.2. Вибір оптимального розподілу багат шарового пакету

Відомо, що радіаційний захист забезпечують трьома способами – відстанню, часом та екрануванням. Захист «відстанню» полягає в тому, що вплив зовнішнього іонізуючого випромінювання на організм людини зменшується пропорційно збільшенню відстані від джерела випромінювання. Захист «часом» полягає в тому, що обмежують вплив зовнішнього іонізуючого випромінювання на організм через зменшення тривалості опромінення. У разі робіт на постійній відстані R від джерела γ -випромінювання допустиму тривалість робіт упродовж тижня $t_{\text{доп}}$ визначають за формулою:

$$t_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{D_{\text{доп}} \cdot R^2}{A \cdot G}}, \quad (4.9)$$

де $D_{\text{доп}}$ – гранична тижнева доза опромінювання, яка дорівнює 38 мР; $t_{\text{доп}}$ – допустимий час роботи впродовж тижня, год; R – відстань від джерела випромінювання до працівника, см; A – активність радіонукліда у джерелі, мКи; G – гамма-постійна радіонукліда, см²/(год·мКи); $K_{\gamma\gamma}$ – коефіцієнт захисту радіаційнозахисного комплекту.

Застосування радіаційнозахисного комплекту реалізує захист способом «екранування», тобто обмежує активність радіонукліда через його поглинання наповнювачем у матеріалах Р31 або Р32. З урахуванням зменшення дози опромінювання (4.9) має вигляд:

$$t_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{D_{\text{доп}} \cdot R^2}{(A \cdot G) / K_{\gamma\gamma}}},$$

де K_3 – коефіцієнт захисту радіаційнозахисного комплекту

Відповідно, термін безперервного використання $t_{\text{доп}}$ радіаційнозахисного комплекту визначається за умовами обмеження впливу іонізуючого випромінювання та не перевершення допустимого рівня особистого опромінення працівника

$$t_{\text{доп}} = D \cdot \sqrt{K_{3\gamma}}; \quad D = R \sqrt{\frac{D_{\text{доп}}}{A \cdot G}}, \quad (4.10)$$

Виходячи з аналізу умов праці на АЕС, доцільним є такі постановки задачі оптимізації конструкції радіаційнозахисного комплекту:

1. Під час модульної побудови конструкції, яка складається з M модулів, забезпечити коефіцієнт захисту K_{36} в межах 2,25...2,28, що дасть можливість збільшити тривалість робіт в зоні впливу γ -випромінювання у 1,5 рази, за мінімально можливої маси комплекту m загалом:

$$\max \{K_3(x_1 \dots x_M) / m(x_1 \dots x_M)\} \geq K_{36}. \quad (4.11)$$

2. Розробити конструкцію радіаційнозахисного комплекту, який дасть можливість підвищити тривалості робіт в зоні впливу γ -випромінювань у два рази ($K_{36} \geq 4$) за умови обмеження загальної маси $m_{\text{доп}}$ і кількості шарів матеріалу n у захисних модулях:

$$\min \{m(x_1 \dots x_M) / n(x_1 \dots x_M) / K_{36}(x_1 \dots x_M)\} \leq m_{\text{доп}}. \quad (4.12)$$

Задачу вибору багат шарового пакету радіаційнозахисного комплекту сформульовано як оптимізаційну і вирішено через знаходження місць розташування багат шарових конструкцій модулів і додаткових виробів комплекту. Основним способом підвищення коефіцієнта захисту є збільшення товщини радіаційнозахисного матеріалу РЗ1 або РЗ2, яке досягається збільшенням кількості його шарів. Водночас зі збільшенням шарів зростає вартість і маса виробу.

У разі суцільної конструкції (один модуль) костюму (куртка і півкомбінезон) кількість шарів захисного матеріалу для ослаблення γ -випромінювання в $K_{3\gamma}$ разів визначаємо за ф. (3.12). За такої конструкції костюму коефіцієнт захисту $K_3 \geq 2,25$ можна забезпечити за чотирьох шарів захисного матеріалу. Маса такого костюму становить не менш як 15,5 кг, вартість захисного матеріалу – від 3 800 грн. Відповідно коефіцієнт захисту $K_3 \geq 4$ забезпечать шість шарів захисного матеріалу, масою – 23,4 кг і вартістю – від 5700 грн. Такі рішення мають суттєві вади і створюють додаткові ризики у використанні: великі статичні і динамічні навантаження, обмеженість робочих рухів, зменшення площі огляду тощо.

Рішення оптимізаційних задач передбачає розробку модульної конструкції, що дає можливість забезпечити диференційований посилений захист окремих зон тіла працівника (статеві органи, шлунок, голова).

Зовнішнє іонізуюче випромінювання неоднаково впливають на органи і тканини та нерівномірно розподіляються в організмі працівника. Ступінь

чутливості тканин різних органів до опромінення неоднакова. Якщо розглядати тканини органів у порядку зменшення їхньої чутливості до впливу випромінювання, то одержимо таку послідовність: зародкові клітини, червоний кістковий мозок, селезінка, легені, лімфатична тканина, щитоподібна залоза. Ступінь ураження організму також великою мірою залежить від розміру поверхні, що опромінюється, зі зменшенням поверхні зменшується і шкідливий вплив. Тому у проектуванні радіаційнозахисних ЗО використано зонально-модульну схему з визначення зон, які потребують підвищеного захисту. Нерівномірне розподілення і неоднаково вплив іонізуючого випромінювання враховано через вагові коефіцієнти.

Враховуючи, що перед розробником радіаційнозахисного комплексу поставлено завдання досягти максимально можливий коефіцієнт захисту від γ -випромінювань за обмеженням загальної маси, постановка задачі передбачає максимізацію цільової функції виду:

$$F(n) = K_{\gamma} = \exp \left[\frac{\mu \cdot d_0}{S_{\Pi}} \cdot \sum_{i=1}^9 S_{mi} \cdot n_i \cdot w_i \right] \rightarrow \max, \quad (4.13)$$

де d_0 – товщина матеріалу, см; μ – лінійний коефіцієнт ослаблення, см^{-1} ; S_{mi} – площа модуля i -тої зони, см^2 ; n_i – кількість шарів у модулі; w_i – ваговий коефіцієнт; i – кількість модулів, $i = 1, 2, \dots, 9$.

За наявності обмежень:

- за масою

$$F(m) : m \in \left[\sum_{i=1}^9 m_{mi} \leq m_{\text{доп}} \right], \quad (4.14)$$

де m_i – маса окремого модулю у i -тій зоні, г; $m_{\text{доп}}$ – допустима маса виробу. Максимальна маса виробу не повинна перевищувати 20 кг;

- за кількістю шарів в окремих модулях

$$F(n) : n \in [n \leq 2 \dots k] \quad (4.15)$$

де n – кількість шарів матеріалу в окремому модулі. Кількість шарів в окремих модулях може змінюватися від двох до восьми, що визначається з ергономічних і технологічних міркувань;

- за вартістю

$$F(C) : C \in [C \leq C_B], \quad (4.16)$$

де C – фактична вартість виробу; C_B – припустима вартість виробу.

Як критерій оптимізації KR вибрано співвідношення

$$KR = \max \left\{ \left(\frac{K_{\gamma j} - K_{\gamma j-1}}{m_{\text{доп}} - m_{Bj}} \right) \right\} = \left\{ \frac{(\Delta K_{\gamma j})}{\Delta m_j} \right\}, \quad (4.17)$$

де ΔK_{γ} – приріст коефіцієнта захисту; $m_{\text{доп}}$ – допустима маса виробу; m_{Bj} – маса виробу за j -го шагу оптимізації.

Комплексний критерій оптимізації реагує на зміну рівня захисту і збільшення маси у результаті встановлення додаткових шарів захисного матеріалу.

Базова модель радіаційнозахисного комплексу складається з куртки, півкомбінезону та шолому, які виготовлені з одного шару матеріалу РЗІ з параметрами: поверхнева густина – 0,1276 г/см²; лінійний коефіцієнт ослаблення $-\mu = 4,5 \text{ см}^{-1}$; вартість – 200 грн/м². У такій моделі коефіцієнт захисту становить: 1,85 за енергії до 10 кеВ; 1,29 – до 100 кеВ; 1,09 – до 200 кеВ; 1,004– до 662 кеВ.

Таблиця 4.4

Вихідні данні до розрахунку

Назва зони	Площа (математичне очікування), см ²	Площа (довірчий інтервал), см ²	Ваговий коефіцієнт	Маса (математичне очікування), г
31	1052,4	45,1	0,07	134,28
32	259,3	12,3	0,14	33,08
33	2397,1	90,9	0,25	305,86
34	1454,9	61,3	0,31	185,64
35	4201	155,2	0,07	536,04
36	2290,8	164,6	0,07	292,30
37	1744,3	107,6	0,01	222,57
38	3605,8	249,5	0,07	460,10
39	4029,3	226,2	0,01	514,13

Данні (табл. 4.4) використано як початкову інформацію в оптимізаційному розрахунку (нульовий крок).

На подальших кроках оптимізації розраховуємо коефіцієнт захисту кожної зони за формулою:

$$K_{zij} = \exp \left[\frac{\mu \cdot d_0}{S_{\pi}} \cdot (S_{mi} \cdot w_i \cdot n_i) \right], \quad (4.18)$$

де K_{zj} – коефіцієнт захисту i -тої зони для j -тої ітерації; S_{π} – загальна площа поверхні костюму; S_{mi} , n_i , w_i – відповідно площа захисного модуля, кількість шарів і ваговий коефіцієнт i -ої зони для j -тої ітерації.

За максимальним значенням критерію (4.17) визначаємо зону, в якій встановлення додаткового шару захисного матеріалу є доцільним. Визначаємо відповідний приріст маси Δm та вартості ΔC .

Перед початком наступної j -тої ітерації обчислюємо для кожної зони значення показника відносної значущості Z^j за формулою:

$$Z^j = \frac{K_{зд} - K_z^{(j-1)}}{K_{зд}}, \quad (4.19)$$

де $K_{зд}$ – коефіцієнт захисту, який потрібно досягти; $K_z^{(j-1)}$ – коефіцієнт захисту, який отримано на попередній $(j-1)$ -й ітерації.

Якщо отримано від'ємне значення показника відносної значущості $Z^j < 0$ або його значення знаходиться в межах $0 \leq Z^j \leq \varepsilon$, де ε – задана ступень наближення до $K_{зд}$, то приймаємо $Z^j = 0$ і задача вважається вирішеною та

подальші обчислення припиняються. Якщо вказана умова не виконується, то визначаємо новий вагомий коефіцієнт зони

$$w_j = w_{j-1} \cdot Z^j \quad (4.20)$$

За такого підходу більшого значення набувають зони, у яких коефіцієнт захисту знаходиться далі (у нормалізованому вигляді) від величини, до якої він має наближатися у ході оптимізації, тобто відбувається процес адаптації вагових коефіцієнтів до поточного значення коефіцієнту захисту.

Процес триває доти, доки не буде забезпечено базовий коефіцієнт захисту усього виробу. Обмеження за загальною вартістю комплексу можуть спричинити передчасне закінчення розрахунку у разі досягнення граничних значень.

Запропонований метод реалізовано у вигляді комп'ютерного алгоритму, який є ітераційним і для кожної j -ої ітерації складається з таких основних етапів:

1. Вибираємо захисний матеріал та вказуємо його характеристики: поверхневу густину, товщину, лінійних коефіцієнт ослаблення.

2. Формуємо розрахункову модель, на якій визначаємо активні зони, можливість розміщення захисного модуля і певні обмеження технологічного характеру.

3. Записуємо дискретну послідовність площ кожної зони з відповідними пріоритетами (ваговими коефіцієнтами).

4. Для кожного з отриманих варіантів посилення конструкції ЗО виконуємо такі розрахунки

– за кожним кроком розраховуємо величину критерію оптимізації за (4.17);

– за умови $KR_j = \max$ на кожному кроці вибираємо найефективніший спосіб збільшення коефіцієнту захисту у відповідному модулі та фіксуємо;

– розраховуємо підвищення маси, вартості, кількість додаткових шарів та інші показники, які вказано у обмеженнях для кожної зони і виробу загалом. Наприклад, під час впровадження додаткового шару захисного матеріалу у зонах 2–4 приріст загальних витрати матеріал ΔF у обчислюємо за формулою:

$$\Delta Q = \sum_{i=2}^4 (S_i + \delta S_i + f_i),$$

де S_i – площа i -тої зони, δS_i – додаткові витрати матеріалу через перекриття одного модуля іншим, $\delta S = 1,07 \dots 1,12$; f – середні міжлекарні відходи матеріалу.

Приріст маси Δm і вартість ΔC виробу визначаємо відповідно

$$\Delta m = \sum_{i=2}^4 (S_i + \delta S_i) \cdot \rho,$$

де ρ_S – поверхнева густина захисного матеріалу.

$$\Delta C = \sum_{i=2}^4 (S_i + \delta S_i + f_i) \cdot C_0,$$

де C_0 – вартість 1 м² захисного матеріалу.

5. Перевіряємо умови, вказані в обмеженнях. Фіксуємо розміщення додаткового шару захисного матеріалу і здійснюємо перехід до наступної ітерації.

6. Переглядаємо всі зони, модулі та обмеження. У разі виконання всіх умов переходимо до кінця розрахунку.

У результаті оптимізаційного розрахунку отримуємо впорядковану низку заходів з підвищення коефіцієнту захисту та прирощення маси і вартості виробу за кожним кроком ітераційного процесу. Перебіг оптимізаційних розрахунків задачі, яку вирішували, наведено (табл. 4.5, 4.6).

Як впливає з табл. 4.5, підвищення коефіцієнта захисту до $K_z = 2,25$ досягнуто через впровадження чотирьохшарових модулів у зонах 2, 3, 4 (область щитоподібної залози, тулуба і статевих органів), двошарового шолома масою 270 г та тришарових захисних модулів у зонах 5–9. Відповідно підвищення до $K_z = 4$ досягнуто через впровадження шестишарових модулів у зонах 2, 3, 4, 5, тришарового шолома масою 410 г та п'ятишарових захисних модулів у зонах 6–9. У табл. 4.7 наведено порівняльні результати різних конструкцій радіаційнозахисного ЗО, яке реалізовано за однакових початкових умовах. Як впливає з табл. 4.7, модульна конструкція ефективніша за всіма показниками порівняно з суцільною. Зазначимо, що коефіцієнти захисту від γ -випромінювань радіаційнозахисного комплексу змінюються залежно від енергії γ -випромінювань: 5,47 за енергії випромінювання до 10 кеВ; 2,27 – до 100 кеВ; 1,39 – до 200 кеВ; 1,14 – до 662 кеВ (перша постановка задачі).

Таблиця 4.5

Перебіг оптимізаційного розрахунку за першої постановки задачі

Номер ітерації	Номер зони	Кількість шарів модуля	Результати розрахунку		
			Коефіцієнт захисту	Приріст маси, %	Приріст вартості, %
0	31 – 39	1	1,29	0	0
1 – 4	33	4	1,42	34,2	22,0
5 – 8	34	4	1,49	54,9	40,9
9 – 12	32	4	1,51	58,6	44,2
13 – 14	31	2	1,53	63,6	48,8
15 – 17	35	3	1,70	103,6	85,1
18 – 20	36	3	1,8	125,4	104,9
21 – 23	38	3	1,97	159,6	136,0
24 – 26	37	3	2,06	176,2	151,1
27 – 29	38	3	2,27	214,5	195,0

Коефіцієнт захисту радіаційнозахисного комплексу (друга постановка задачі) становить: 9,65 за енергії до 10 кеВ; 4,0 – до 100 кеВ; 1,74– до 200 кеВ; 1,24 – до 662 кеВ.

Таблиця 4.6

Перебіг оптимізаційного розрахунку за другої постановки задачі

Номер ітерації	Номер зони	Кількість шарів модуля	Результати розрахунку		
			Коефіцієнт захисту	Приріст маси, %	Приріст вартості, %
0	31 – 39	1	1,29	0	0
1 – 6	33	6	1,51	56,9	42,7
7 – 12	34	6	1,65	91,6	74,1
13 – 18	32	6	1,68	97,7	79,8
19 – 24	35	6	2,17	195,6	171,5
25 – 27	31	3	2,23	207,6	179,6
28 – 32	36	5	2,50	251,1	219,2
33 – 37	38	5	2,99	319,7	281,6
38 – 42	37	5	3,26	352,9	311,7
43 – 47	38	5	4,01	429,5	396,3

Таблиця 4.7

Оцінка ефективності конструкції радіаційнозахисного одягу

Показники захисного одягу	Вихідні дані	Модульна конструкція		Суцільна конструкція	
		1 постановка	2 постановка	1 постановка	2 постановка
Коефіцієнт захисту (до 100 кеВ)	1,29	2,27	4,0	2,84	4,79
Маса, кг	2,872	8,442	14,212	10,736	16,104
Матеріало-місткість, м ²	2,46	6,81	11,47	9,26	13,88
Вартість захисного матеріалу, грн	462	1 362	2 294	1 851	2 777
Приріст, %	100	195	396	300	500

4.4 Структурна оптимізація ізолювальних комплектів

На АЕС зменшення негативного впливу фіброгенних промислових забруднень, які містять пил з радіонуклідами, сухі та рідкі радіоактивні речовини, можна досягти під час використання працівниками

негерметичного ізолювального ЗО без примусового вентилявання у комплекті з іншими ЗІЗ.

Ізолювальні ЗІЗ у комплекті повинні забезпечувати такі обов'язкові показники захисної ефективності:

- від α -випромінювання і β -випромінювання малих енергій;
- від пилу та аерозолів з радіонуклідами;
- від механічних ушкоджень і загальних забруднень;
- водо і маслонепроникні;
- стійкі до впливу лугів і кислот.

4.4.1. Рекомендації щодо створення пакетів матеріалів та комплектності

Для ЗО спеціального призначення важливо враховувати експлуатаційні потреби, спрямовані на забезпечення відповідності виробу умовам тривалої праці. Такі вимоги нормативних документів можна досягти через правильно вибрані матеріали, науково розроблені конструкції і методи обробки.

Формування асортиментного ряду ізолювального комплекту, який може складатися з куртки, штанів, напівкомбінезону, фартуха, рукавичок, нарукавників та інших виробів реалізовано через раціональний вибір способів і методів підвищення показників захисту, якості, надійності та ергономічності.

Запропоновано асортимент ізолювальних комплектів, які забезпечать оптимальне сполучення захисної функції і умов комфортності праці (рис. 4.4).

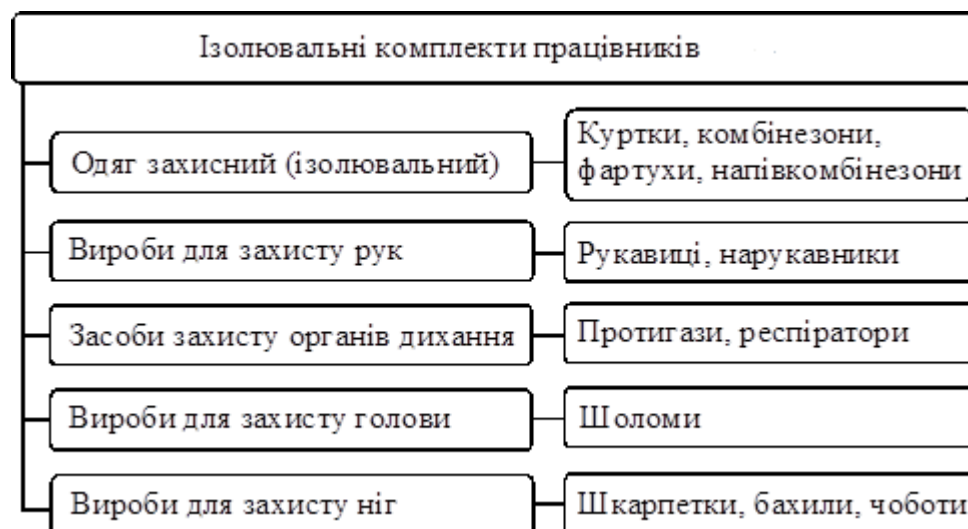


Рис. 4.4. Запропонований склад ізолювальних комплектів працівників

Невелику масу ЗО (до 1000 г) і не ускладнення рухів у ході роботи забезпечено через використання ПВХ-пластикатів завтовшки 0,10-0,15 мм, невеликою поверхневою густиною і жорсткістю.

Виявлено, що характерними конструктивними особливостями ЗО є

відсутність кишень, застібок, ременів, гудзиків та інших деталей виробів, які виступають, фурнітури зі застілками на «липучках» та клейових швів через обмежені можливості їх дезактивації. Окрім того, під час створення ЗО необхідно передбачити гладку поверхню матеріалу і конструкцію, яка сприяє стіканню рідких радіоактивних речовин з поверхні.

Для підвищення зручності та швидкості одягання та знімання виробів з урахуванням характерних рухів та поз працівника, слід передбачити центральну бортову застібку, пати, куліси, бретелі тощо. Для уникнення опромінення та інших професійних травм і захворювань, зовнішня поверхня матеріалу не контактує зі шкірою працівника, чому буде сприяти стягнутий низ штанів і рукав з регулюванням їх ступеня прилягання та застібка на зав'язки. Дезактивація ЗІЗ, виготовлених з ПВХ-пластикатів, може відбуватися за температури (45...55) °С з подальшим збереженням у приміщеннях за температури (3...15) °С. Перелік заходів, які розглянуто з відповідними параметрами замінних елементів, наведено у табл. 4.8

Таблиця 4.8

Перелік заходів до оптимізації ізолювального комплекту

Найменування змінних елементів	Умовні позначення	Показники елементів	
		Додаткова вартість ΔC , %	Маса m , г
Конструктивні елементи:			
n -шарові вставки з матеріалів	B_n ($n = 1, 2, 3$)	30,0	380...550
фурнітура	Φ	5,0	100
обтюратори штанів	O1	3,0	50
обтюратори рукавів	O2	2,5	50
вентиляційний отвір	BO	15,0	10
Додаткові елементи:			
нарукавники	H1	7,50	1200
наколінники	H2	8,50	350
напульсники	H3	2,0	250
бахили	B	12,0	1500
рукавички	P	11,0	120
фартух	F	25,0	1700
Технологія виготовлення швів:			
шов машинний подвійний	Ш1	15,0	
шов зварний типу накладний	Ш2	10,0	
шов зварний типу подвійний	Ш3	10,0	

Маємо дискретну послідовність окремих технічних засобів і технологічних заходів, які дають змогу підвищити коефіцієнт захисту і сприяти створенню безпечних і комфортних умов. Відповідно усі заходи з

удосконалення виробів призводять до зростання вартості ΔC_i і маси Δm виробу

Для формалізації процедури підготовки розрахункових схем запроваджено позначення змінних керування X_i , характеристики яких наведено в табл. 4.8.

$$\begin{aligned} X1 &:= Ш1 \vee Ш2 \vee Ш3; & X2 &:= B_1 \vee B_2 \vee B_3; \\ X3 &:= BO \wedge (B_n \vee F); & X4 &:= H1 \vee P; & X5 &:= H2 \vee B; \\ X6 &:= O1 \wedge B; & X7 &:= H1 \wedge (H3 \vee O2) \wedge P; & X8 &:= \Phi. \end{aligned} \quad (4.21)$$

Задачу вибору багатошарового пакету ізолювального комплексу сформульовано як оптимізаційну і вирішено через знаходження місць впровадження додаткових шарів матеріалу і додаткових виробів до ЗО.

4.3.2. Вибір оптимального складу та конструкції

Задачу структурної оптимізації ізолювального комплексу, призначеного для захисту від α - і β -випромінювань, вирішено у такій постановці: під час проектування ізолювального комплексу, який складається з n модулів, забезпечити коефіцієнт захисту від β -випромінювань не менше заданого $K_{зд}$ за мінімально можливої маси m_v виробу загалом.

$$\min [m_B(x_1 \dots x_n)] / [K_3(x_1 \dots x_n) \geq K_{зд}].$$

Процес оптимізації здійснюється через вибір обсягів і черговості заміни конструктивних і додаткових елементів, які дають змогу поліпшити виріб. Наприклад, для ізолювального ЗО це додаткові вставки, шари матеріалу або додаткові вироби на ділянках, які потребують підвищеного захисту або на ділянках з механічним навантаженням і підвищеним зношенням. Обмеження формуємо за кількістю додаткових шарів матеріалу у модулі, за загальною масою та вартістю виробів. Тобто задача формулюється так: максимізувати цільову функцію коефіцієнту захисту від β -випромінювань виробу, який з урахуванням залежностей (3.3), запишемо у вигляді:

$$K_{з\beta} = 0,153 \frac{\sum_{i=1}^9 n_i \cdot w_i \cdot S_{Mi}}{S_{\Pi}} + 0,451 \rightarrow \max \quad (4.22)$$

де S_{Mi} – площа модуля i -тої зони, см^2 ; n_i , – кількість шарів у модулі; w_i – ваговий коефіцієнт; i – кількість модулів, $i = 1, 2 \dots 9$; S_{Π} – загальна поверхня виробу.

За наявності обмежень:

– за масою

$$F(m) : m \in \left[\sum_{i=1}^9 m_{Mi} \leq m_{\text{доп}} \right], \quad (4.23)$$

де m_i – маса окремого модулю у i -тій зоні, г; $m_{\text{доп}}$ – допустима маса комплексу. Максимальна маса комплексу становить 3 кг;

– за кількістю шарів в окремих модулях

$$F(n): n \in [n \leq 2 \dots k] \quad (4.24)$$

де n – кількість шарів матеріалу в окремому модулі. Кількість шарів в окремих модулях з технологічних умов не може перевищувати три шари;

– за вартістю

$$F(C): C \in \left[\left(\sum_{i=1}^9 C_{mi} + C_j \right) \leq C_{\text{доп}} \right], \quad (4.25)$$

де C_{mi} – вартість i -го модуля; C_j – вартість додаткових елементів; $C_{\text{доп}}$ – допустима вартість комплексу, яка визначається з маркетингових умов.

Головний критерій оптимального варіанта побудови моделі – забезпечення потрібного рівня захисту за обмеженням загальної маси комплексу. Як критерій оптимізації KR вибрано співвідношення

$$KR = \min \left\{ \left(\frac{m_{j+1} - m_j}{K_{3д} - K_{3j}} \right) \right\} = \left\{ \frac{\Delta m_j}{\Delta K_{3j}} \right\}, \quad (4.26)$$

де $K_{3д}$ – коефіцієнт захисту, якій потрібно досягти відповідно до технічного завдання на розробку; K_{3j} – коефіцієнт захисту за j -го кроку оптимізації; ΔK_3 – приріст коефіцієнта захисту; m_j – маса комплексу за j -го шагу оптимізації; Δm – приріст маси.

Комплексний критерій оптимізації реагує на зміну рівня захисту і збільшення маси у результаті встановлення або додаткових шарів захисного матеріалу або впровадження додаткових виробів.

Структуризація заходів з використанням логічних функцій дала змогу сформувати матрицю: в рядку вказано можливі заходи, а у стовбцях – площі зон з довірчим інтервалом (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Структурно-логічна матриця для ізолювального комплексу

Перелік заходів	Номер зони та площа зони S_i , 10^{-2} м ² .								
	31 10,5± 0,4	32 0,26 ±0,01	33 2,4± 0,09	34 1,45 ±0,06	35 4,2± 0,16	36 2,3± 0,16	37 1,74 ±0,1	38 3,6± 0,25	39 4,0± 0,23
Додатков і шари матеріалу	X2	X2	X3	X2	X3	X3	X2	X3	X2
Посилена фурнітура		X2v X8	X3v X8	X8					
Обтюрація	X8						X4v X7	X5	X6
Види швів	X1	X1	X1	X1	X1	X1	X1	X1	X1

У першому стовпчику вказано перелік можливих способів підвищення захисних властивостей, а саме:

- встановлення додаткового шару ПВХ-пластикату у зоні голови, шиї, частини тулуба спереду, у нижній частині живота та паховій складці;
- посилення фурнітури через заміну відкритої застібки на гудзики на застібку типу «блискавка» або заміна застібки типу «блискавка» на модель з покращеними фізико-механічними властивостями або додатковий поверхневий шар матеріалу за довжиною застібки.
- впровадження обтюраторії з гумової резинки на каптурі, рукавах комбінезону та з низу штанів або одночасне використання ізолювального ЗО і бахил;
- використання додаткових виробів: нарукавників, наколінників, бахилів, рукавичок, напульсників;
- вибір типу швів під час з'єднання окремих модулів виробу.

Розробка конструкції захисних виробів відбувається на підставі технічного завдання, де замовник вказує головні вимоги до виробу, а саме потрібний коефіцієнт захисту, масу і вартість виробі. Такі данні використано як початкову інформацію в оптимізаційному розрахунку (нульовий крок). Змінні керування задані як дискретні послідовності (див. табл. 4.8). На подальших кроках оптимізації за критерієм (4.26) визначаємо найефективніший засіб, який після перегляду всіх можливих модулів для його установки, фіксуємо. Визначаємо відповідний приріст коефіцієнту захисту ΔK_z і маси Δm . Процес триває доти, доки не буде розглянуто всі засоби з вихідної послідовності. Обмеження за загальною масою і вартістю виробу можуть спричинити передчасне закінчення розрахунку у разі досягнення граничних значень. У результаті оптимізаційного розрахунку отримуємо впорядковану низку заходів з підвищення коефіцієнту захисту та за кожним кроком прирощення матеріаломісткості, маси і вартості виробу.

Результати, отримані у процесі оптимізаційного розрахунку, реалізовано у конструктивно-технологічній розробці. Структурна оптимізація визначила технологію виготовлення ЗІЗ методом СВЧ-зварюванням з використанням подвійних швів, запровадження посиленої обтюраторії у 35, 36 і 38, використання подвійної застібки і фурнітури у 33, впровадження додаткових шарів захисного матеріалу у 1–3 зонах, використання у комплекті нарукавників, бахилів і фартуха, встановлення вентиляційних отворів у 36. Послідовність впровадження визначених заходів за їх ефективністю наведено на рис. 4.5.

Запропонований метод реалізовано у вигляді комп'ютерного алгоритму та отримано такі результати: коефіцієнт захисту комплекту від β -випромінювань збільшився і становить 0,9...1 залежно від виду випромінювань; коефіцієнт захисту від α -випромінювань становить 1; зростання коефіцієнтів захисту призвело до збільшення маси комплекту на 56 % порівняно з початковою (до 1800 г); вартість комплекту збільшилася на 80 %.

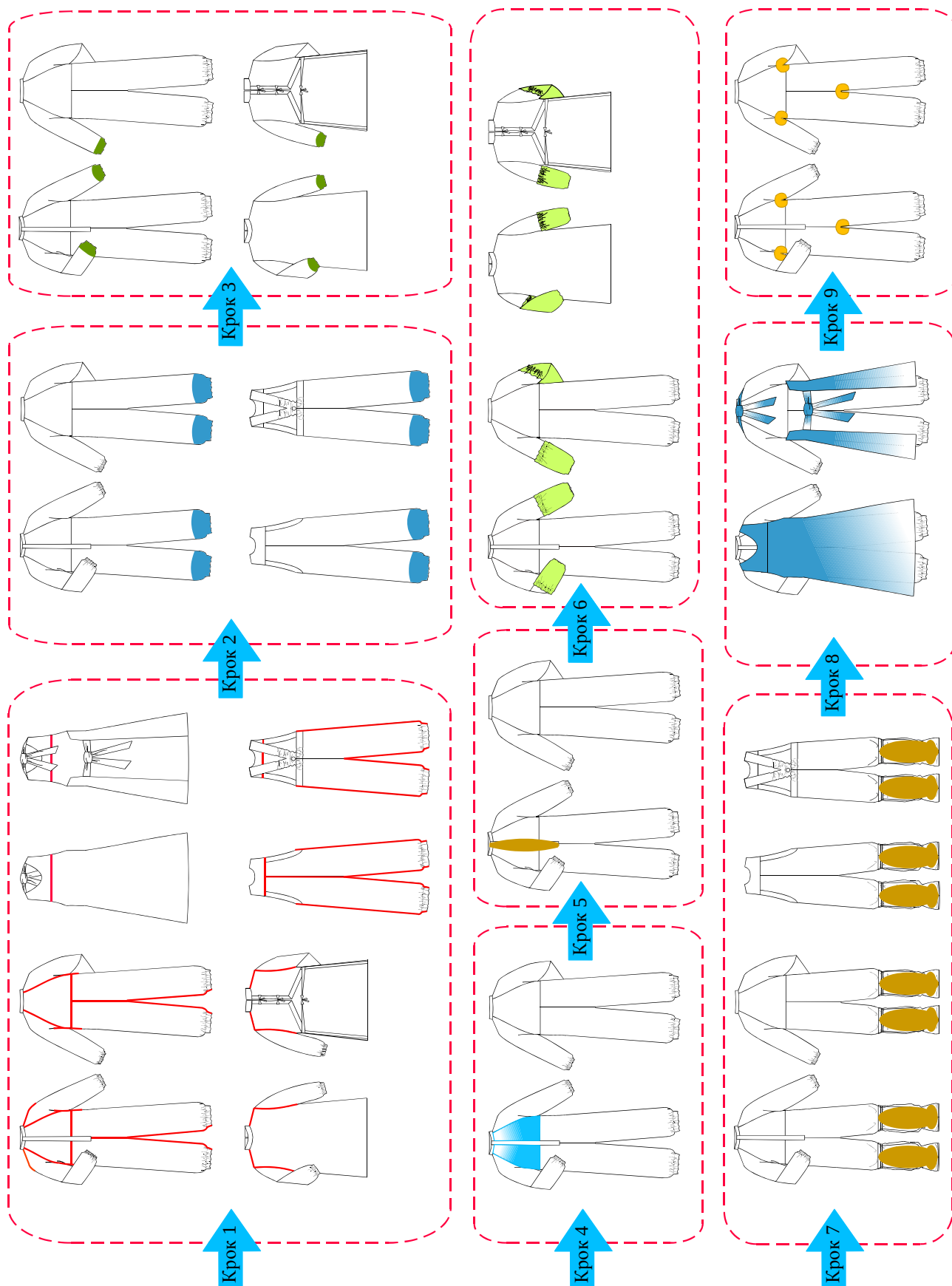


Рис. 4.5. Покрокова реалізація оптимізаційного розрахунку

4.5 Структурна оптимізація фільтрувального комплекту

Основна мета розробки фільтрувальних комплектів, виготовлених зі спеціальних матеріалів, це забезпечення задовільного тепломасообміну між працівником і виробничим середовищем упродовж здійснення довготривалих безперервних робіт, в яких виникає необхідність у практичній діяльності, а особливо у ситуаціях втручання в період подолання наслідків радіоактивного забруднення робочої зони АЕС і прилеглих територій.

За результатами контрольних випробувань можна рекомендувати для виготовлення фільтрувального одягу багаторазового використання композиційні текстильні матеріали (кодове позначення Ф1, Ф2) Маса фільтрувального комплекту до 3000 г та обмеження додаткових електростатичних ризиків можна забезпечити у ході оптимізації проектної розробки з урахуванням того, що вибрані матеріали мають невелику поверхневу густину і жорсткість (див. табл. 3.16, 3.17).

Фільтрувальний ЗО можна виготовляти на швейному устаткуванні у вигляді костюму або комбінезону. Відсутність кишень, застібок, ременів та інших виступаючих деталей унеможливорює зачеплення працівника за рухомі частини устаткування. Зручність і швидкість одягання та знімання виробів мають забезпечувати центральні бортові застібки, пати, куліси, бретелі, які проектують з урахуванням характерних рухів та робочих позицій працівників. Для регулювання ширини низу штанів на ділянці щиколотки застосовують пуфти, манжети, напульсники, зав'язки, еластичні тасьма (рис. 4.6).

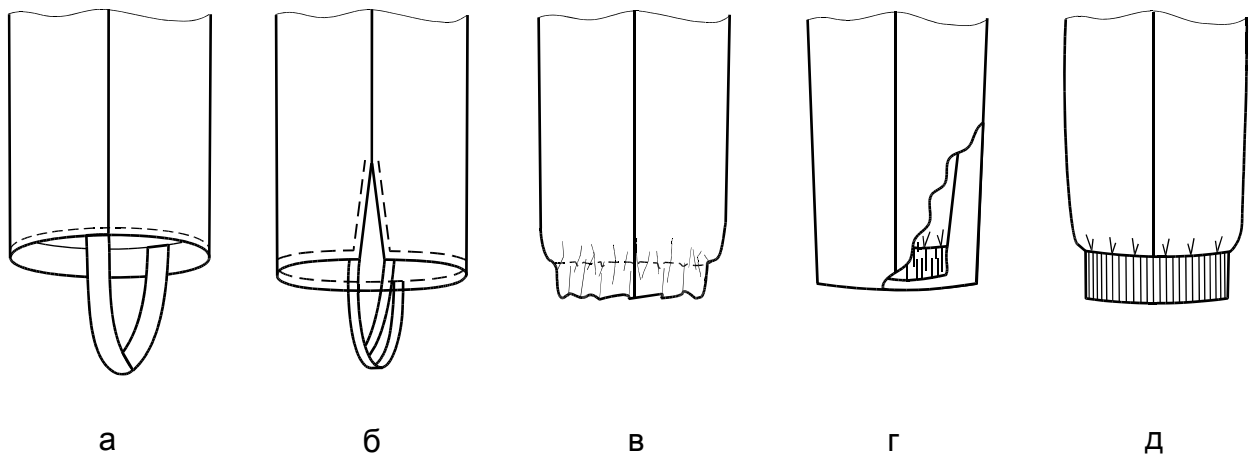


Рис. 4.6. Оформлення низу штанів: а, б – зі стрипкою; в – з еластичною тасьмою; г – з напульсником; д – з манжетою.

Різновиди фільтрувального ЗО складаються з комбінезону, куртки, штанів, напівкомбінезонів, яку використовують у комплекті ЗІЗ рук, ніг, голови, ЗІЗОД (рис. 4.7).

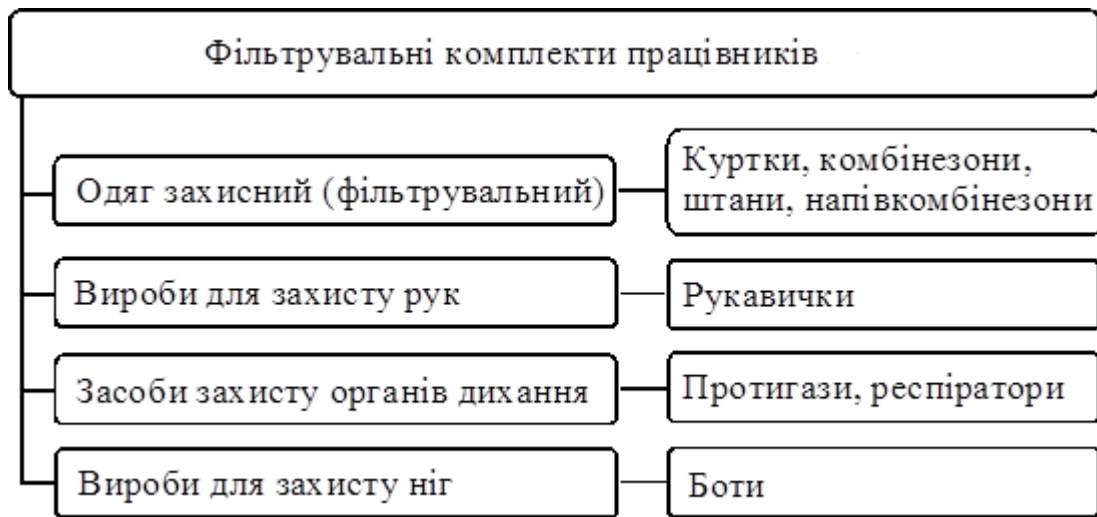


Рис. 4.7. Запропонований склад фільтрувальних комплектів.

Конструкцією комбінезонів і курток передбачено каптури з щільним приляганням до обличчя, що дає можливість у разі потреби використовувати ЗІЗОД.

Для очищення фільтрувальних матеріалів передбачено режим прання за температури 60 °С, з подальшим збереженням у щільному пакуванні за температури від -10 °С до 30 °С.

Фільтрувальні матеріали є кошковими, тому задачу структурної оптимізації фільтрувального комплекту, призначеного до роботи в умовах радіоактивного, хімічного або біологічного забруднення територій, вирішено у такій постановці: під час проектування комплекту, який складається з n модулів, забезпечити показники захисту не менше заданих K_{30} за мінімально можливої вартості виробу C_3 загалом:

$$\min[C_3(x_1 \dots x_n)] / [K_3(x_1 \dots x_n) \geq K_{30}].$$

Задача формулюється так: мінімізувати цільову функцію загальної вартості виробу за наявності обмежень за масою та коефіцієнтом захисту.

$$F(C) = \sum_{i=1} C_i + \sum_{j=1} C_j + \sum_{r=1} C_r \rightarrow \min;$$

де C_i – вартість матеріалу i -го модулю; C_j – вартість додаткових елементів; C_r – вартість резервних елементів.

Критерій оптимізації KR представляємо у вигляді дробу: в чисельнику записуємо зміни витрат, а в знаменнику – зміну коефіцієнту захисту.

$$KR = \min \left\{ \left(\frac{C_{j+1} - C_j}{K_{зд} - K_{зj}} \right) \right\} = \left\{ \frac{\Delta C_j \cdot C_6}{\Delta K_{зj}} \right\}, \quad (4.27)$$

де C_j , C_{j+1} – витрати на додатковий елемент за кожним j -тим кроком оптимізації; C_6 – вартість базового виробу; ΔC_j , $\Delta K_{зj}$ – нарощування вартості і збільшення коефіцієнта захисту за кожним j -тим кроком оптимізації. Зміни коефіцієнта захисту визначено за формулою (3.5).

За результатами структурної оптимізації фільтрувального комплексу отримано такий перелік можливих способів підвищення захисних властивостей, а саме:

- встановлення додаткового захисту голови (зона 1) у вигляді каптура;
- використання машинних подвійних швів з подальшою їх герметизацією тасьмою;
- посилення фурнітури через заміну відкритої застібки на гудзики на застібку типу «блискавка» з додатковим поверхневим шаром матеріалу за довжиною застібки;
- впровадження обтюрації з гумової резинки на каптурі, рукавах куртки та з низу штанів.

Впровадження вказаних заходів підвищило коефіцієнт захисту на 23 % за підвищенні вартості фільтрувального ЗО на 15 % порівняно з базовою.

Питання для самоперевірки

1. Як проводиться процедура підготовки вихідних даних для оптимізаційних розрахунків?
2. Для чого потрібні структурно-логічні матриці?
3. Сутність комплексного підходу до постановки завдань щодо оптимізації конструкції захисного одягу
4. Розкрийте сутність методу структурної оптимізації конструкцій ЗІЗ
5. Як забезпечити максимальний коефіцієнт захисту ЗІЗ за спектром показників
6. Як провести вибір оптимальних заходів щодо підвищення коефіцієнта захисту
7. Розкрийте алгоритм комплексної оптимізації радіаційнозахисного комплексу за критерієм максимізації коефіцієнта захисту
8. Вкажіть способи підвищення захисних властивостей ЗІЗ
9. Як забезпечити вибір оптимального складу конструкції ЗІЗ
10. Чим забезпечується високі захисні властивості ЗІЗ?

РОЗДІЛ 5

ПРАКТИЧНА РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПЛЕКТІВ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Перелік умінь, які фахівець з вищою освітою повинен набути в результаті засвоєння інформації, викладеної в п'ятому розділі навчального посібника.

Фахівець повинен набути практичних навичок у розробці комплектів ЗІЗ які відповідають умовам експлуатації та стандартизованим комплексним вимогам. Для цього потрібно уміти

- обґрунтовати вибір асортименту виробів для формування структури ізолювальних і фільтрувальних комплектів;
- визначати різновиди ЗІЗ;
- розробляти конструктивно-технологічних рішення щодо фільтрувальних та ізолювальних ЗІЗ.

5.1. Розробка конструктивно-технологічних рішень ізолювальних комплектів для захисту працівників

Ізолювальні комплекти ЗІЗ призначено для робіт з рідкими і сухими радіоактивними та хімічними відходами, в умовах впливу пилу та аерозолів.

5.1.1. Вибір різновидів та конструктивних рішень для захисного одягу

Запропоновано ізолювальний ЗО для щоденних і регламентних робіт розробляти двох видів – разового і багаторазового використання. Безперечною перевагою одягу разового використання є можливість відмови від його дезактивації після закінчення робіт, що дає змогу суттєво зменшити кількість небезпечних відходів .

Ізолювальний ЗО разового використання, виготовлений з матеріалів з кодовим позначенням В4, ПЗ або П4, використовують у комплекті з разовим протипиловим респіратором, з разовими рукавичками, півбахилами або панчохами з ПВХ-пластикату (матеріали з кодовим позначенням В2, В3).

Ізолювальний ЗО багаторазового використання виготовлено з матеріалу з кодовим позначенням В1. Використовують у комплекті з фільтрувальним респіратором, універсальними рукавичками або з рукавицями з ПВХ-пластикату (матеріал з кодовим позначенням В4), бахилами з ПВХ-пластикату (матеріали з кодовим позначенням В2, В3), які забезпечують надійний захист під час роботи в приміщеннях з підвищеним рівнем вологості.

Подальший процес розробки реалізовано з урахуванням таких вимог щодо призначення та цільової спрямованості, а саме

- носіння в шкідливих умовах;
- вікова група працівників становить 30...55 років;

- розмірно-зростова та повнотна групи відповідають другій групі, тип жирівідкладень – рівномірний;
- вироби є всесезонними;
- можливий термін безперервного використання ізолювальних комплектів становить до 240 хвилин;
- температура виробничого середовища від -10°C до +30°C;
- режим використання – циклічний з можливістю дезактивації до 10 циклів;
- деформаційні та механічні навантаження в лініях швів, плечових зрізів жилету витримуються не менш як 24 години;
- вироби не обмежують вільність рухів і дихання під час роботи та переміщення;
- вироби призначено до визначеного функціонального використання.

Поліпшення теплообмінних процесів і зменшення теплових ризиків від перегріву працівників в ізолювальному ЗО досягають під час використання у пакеті з білизною та виробничим фільтрувальним одягом з бавовни.

Зазначимо, що визначальним фактором у розробці конструктивно-технологічних рішень виробів комплектів є вибір асортименту матеріалів і формування структури пакетів залежно від топографії впливу НШВЧ. На основі зонально-модульної моделі і методу структурної оптимізації встановлено раціональну комплектність виробів, виявлено їх конструктивні особливості (рис. 5.1).

Виокремлено основні конструктивні групи комплекту: ЗО для верхньої частини тіла (плечовий), ЗО для нижньої частини тіла (поясний), ЗІЗ рук, ніг, голови та органів дихання. Відповідні основні конструктивні категорії такі: куртки, фартухи, комбінезони, напівкомбінезони, штани, рукавички, нарукавники, бахили, півбахили, панчохи, каптури, респіратори разового і багаторазового використання.

Вироби ізолювальних ЗО мають прямий силует з помірною об'ємною формою, мінімальну кількість членувань. До конструктивних особливостей належить крій одношовного рукава – вшивний і “реглан”, що дає можливість вільно рухатися працівнику, особливо під час виконання роботи в обмеженому просторі. З метою мінімізації ризику забруднення працівника та зручності під час одягання та знімання виробів застосовано центральну відкриту та закриту застібки на тасьму-блискавку і зав'язки (рис. 5.2).

Запропоновано різновиди комплектів разового ізолювального ЗО, які складаються з куртки та штанів або комбінезону. Комбінезон разового використання виготовлено з матеріалу з кодованим позначенням П4. Виріб прямого силуету зі суцільнокроєним одношовним рукавом і центральною бортовою застібкою-блискавкою. Низ рукавів і штанів комбінезона оброблено еластичною тасьмою.

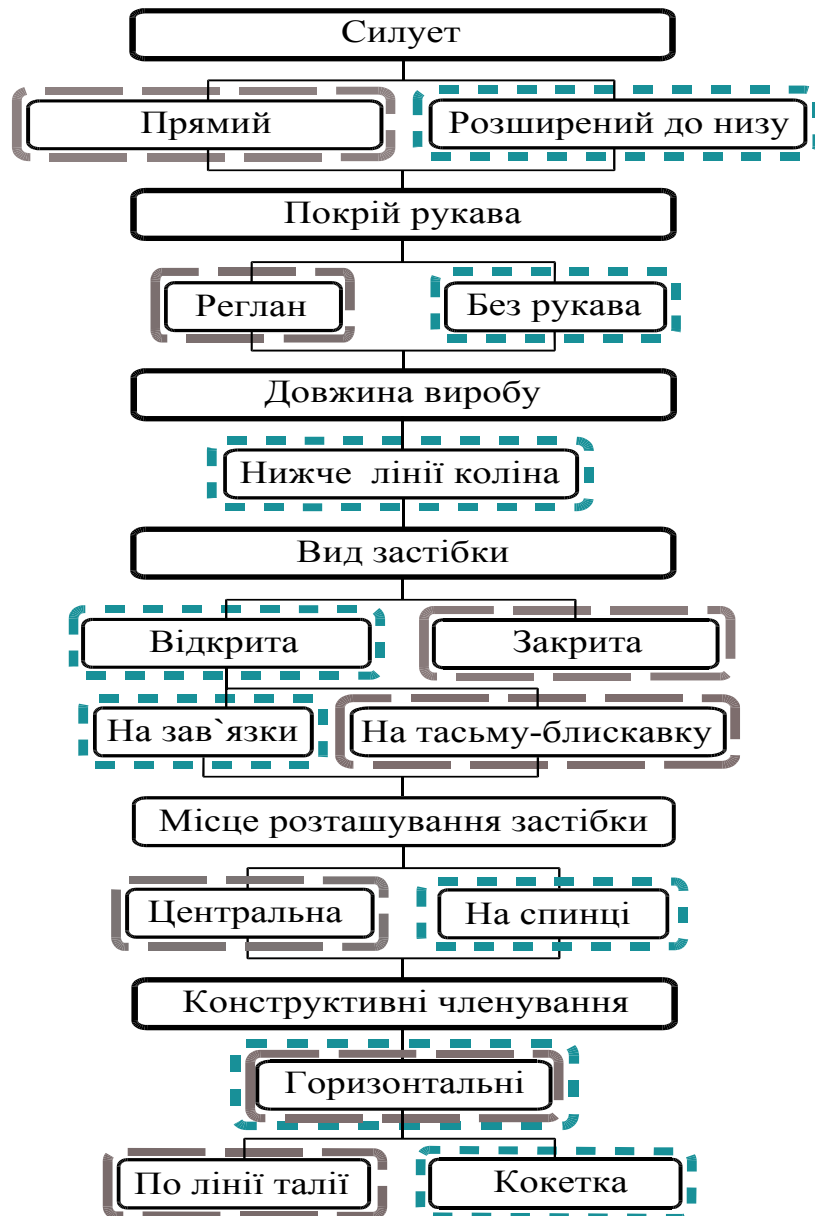


Рис. 5.1. Структурна схема конструктивного рішення плечових виробів ізолювального комплекту.

В іншій конструкції комбінезону разового використання передню частину виробу виготовлено з матеріалу з кодованим позначенням ПЗ з поверхневою густиною 60 г/м^2 , спинку виробу – з матеріалу П2 з поверхневою густиною 42 г/м^2 , що покращує відведення тепла від тіла працівника. Комбінезон прямого силуету з коміром-стояком, вшивним одношовним рукавом, відрізний на лінії талії з відкидними задніми половинками і поясом, який зав'язується спереду. Низ рукав і штанів стягнуто на еластичну тасьму. У паховій ділянці та в ділянці щитоподібної залози передбачено подвійний шар тканини. На пілочках розташовано накладні кишені, які мають застібки на тасьму-блискавку.

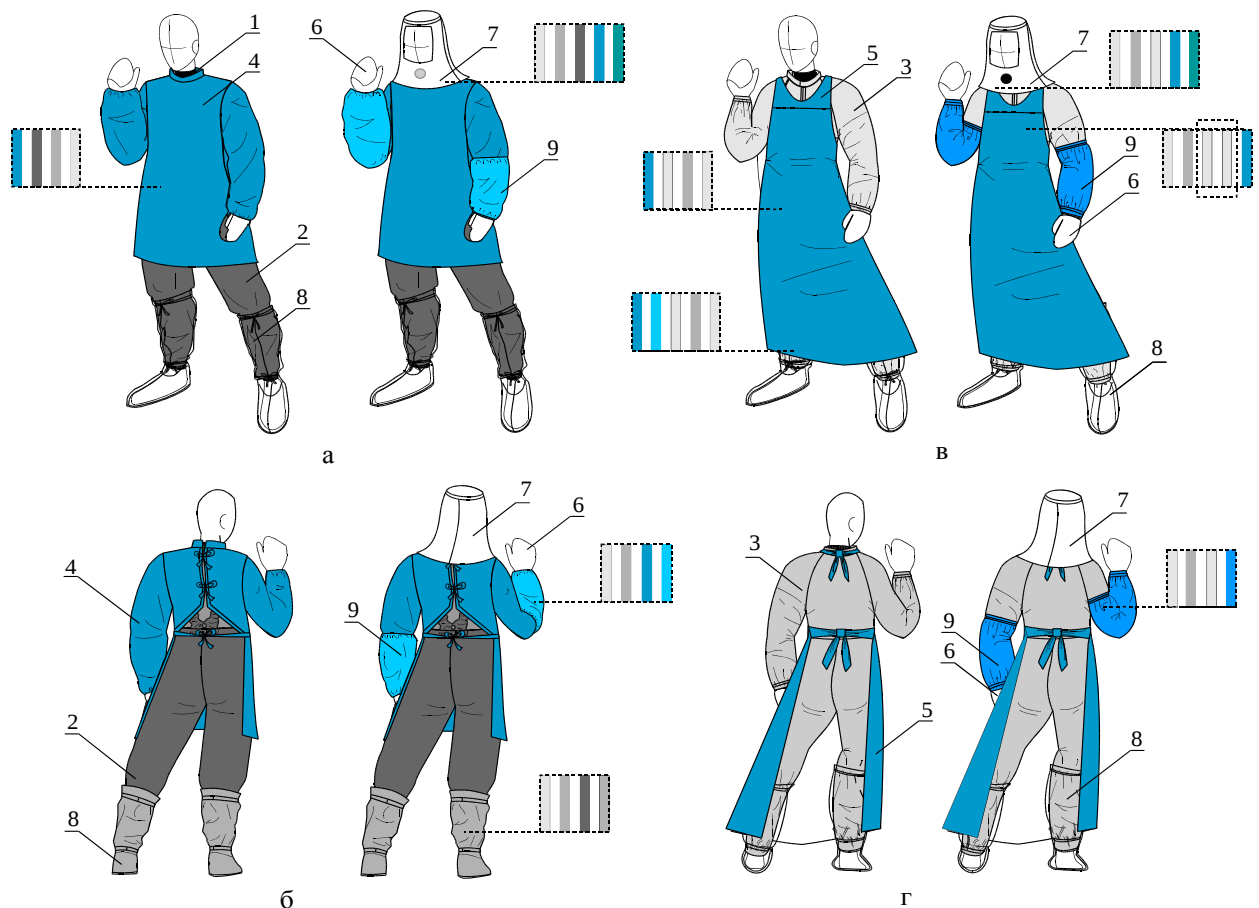


Рис. 5.2. Проектно-конструктивні рішення виробів ізолювальних комплектів спереду (а, в) та ззаду (б, г) із зональним розташуванням пакетів: 1 – виробничий одяг; 2 – напівкомбінезони; 3 – комбінезон; 4 – куртка; 5 – фартух; 6 – рукавиці; 7 – каптур; 8 – бахили; 9 – нарукавники.

Також розроблено костюм разового використання, який складається з куртки та штанів, і виготовлено з матеріалу з кодованим позначенням ПЗ. Куртка довжиною нижче лінії стегон, з каптуром, який вшито на еластичній тасьмі, з низу рукав на ділянці зап'ястя застосовано еластичну тасьму. Зручність та швидкість одягання і знімання виробів забезпечує центральна бортова застібка на тасьму-блискавку. На пілочках передбачено додатковий шар матеріалу з кодованим позначенням В1. Для регулювання ширини низу штанів на ділянці щиколотки застосовано еластичну тасьму. Передні частини штанів посилено подвійним шаром матеріалу.

Запропоновано комплекти ізолювального одягу багаторазового використання, які складаються з куртки, напівкомбінезону або штанів та фартуху. Враховано сумісність з іншими виробами, призначеними для спільного використання: для захисту рук, ніг, голови і органів дихання.

Куртка має горизонтальні членування по лінії талії та складається з верхньої та нижньої частин передніх та задніх половин. Комір куртки – вшивний стояк; каптур з козирком, що захищає від потрапляння крапель на обличчя.

Напівкомбінезон має суцільнокроєний нагрудник та бретелі з еластичною тасьмою для фіксування положення виробу щодо тіла людини,

обтюрація низу штанів і рукав регулює ширину виробу по низу рукавів і штанів. Костюми характеризуються більш високими показниками матеріалоемності та трудомісткості порівняно з комбінезонами, але мають кращі ергономічні властивості. Унеможливлення потрапляння рідких РАВ, пилу та аерозолів у підодяговий простір забезпечує обтюрація низу штанів і рукав, а також відсутність бічних швів у напівкомбінезоні.

Фартух виготовлено для захисту передньої і бічних частин виробничого одягу працівника і має кокетку з двох шарів матеріалу. Коефіцієнт дезактивації ЗО багаторазового використання не менше восьми за температури дезактивації 40...60 °С.

Для захисту рук розроблено двопалі рукавиці з ПВХ-пластикату (матеріал В4) і нарукавники (матеріал В1). Для робіт з рідкими РАВ запропоновано використання рукавичок універсальних (фірма OZON), які виконано з натурального латексу. Рукавички м'які й зручні, завтовшки 0,4 мм, щільно облягають руку при довжині 305 мм і мають високу міцність на розтягання. Нижній бік рукавичок з рифленням (у вигляді риб'ячої луски або гранул) забезпечує їх надійне пристосування для різних видів робіт. Внутрішній бік – з бавовни зі спеціальною обробкою для зменшення ризику алергійної реакції.

Запобіганню виникнення додаткових ризиків у процесі експлуатації ЗО сприяє ступінь перекриття різних виробів, а саме: верхньої частини напівкомбінезону і куртки, низу рукавів і нарукавників, нижньої частини штанів і бахилів, опорної ділянки куртки і каптура. Маса захисного комплексу становить $(1,4 \pm 0,2)$ кілограмів. За умов виникнення надзвичайних обставин (у разі ліквідації аварій та їх наслідків) ізолювальний ЗО входить до складу спорядження швидкого застосування. Запропонований комплект можна використовувати і як разовий.

5.1.2. Розробка конструктивно-технологічних рішень для респіраторів

За умов виникнення небезпеки через забруднення повітря пилом або аерозолями з низькою концентрацією радіонуклідів передбачено можливість застосування протипилового респілятора. Фільтрувальні півмаски через їх відносну дешевизну і

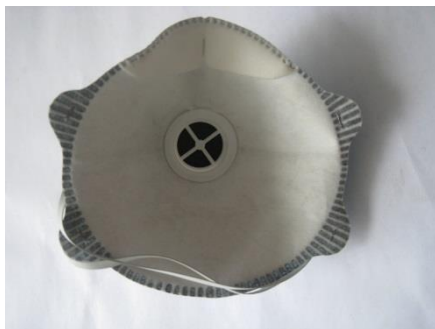


Рис. 5.3. Протипиловий респіратор класу FFP3

нескладну конструкцію мають значне розповсюдження у різних галузях промисловості. Проте їх використання пов'язане з багатьма проблемами: відсутність достатнього рівня комфорту, надійного припасування до обличчя, незначного терміну захисної дії та інші. У кожного працівника індивідуальні риси обличчя. Дуже важко розробити півмаску, яка б була зручною для всіх. В прийнятому стандарті ДСТУ EN 529

роботодавцям рекомендують надати можливість вибору працівникові відповідного захисного пристрою за допомогою процедури «перевірка на придатність».

Зрозуміло, що проблема надійного ізолювання органів дихання пов'язана з антропометричними розмірами облич. Рахується, що найбільш проблемним місцем, де частіше за все фіксуються зазори за смугою обтюрації, є область перенісся. Біля 84 % зазорів було знайдено саме в цій області (біля носа і щік). Найгірші результати при перевірці ЗІЗОД фіксуються при розмові (зміні міміки обличчя). Тому зараз ведеться постійних ошук нових конструктивних рішень для покращення ізолювальних властивостей півмасок

Для розробка ергономічної фільтрувальної півмаски з високими ізолювальними властивостями необхідно:

- встановити основні розміри обличчя, від яких залежать ізолювальні властивості півмасок;
- визначити критичні точки на обличчі за якими будується 3D модель півмаски;
- побудувати 3D модель півмаски.

Існує два підходи до визначення критичних точок за якими можна отримати контур еластомерної півмаски. Перший базується на значеннях таблиць Національного інституту охорони праці США (NIOSH), де вказується, що для проектування півмасок та їх перевірки найбільш вагомими розмірами висоти обличчя та довжини губ. Другий підхід запропонований Zhuang Z., який рахує, що всі розміри важливі. Він пропонує розраховувати два так звані компоненти:

PC1 (перший компонент) = $0.343264 * (\text{ширина голови у лоба}) + 0.426498 * (\text{ширина лиця}) + 0.372717 * (\text{ширина лиця за кутами нижньої щелепи}) + 0.329648 * (\text{довжина лиця}) + 0.363474 * (\text{відстань між бровами}) + 0.372241 * (\text{ширина голови}) + 0.113578 * (\text{висота носа}) + 0.301125 * (\text{ширина носа біля рота}) + 0.202311 * (\text{ширина перенісся}) + 0.193650 * (\text{довжина носа})$.

PC2 (другий компонент) = $- 0.152951 * (\text{ширина голови у лоба}) - 0.039087 * (\text{ширина лиця}) - 0.093279 * (\text{ширина лиця за кутами нижньої щелепи}) + 0.359799 * (\text{довжина лиця}) - 0.173099 * (\text{відстань між бровами}) + 0.013306 * (\text{ширина голови}) + 0.551842 * (\text{висота носа}) - 0.210833 * (\text{ширина носа біля рота}) - 0.341235 * (\text{ширина перенісся}) + 0.584261 * (\text{довжина носа})$.

Враховуючи, що ширина голови у лоба важлива для проектування повнолицевих, то вигляд критичних точок для побудови контуру півмаски має наступний вигляд. (рис. 5.4).

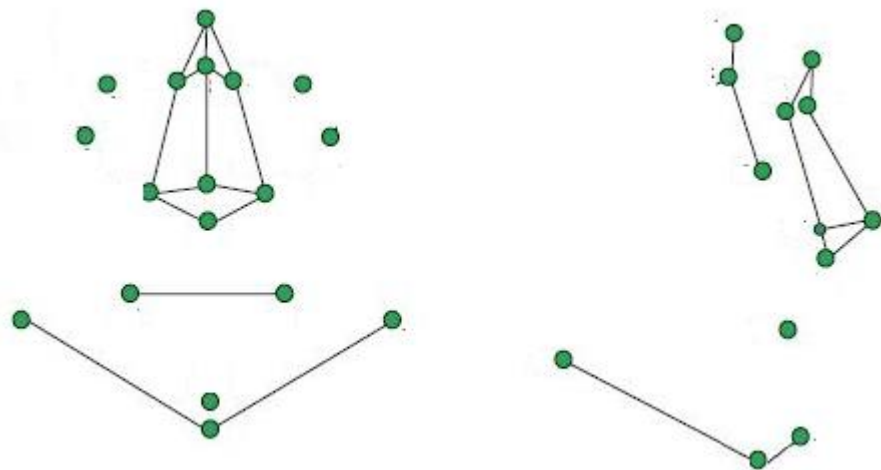


Рис. 5.4. Критичні точки для побудови контуру півмаски запропоновані Zhuang Z

Отже два побудови дизайну контуру обтюратора еластомерної півмаски розглянуто два варіанти. У першому враховували ширину обличчя, ширину носа та відстань від перенісся до підборіддя, ширина лиця за кутами нижньої щелепи. Тоді як у другому – відстань від перенісся до підборіддя, ширина носа та довжина губ. На підставі отриманих даних та осереднених результатів замірів наведених у таблиці 2 було запропоновано розміщення критичних точок для побудови смуги обтюраторії на обличчі (рис. 5.5).

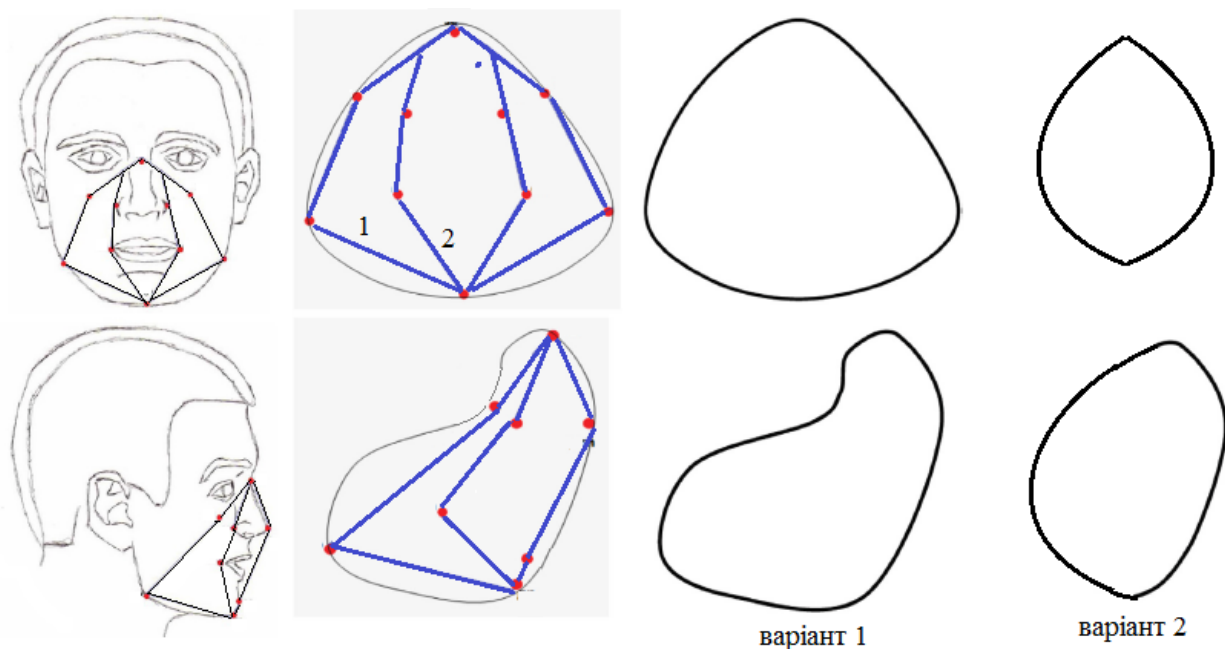


Рис. 5.5. Побудовані контури смуги обтюраторії

Основою для двох варіантів є розмір носа у верхній частині і довжина лиця. Тоді як відмінність полягає у виборі або ширини обличчя або довжини губ. Таким чином, контур обтюратора вузький у верхній частині обличчя та

розширюється до низу, щоб покрити щоки. Тим самим зменшити вплив міміки обличчя при розмові у першому варіанті. У другому - контур зосереджено навколо носа і рота. Він потребує значно меншої кількості фільтрувального матеріалу, але смугу обтіюрації в цьому випадку необхідно підсилити додатковими ущільнювачами. Форма маски була отримана на основі побудованих точок. При цьому грубі краї були згладжені, використовуючи відповідне програмне забезпечення Corel. Креслення та натурні зразки побудованих конструкцій фільтрувальних півмасок наведені на рис. 5.6.

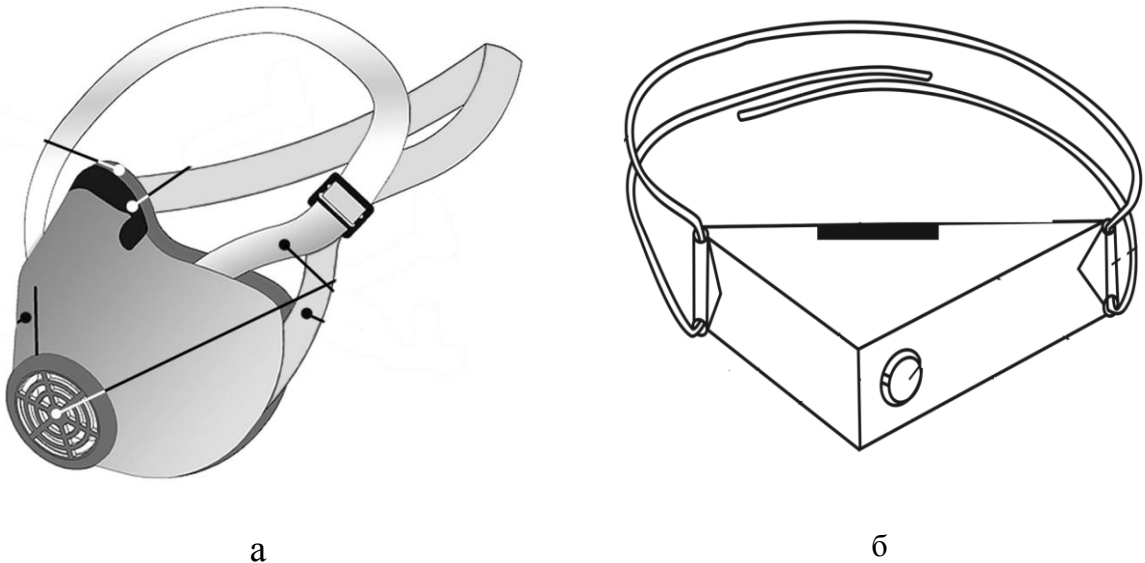


Рис. 5.6. Фільтрувальні півмаски виготовлені за варіантом 1 (а) варіантом 2 (б)

Подальші дії полягали створенні 3D моделі півмаски і поєднанні її з моделлю голови і отриманні розкрою для виготовлення натурних зразків.

Півмаска допомагає знизити імовірність забруднення від рукавичок в області рота, але не забезпечує захисту очей і не повинна застосовуватися у разі ризику забруднення шкіри. Фільтрувальні матеріали мають властивість накопичувати забруднення і через їх поверхню може проходити до 8 % часток пилу з урахуванням ефекту підсмоктування на смугі обтіюрації з обличчям, тому треба попередньо розраховувати або здійснювати контроль забруднення фільтрувальної півмаски у виробничих умовах. Респіратор зручний у використанні, має невелику вартість і призначено до використання впродовж одного робочого дня.

5.1.3. Особливості технології виготовлення

Вироби з ПВХ-пластикату виконують нескладних конструкцій, прямих силуетів, з формоутворенням за рахунок конструкції через неможливість використання волого-теплової обробки та клейових швів, які ускладнюють процес дезактивації. Також виключено з'єднання деталей нитковим способом через унеможливлення відновлення структури

матеріалу після проколу його голкою.

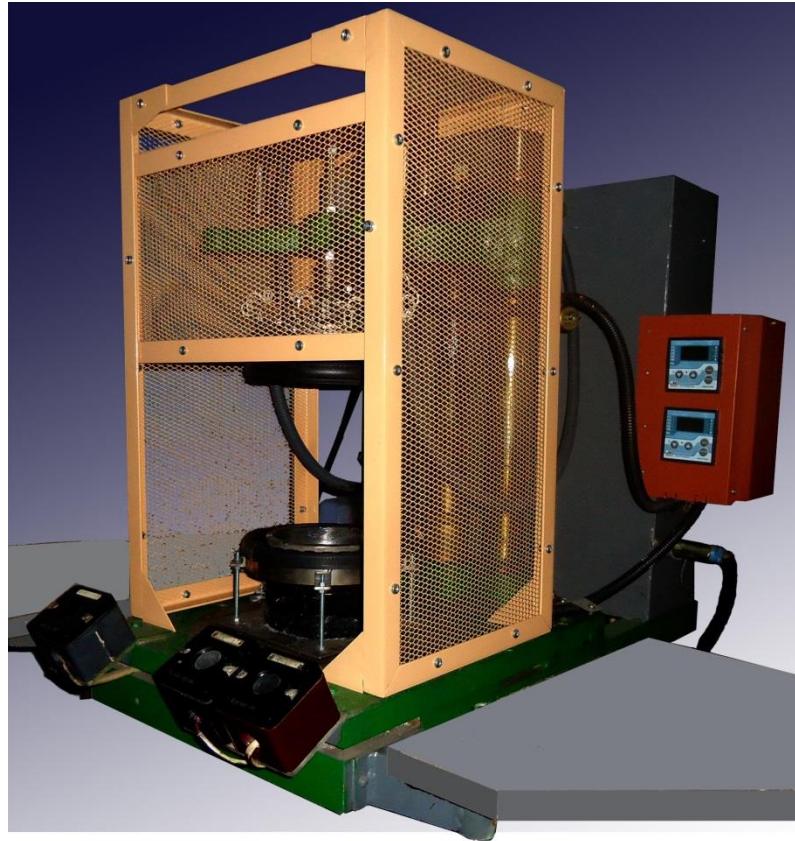
Технологією виготовлення 3О з ПВХ-пластикатів (В1, В4) вибрано СВЧ-зварювання, яке забезпечує непроникність пилу, аерозолів, рідини у підодяговий простір. Результати випробувань підтвердили, що у розроблених ПВХ-пластикатів коефіцієнт діелектричних втрат становить 0,013...0,015, що дало змогу застосувати спосіб СВЧ-зварювання. Вироби виготовляють на устаткуванні УЗП 2500. Струм зварювання і механічне навантаження залежить від товщини матеріалу і становить: матеріал В1, В4 завтовшки 0,1...0,15 мм – струм 0,5 А, механічне навантаження 6,8 кН; матеріал В2 – струм 0,65 А, навантаження 6,8 кН; матеріал В3 – струм 0,9 А, навантаження 7,3 кН. Основними перевагами високочастотного СВЧ-зварювання є: короткий час зварювання (до 5 с); відсутність різких перепадів температури, що зменшує руйнування структури матеріалу; утворення герметичного зварного шва без застосування сторонніх речовин. У виготовленні ізолювального 3О методом СВЧ-зварювання використано певні види швів (табл. 5.2). Трудомісткість виготовлення костюма становить 4 275 с, куртки – 1 920 с, півкомбінезону – 2 860 с.

Таблиця 5.2

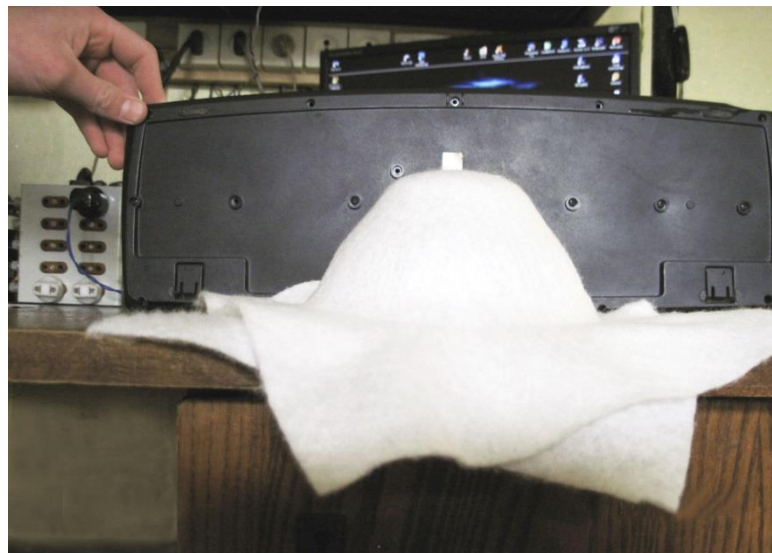
Характеристика зварних швів для виготовлення ізолювального 3О з
ПВХ-пластикату

Найменування шва	Найменування операції	Ширина зварювання шва, мм	Умове зображення шва
Зварний типу зшивний (із суміщенням зрізів)	Зшивання плечових, бокових зрізів	1,5–2	
Зварний типу накладний з відкритими зрізами	Зшивання деталей	2	
Зварний типу настрочування тасьми	Настрочування зав'язок на бахили, застібку куртки	1,5	
Зварний типу відгин з відкритим зрізом	Застрочування низу рукав, штанів, комбінезону	2	
Зварний комбінований типу настрочування обшивки на деталь	Обшивання пройми півкомбінезону обшивкою	2	
Зварний типу вшивний	Вшивання коміру у горловину	1,5	

Для формованих півмасок використовуються обладнання для термічного формування корпусу, яке включає: саму установку термічного формування корпусу півмаски (рис. 5.7 (а,б)), установку для зварювання кромки корпусу півмаски (рис. 5.8), устаткування для свердлення отворів в корпусі півмаски.



а



б

Рис. 5.7 (а,б) – Установка термічного формування корпусу півмаски:
а – експериментальна установка термічного формування корпусу півмаски, б – корпус півмаски



Рис. 5.8. Установа для зварювання кромки корпусу півмаски

Разовий ізолювальний ЗО виготовлено на промисловому швейному устаткуванні з використанням подвійного шва на штанах і бічних деталях куртки з такими характеристиками: розривальне навантаження 90 Н; повітропроникність $10 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; стійкість до багаторазового згину 100 кілоциклів.

Ізолювальний комплект захищає від сухих і рідких радіоактивних відходів, знижує рівень β -випромінювання на 92 % і α -випромінювання на 98 % в умовах впливу радіонукліду цезію ^{137}Cs .

5.2. Розробка конструктивно-технологічних рішень для ізолювальних комплектів від хімічноактивних речовин

Ізолювальні комплекти призначено для захисту від дії кислот, лугів, нафти, нафтопродуктів, пилу, води, органічних розчинників. Ізолювальний ЗО виготовлено з матеріалу з покриттям з кодованим позначенням ІВЗ. Захист забезпечено за рахунок повної ізоляції шкіряних покривів, органів дихання від навколишнього середовища. Розроблено та виготовлено різновиди ЗО залежно від місця застосування, теплоізоляції, вартості.

5.2.1. Вибір різновидів та конструктивних рішень для захисного одягу

На підставі узагальнення практичного досвіду сформовано такий асортиментний ряд ізолювального ЗО багаторазового використання: куртки, напівкомбінезони, штани. У комплекті разом із ЗО використовують фільтрувальний респіратор, рукавички та взуття (бахили, півбахили, панчохи, гамаши).

Одна з головних вимог, які висувають до ЗО від хімічноактивних речовин, – створення відповідної конструкції, яка забезпечувала б скочування рідких хімічних речовин з поверхні одягу (відсутність відкритих кишень, застібок).

Враховуючи характер основних рухів працівника (нахили тулуба вперед, підняття рук та ін.) і топографію ділянок найбільшого навантаження, куртки, напівкомбінезон, штани запроектовано прямого силуету з помірною об'ємною формою, вшивний одношовний рукав, центральну бортову застібку, мінімальну кількість членувань (рис. 5.9).

Під час проектування враховано певні вимоги, пов'язані з особливостями робіт на АЕС: матеріал є хімічно неактивний, водонепроникний і вогнебезпечний; складники костюма зручні в носінні (гарна формостійкість); легке одягання і роздягання (спеціальна конструкція застібок); мінімізація ризику порушення процесів тепломасообміну (збільшено прибавки на вільне облягання та можливість носіння з білизняним і виробничим одягом з бавовни).

Передбачено подвійну застібку куртки і гульфіка півкомбінезона – верхній шар з накладок утворює обтюрацію для більшої герметизації. Унеможливлення потрапляння рідких хімічноактивних речовин у підодяговий простір забезпечує стягнутий еластичною тасьмою низ штанів, що також дає можливість регулювати ширину виробу. Низ рукавів має обтюрацію (напульсник або вшивний напульсник), що запобігає проникненню води під рукав; посилено шви за рахунок використання внутрішньої термострічки.

Виявлення місць найінтенсивнішого зношення здійснено через обстеження ЗО після використання впродовж трьох місяців. Встановлено, що найбільшому зносу підлягають: зона колін, зона застібки, низ рукавів, кроковий шов. Для підвищення рівня надійності і захисту, на відміну від наявних моделей, впроваджено: конструкція підсилювальних накладок на ліктях і колінах, що дає змогу максимально захистити ці ділянки; посилений захист грудної клітки за допомогою нагрудної кишені з клапаном, яка запобігає проникненню рідини всередину; комір-стіжку для забезпечення щільності прилягання. Для більшого захисту від проникнення шкідливих речовин у ділянці шиї застібку подовжено на комір-стіжку.

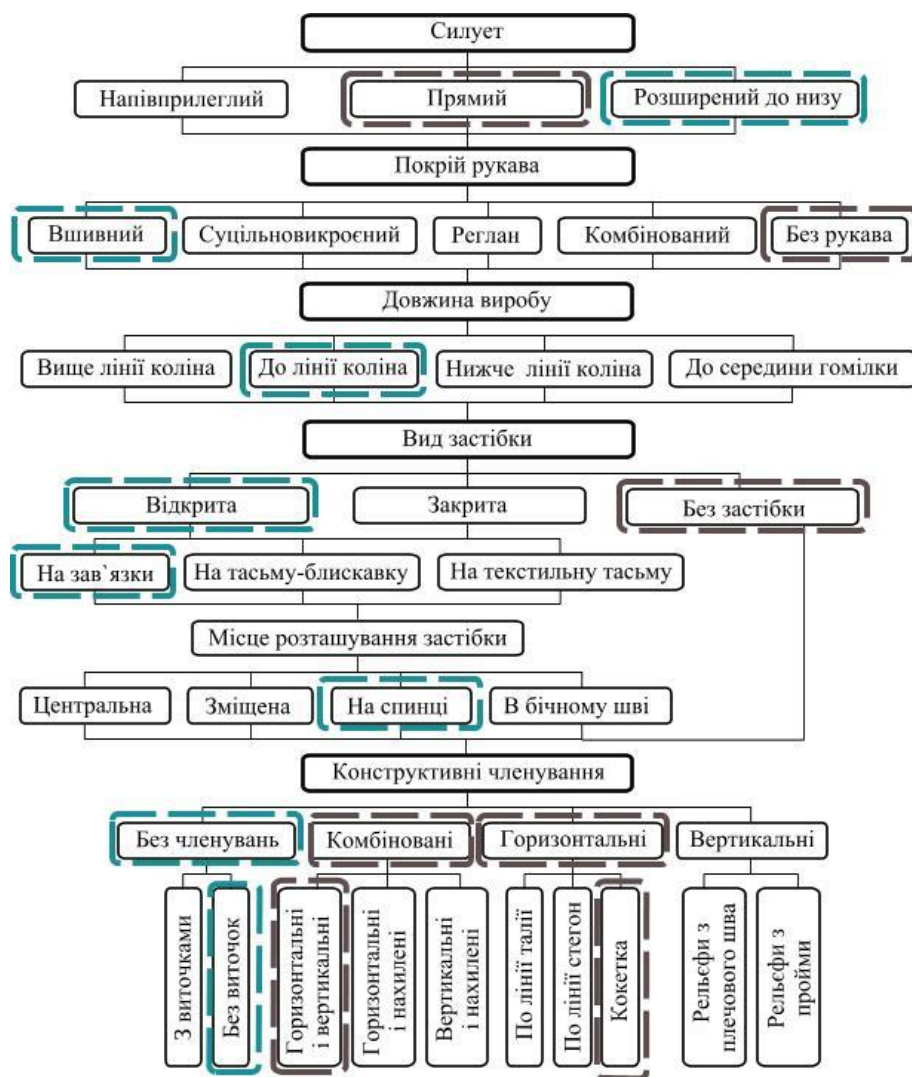


Рис. 5.9. Структурна схема конструктивного рішення плечових виробів ізолювального комплекту

У конструкції забезпечення задовільного теплообмінного процесу працівника із зовнішнім середовищем і збільшення терміну безперервної роботи реалізовано через вентиляцію підкостюмного простору в ділянці пройми рукава. Запропоновано в жіночому варіанті використовувати додаткову вентиляцію в середньому шві спинки через тасьму “блискавку”, яку зашивають мембранною тканиною. Така конструкція пропускає повітря з-під костюмного простору та унеможливорює потрапляння шкідливих випарів всередину.

ЗО підлягає очищенню у разі забруднення мильним розчином, коефіцієнт очищення не менше восьми за температури 40...50 °С.

Враховано сумісність ЗО з іншими виробами, призначеними для спільного використання: для захисту рук – рукавички; ніг – бахили, півбахили, панчохи, гамаші; голови та органів дихання – фільтрувальний каптур.

Роботи з розчинами хімічноактивних речовин запропоновано здійснювати з використанням одного з трьох типів рукавичок (фірма

OZON). Рукавички першого типу виконано з нітрилу завтовшки 0,28–0,38–0,56 мм і призначені для робіт у вологому середовищі та з такими хімічними речовинами як органічний спирт, бензол, бутаном, формальдегід, фреон, хідроцина 65 тощо. Зручні і довговічні в експлуатації через поєднання механічної міцності при довжині 330–380–455 мм і хімічної стійкості, втричі міцніші на розривання, аніж гумові. Внутрішній бік, який виготовлено з бавовни, містить протигрибкові й бактеріостатичні речовини для гігієни рук.

Рукавички другого типу виконано з каучуку поліакрилового завтовшки 0,28–0,56 мм. Мають високу хімічну стійкість на органічні розчинники, мастила, жири, смоли, нафтопродукти, не пропускають водяні розчини. Призначені для роботи з акумуляторами під час знежирення поверхонь. М'які й еластичні довжиною 330–380–455 мм, з високим опором на розривання і розрізання. Внутрішню частину рукавичок оброблено бавовною, шорсткий нижній бік у вигляді ромбів забезпечує якісний захват предметів.

Рукавички третього типу з комбінації латексу з неопреном, завтовшки 0,68 мм, довжина 323 мм. Можна використовувати під час робіт з фенолом, органічними розчинниками, формальдегідами, органічними барвниками, азотною кислотою з концентрацією (10...70) %, гідрохіноном, гідроaziном, фреоном, кислотах, водяних розчинах аміаку тощо. Внутрішня частина має бавовну зі спеціальною обробкою, що зменшує ризик алергійної реакції.

5.2.2. Розробка конструктивно-технологічних рішень для фільтрувального каптура

Основними причинами виникнення нещасних випадків під час роботи з хімічноактивними речовинами є гостре отруєння газами або випаровуваннями, а також опіки очей та шкіри голови. Комбінований захист органів дихання, шкіри голови, обличчя, очей та шиї забезпечено фільтрувальним каптуром (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Зовнішній вигляд фільтрувального каптура

Складові частини саморятівників повинні відповідати наступним вимогам:

- шолом-маски не повинні деформуватися при коливанні температури навколишнього середовища в діапазоні від мінус 30°C до плюс 70°C;
- складові частини саморятівників повинні бути стійкими до займання, витримувати дію відкритого полум'я з температурою (950±50)°C протягом (5+0,2)с на відстані (20±2) мм, займатися або горіти протягом більше ніж 5 с після вилучення із полум'я;
- шолом-маски мають залишатися герметичними після впливу теплового потоку 8,0 кВт/м, джерело якого розташовано на відстані 175 мм від них.

Зменшення теплового впливу на голову користувача досягається за рахунок використання тепловідбивних металізованих матеріалів і/або для виготовлення шолом-масок з тканин з низькою теплопровідністю.

Не піддаючи сумніву дані щодо термозахисних властивостей прозорих поліімідних плівок та інших, у тому числі ламінованих матеріалів (0,14 ÷ 0,52 Вт/м·°C), слід зазначити, що їх коефіцієнт теплопровідності в 2 ÷ 8 разів більше, ніж у термостійкої тканини «АРСЕЛОН» (0,06 Вт/м·°C). Вочевидь, розробники саморятівників з каптуром із прозорої поліімідної плівки розраховують на короткий час перебування в зоні підвищених температур, протягом якого теплорегуляційна система людини здатна компенсувати негативний вплив теплового потоку на головний мозок. Характеристики деяких саморятівників наведені в табл. 5.3.

Каптур виготовляють з матеріалу з покриттям (кодоване позначення IB2) з чотирьох частин, з'єднаних середнім швом. На бокових частинах розташовано отвори для гуми, яка регулює розміри каптура відповідно до голови користувача. Третя частина конструкції каптура дає об'ємну форму для панорамного візира. У нижній частині конструкції передбачено внутрішню силіконову півмаску з двома клапанами видиху, яка запобігає потраплянню видихуваного повітря під каптур, зменшує об'ємну частку двоокису вуглецю в повітрі, що вдихається, до 2 %, а також мінімізує процес затуманення панорамного візира, через підтримання вологості у видихуваному повітрі. Еластичний комірць, який розміщено у нижній частині каптура, забезпечує надійну обтюрацію і запобігає проникненню токсичних газів під каптур. У середині розміщено переговорний пристрій.

Каптур спроектовано з нарізевими з'єднаннями $R_d 40 \times 1/7"$ для під'єднання фільтру (табл. 5.4). Комплектується фільтром марки АВЕКР15, який ефективний від багатьох газів, пари і випарів, високотоксичних і радіоактивних частинок, бактерій та вірусів. Каптур застосовують без примусової подачі повітря за об'ємного вмісту кисню в повітрі не менше 17 %. Термін захисної дії визначається показниками фільтру.

Таблиця 5.3

Технічна характеристика деяких фільтрувальних саморятівників

Технічні характеристики	М А Р К А					
	«Parat-C»	«ЭВАК»	«SWEDE CBRN Escape Hood»	«Sundstrom SR77-87»	«KIMI PLUS»	«ГДЗК»
						
1	2	3	4	5	6	7
Конструкція	Маска з Каптуром	Рятувальний капюшон	Маска з каптуром	Маска з каптуром	Маска з каптуром	Маска з каптуром
Габарити, мм	90x140x200	Ø65x130	155x235x130	120x120x170	—* «кишенько-вий»	189x153x133
Маса, г	550	312	550	590	150	800
Час захисної дії за АХНР, хв	>15	>20	>30	>30	> 20	≥ 30
Перелік АХНР	CO, NH ₃ , SO ₂ , H ₂ S, HCN, HCl, NO _x .	CO, HCl, HCN, HF, H ₂ S, SO ₂ , NH ₃ , Cl ₂ , C ₆ H ₆ , акролеїн	NH ₃ , Cl ₂ , SO ₂ , H ₂ SO ₄ , HCl, C ₆ H ₆ , зарін, зоман, VX-гази	CO, HCl, HCN, H ₂ S, SO ₂ , NH ₃ , C ₆ H ₁₂ , акролеїн	NH ₃ , CCl ₄ , Cl ₂ , HCN, H ₂ S, SO ₂ , акролеїн	CO, NO ₂ , HCl, HCN, H ₂ S, SO ₂ , NH ₃ , C ₆ H ₁₂ , акролеїн
Наявність хемосорбенту	+	+	+	+	+	+
Опір диханню на вдиху, (при витраті повітря, дм ³ /хв), Па	800 (95)	—*	800 (95)	800 (95)	166 (30)	800 (95)
Матеріали	Вогнестійкий матеріал PVC	Вогнестійкий поліімід, Kapton® HN	Вогнестійка тканина з алюмінієвим покриттям	Nomex, полікарбонат	Поліхлоропреновий латекс, політетрафторетилен	—*
Вогнестійкість, °C	Короткочасно до 1000	285–437	Не більш 800	+70	маска – 150; каптур – 200	100 не більш 2хв
Виготовлений відповідно до:	DIN 58647	ISO 9001	GA 209-1999	EN 143	ISO 9002, NFPA 701	ТУ 6-00209591-392-93
Країна-виробник	Германія	РФ–Канада	США	Швеція	Ізраїль	РФ
Виробник	Drägerwerk AG & Co.	НПО «Асоціація КрилаК»	First Line Technology, LLC	Sundstorm Safeti	Duram Rubber Product.	BAT «EXM3»
Термін придатності, років	6	5	3	7,5	5	3

Таблиця 5.4

Основні характеристики каптура фільтрувального

Найменування показника	Фактичні значення показника
Час захисної дії, хв, не менш як	45
Коефіцієнт підсмоктування, %, не більш як	5
Опір постійному потоку повітря, Па, не більш як:	
за об'ємної витрати 95 дм ³ /хв під час вдиху;	800
за об'ємної витрати 160 дм ³ /хв під час видиху	300
Вміст CO ₂ на вдиху, %, не більш як	2,0
Загальна маса, кг не більше	2,0
Гарантований термін зберігання, років, не менш як	5,0
Поле огляду, %, не менш як	80

Як видно з таблиць 5.3, 5.4, в ряді випадків технічні характеристики ФС наведені при витраті 30 дм³/хв, що характерно при виконанні легкої роботи. Наприклад, опір диханню для саморятівника «СПУ-ГЗ» становить 147 Па (при витраті повітря 30 дм³/хв), що на перший погляд значно нижче ніж 720 Па у випадку саморятівника «Шанс-Е» (дані одержані при витраті повітря 95 дм³/хв). Однак в стані стресу дихання прискорюється, тому реальна витрата вдихуваного повітря, а отже і опір диханню значно збільшуються.

При розробці конструкції фільтруючих саморятівників для представників дорослого цивільного населення були закладені такі ж принципи створення комфортних умов при використанні, як і у дитячих саморятівників. На рис. 5.11 представлений зразок шолома термостійкого фільтрувального, який складається шолома (2), перфорована поверхня якого суміщена з фільтром за типом і класом B2E2K2P2. Підшоломник (3) забезпечує утримання корпусу лицевої частини (1) з повітронепроникного матеріалу, спорядженого додатковими фільтрами FM A2 та термоакумуючих елементів (4). Вузол клапана видиху (5) забезпечує видалення тепла і вологи з підмаскового простору. Щільне прилягання в області шиї досягається завдяки еластичній манжеті (6) з повітронепроникного матеріалу. Забезпечення захисту верхньої частини тулуба від впливу підвищених температур, полум'я та іскор забезпечує пелерина (7), яка фіксується на тулубі за допомогою текстильних застібок (8).



Рис. 5.11. Шолом термостійкий фільтрувальний: 1 – корпус лицевої частини з повітронепроникного матеріалу з додатковими фільтрами FM A2; 2 – термостійкий фільтрувальний шолом з фільтром B2E2K2P2; 3 – підшоломник; 4 – термоакумуючі елементи; 5 – вузол клапана видиху; 6 – еластична манжета; 7 – пелерина; 8 – текстильна застібка

При необхідності шолом може комплектуватися додатковими фільтрами, іншими за типом і класом. Каптур з відповідним фільтропоглиначем застосовують в комплекті з ізолювальним ЗО.

5.2.3. Особливості технології виготовлення

Герметичність швів повинна забезпечити непроникливість розчинів хімічноактивних речовин і нафтопродуктів. У виготовленні ізолювального ЗО використано спосіб СВЧ-зварювання, який відповідає таким вимогам. Через те, що способом виготовлення ЗО вибрано зварювання, виникають певні вимоги до конфігурації лекал, а саме: на зварювальному устаткуванні досить складно виготовити криволінійний шов, наприклад, з'єднання окату рукава і пройми. Тому запропоновано лінію окату рукава спроектувати прямою лінією, а лінію пройми змодельовати з прямих ліній, розташованих під кутом одна до одної. Довжина плеча при цьому подовжена на величину висоти окату – 10,0 см. Матеріал з покриттям не піддається волого-тепловій обробці, тому отримати об'ємні форми можна завдяки конструкції. Всі основні деталі костюма не підлягають членуванню, не використовуються виточки, кокетки, підрізи та ін. Під час виготовлення ізолювального ЗО використано такі зварні шви (табл. 5.5).

Зварні шви виконують однією лінією завширшки 1,5–2 мм. Каптур з'єднують з чотирьох частин зварним швом.

Вироби виготовляють на устаткуванні УЗП 2500, що дає можливість забезпечити потрібний рівень ФМХ швів (табл. 5.6). Для матеріалу ІВЗ струм зварювання 0,78 А, механічне навантаження 7,5 кН.

З табл. 5.5. випливає, що розривне навантаження швів сумірне з розривним навантаженням матеріалу (див. табл. 3.13). Це доказ високої міцності зварних швів, що є обов'язковим для ЗО.

Витрати часу на виготовлення костюма методом СВЧ-зварювання становлять 275 с. Зварні шви повністю унеможливають проникнення нафти та інших мастильних речовин під одяг. Дослідження підтвердили міцність з'єднань, але після очищення вона знижується. Водночас виріб не

набуває жорсткості та не заважає працівнику рухатися. Економічні розрахунки підтверджують невисоку собівартість виробів, виготовленого на такому устаткуванні.

Таблиця 5.5

Види зварних швів для виготовлення ізолювального ЗО

Найменування шва	Призначення шва	Ширина шва, мм	Ширина зварювання, мм
Зварний типу вшивний	З'єднання плечових і бокових зрізів виробу, деталей рукавів, бокових, крокових і середнього зрізів півкомбінезона	10	1,5–2
Зварний типу накладного з відкритими зрізами	Вшивання рукавів у пройму; з'єднання дрібних деталей з основними	10	2
Зварний впідгін	Обробка низу виробу, рукавів і зрізів інших деталей	10–20	2

Таблиця 5.6

Фізико-механічні характеристики зварювальних швів

Найменування показника	Фактичне значення показника	Нормативний документ на метод випробування
Розривальне навантаження, Н: поздовжній шов; поперечний шов.	76 73	ДСТУ ISO 2960
Втрата міцності після 20 циклів розтягування: поздовжній шов; поперечний шов	0 0	ДСТУ ISO 2960
Втрата міцності після 100 циклів згинання: поздовжній шов; поперечний шов	0 0	ДСТУ EN 1073-1:2003
Повітропроникність, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$: поздовжній шов; поперечний шов; на перехресті швів	28,0 30,0 108,3	ДСТУ ISO 9237
Водопроникність швів	0	ДСТУ ISO 9237
Пилопроникність швів	0	ДСТУ ISO 9237

У разі використання ультразвукового зварювання витрати часу на виготовлення костюма становлять 985 с. Порівняно з іншими способами це найменш трудомістка обробка. Це зумовлено великою швидкістю з'єднання деталей з необхідним рівнем герметизації швів. Однак у разі застосування цього способу первинні витрати на устаткування дуже суттєві.

Маса ЗО перебуває в діапазоні від 0,6 до 1,8 кілограмів, а комплекту з фільтрувальним каптуром, рукавичками та бахилами – до трьох кілограмів.

5.3. Розробка конструктивно-технологічних рішень радіаційнозахисних комплектів

Радіаційнозахисний комплект призначено для роботи під впливом зовнішніх іонізуючих джерел низької, середньої і високої енергії до 662 кеВ. Головна вимога до таких комплектів – забезпечення найбільш можливого коефіцієнта захисту від β -, γ - випромінювань, що дає змогу збільшити тривалість робіт в умовах впливу зовнішнього іонізуючого випромінювання.

5.3.1. Вибір різновидів та конструктивних рішень для захисного одягу

Передумовою для вибору асортиментного виду та конструктивного рішення виробів радіаційнозахисного комплекту є результати структурної оптимізації радіаційнозахисного ЗО, призначені для обґрунтування способів підвищення захисту. З огляду на це, складовими комплекту є багатошарові жилети, накидки, куртки, півкомбінезони, шоломи, рукавиці, бахили, виготовлені з радіаційнозахисного матеріалу (кодове позначення Р31).

Вироби виконано нескладних конструкцій прямих силуетів з помірним об'ємом і формоутворенням за рахунок членування. Характерною особливістю виробів комплектів є їх багатошаровий склад пакетів матеріалу (рис. 5.12).

Матеріал Р31 має велику густину (див. табл. 3.10), тому під час проектування та оптимізації параметрів головним обмеженням є маса комплекту. Розглянуто такі різновиди конструкцій:

- багатошаровий суцільний ЗО, що забезпечує сталий коефіцієнт захисту на всіх його ділянках;
- ЗО, який складається з окремих захисних елементів різної товщини. Друга конструкція дає можливість змінювати коефіцієнт захисту відповідно до зонально-модульної моделі, раціонально використовувати матеріал і контролювати масу готового виробу.

Розроблено дві конструкції жилетів: суцільнокроєна накидка; жилет з окремими змінними елементами-вставками. Накидку з'єднано з двох та тришарових шарів матеріалу Р31 зі зміщеними плечовими швами один щодо одного. Це дало змогу збільшити товщини пакетів на швах з одночасним зменшенням навантаження на шви з'єднання.



Рис. 5.12 Структурна схема конструктивного рішення плечових виробів радіаційно захисного комплексу

Для зменшення навантаження на плечові шви та кращого облягання постаті зроблено кокетки, які розподіляють рівномірно навантаження з одного шва на два, та дали можливість, незважаючи на особливості матеріалу, закласти виточки у плечовий шов кокетки і зменшити частину зварного шва. Горловину зменшено до мінімально необхідної величини. За рахунок використання еластичної тасьми та текстильної застібки біля горловини збільшено легкість одягання. Для найкращого захисту від радіоактивного впливу та механічних навантажень у зонах, які потребують підвищеного рівня захисту, запроектовано додаткові підсилювальні накладки. Для кращої ізоляції пройму оброблено захисним шаром ПВХ-пластикату В4 (рис. 5.13).

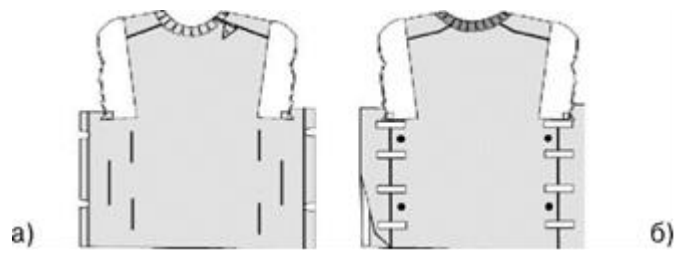


Рис. 5.13. Загальний вигляд накидки моделі 1: а) спереду; б) ззаду

Перевагами першої моделі є відсутність швів у захисних шарах, що підвищує рівень надійності в експлуатації, забезпечує зручність у одяганні та зніманні. Вада – велика маса (до 18 кг), що створює надмірне статичне навантаження на тіло працівника. Жилет використовують у комплектів з наколінниками, нарукавниками і шортами, поверх білизни, виробничого одягу з бавовни або разового ізолювального ЗО (у зимово-осінній період).

Другий варіант виготовлено у вигляді багатошарового жилета, який складається із захисних модулів і поверхневого покриття з іншого матеріалу (кодове позначення В1). На пілочці та спинці зовнішнього шару матеріалу В1 розташовано двошарову кокетку з внутрішніми кишенями, які прикріплені своїми верхніми краями до неї внакладку та оснащені застібками для забезпечення нерухомості захисних чотирьох, шести або восьмишарових модулів з матеріалу Р31. Перекривна поверхня одного модуля іншим становить (3...5) % від площі модуля. Кишені виконано вздовж ширини пілочки та спинки з внутрішнього боку для захисту всієї поверхні перед та спини працівника та зручності у використанні, наприклад, під час заміни захисних елементів. Один бік кожної кишені з'єднано із жилетом, а другий – частково перекриває попередню для уникнення незахищених ділянок.

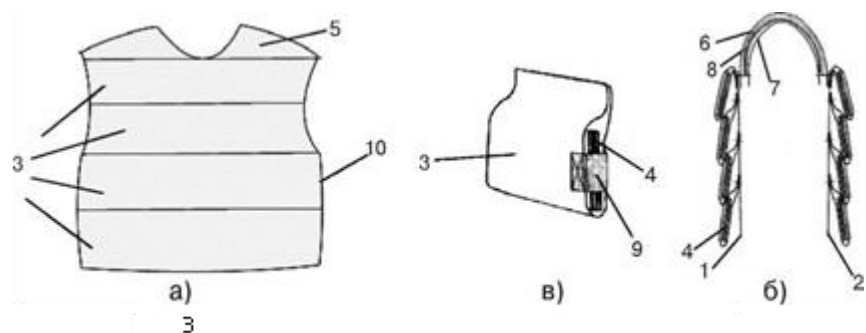


Рис. 5.14. Загальний вигляд жилету моделі 2: а – вигляд спереду; б – повздовжній переріз; в – кишеня. 1 – пілочка; 2 – спинка; 3 – кишені; 4 – захисні модулі; 5 – двошарова кокетка; 6, 7 – шари зовнішнього матеріалу, 9 – застібки; 10 – бічний шов.

Дослідне носіння в промислових умовах виявило певні вади і незручності, а саме:

- плечовий зварний шов жилета не витримував великих навантажень під час підняття рук працівником вгору;
- застібка з переду деформувалася під впливом маси захисних модулів;

- недостатнє облягання фігури жилетом (спинкою) фігури.

Після доопрацювання конструкції жилету запропоновано такі зміни:

- плечові шви усунуто, що уможливило вкладання захисних модулів нерозрізаними по лінії плеча. Це забезпечує кращий захист через надійно закріплені на плечах захисні модулі. Зварні шви в області плеча відсутні;

- застібку перенесено на спинку, що покращує легкість одягання та знімання, запобігаючи забрудненню чистих поверхонь.

- такий варіант конструкції зменшив масу жилета з 18 кг до 8 кг за однакового коефіцієнта захисту.

Розроблено радіаційнозахисний костюм, який складається з куртки і напівкомбінезону. Куртка подовжена, прямого силуету зі суміщеною бортовою застібкою. Рукава вшивні одношовні. У виробі не передбачено комір і каптур через застосування шолома. Для регулювання навантаження у конструкціях плечових виробів максимальна кількість шарів обмежена до п'яти.

Напівкомбінезон виготовлено прямого силуету з центральною застібкою на тасьму “блискавку”, яка закрита планкою. На передній половинці в області коліна передбачено наколінники прямокутної форми. Для підвищення надійності шари радіаційнозахисного одягу покрити тканим матеріалом з густиною 480 г/м². Така конструкція виробу дає змогу не створювати перешкод для рухів працівника.

Під час розробки шолома розглянуто декілька варіантів конструктивного рішення, що зумовлено необхідністю забезпечення надійного захисту голови, щитоподібної залози, обличчя і сумісності з іншими ЗІЗ – очей та органів дихання. Конструкція шолому складається з нижньої частини, яка лягає на плечі і перекриває спинку на 8 см, що забезпечує підвищений захист шийних хребців та щитоподібної залози, середньої частини, що забезпечує захист голови і лицьової частини у формі овалу. Конструкція складається з двох деталей і має середній шов. Форма виробу задається за рахунок бічних виточок і середнього шва.

Для показників захисних властивостей збільшено довжину виробу на 6 сантиметрів по плечах і на 8 сантиметрів в області спинки, а також зроблено овальну конфігурацію передніх зрізів шолома з метою покращення захисту щитоподібної залози. Запроектовано дві застібки на тасьмі (рис. 5.15).

Бахили виготовлено з двошарових модулів захисного матеріалу Р31 і поверхневого шару з ПВХ-пластикату В2 (халява) і В3 (подошва), рукавиці мають по одному шару захисного матеріалу і ПВХ-пластикату В1.

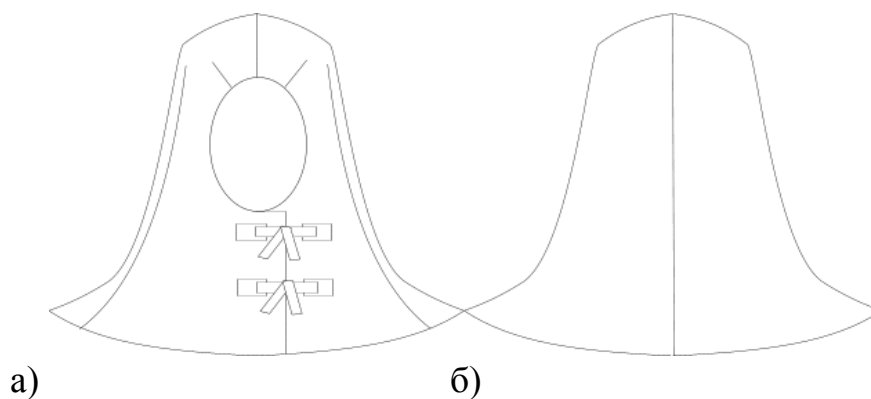


Рис. 5. 15. Загальний вигляд шолому: а) – вигляд спереду; б)

На рис. 5.16 представлено проектно-конструктивні рішення різновидів радіаційнозахисних комплектів ЗО із зональним розташуванням раціональних пакетів.

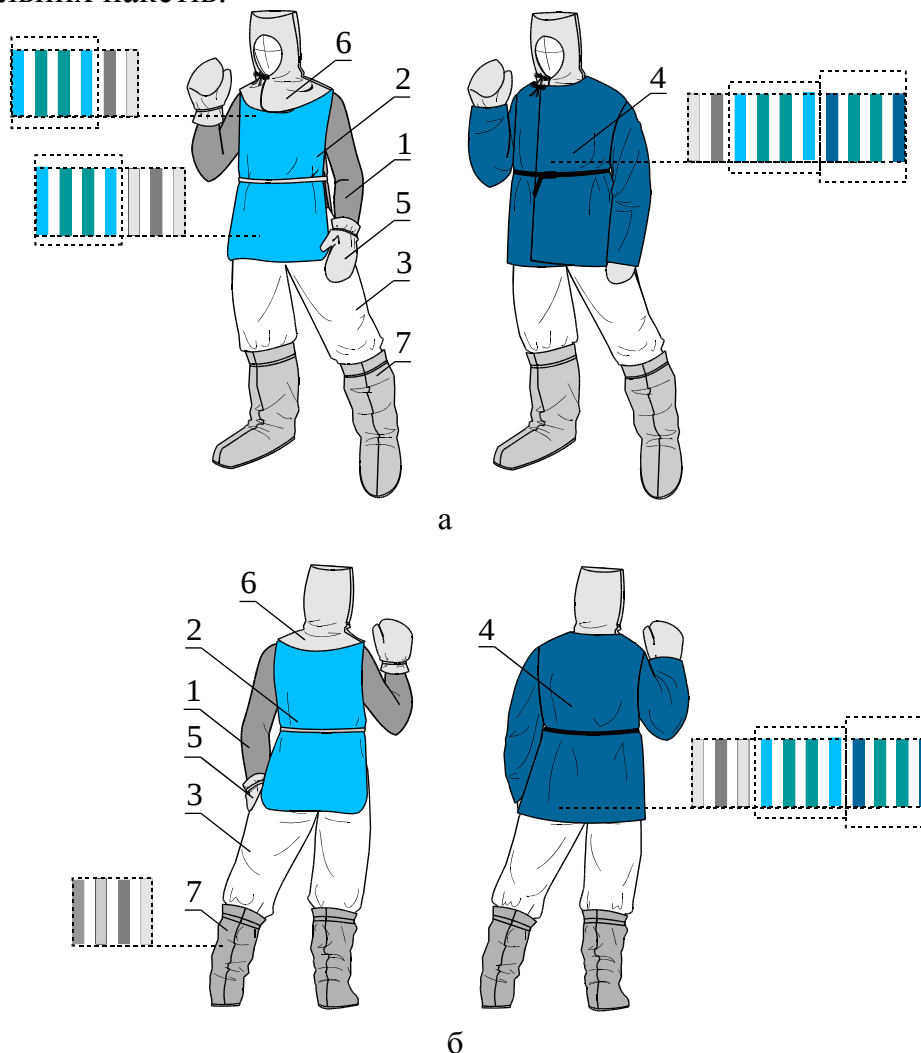


Рис. 5.16. Проектно-конструктивні рішення виробів радіаційнозахисного комплекту спереду (а) та ззаду (б) із зональним розташуванням пакетів: 1 – виробничий одяг; 2 – жилет; 3 – штани; 4 – куртка; 5 – рукавиці, рукавички; 6 – шолом; 7 – бахили.

Усі конструктивні елементи виробів у комплекті гармонійно поєднані між собою і відповідають естетичним вимогам до ЗІЗ. Кольорові рішення залежать від кольору матеріалів зовнішнього шару ЗО: синій, темно-синій, зелений, коричневий, прозорий.

5.3.2. Особливості технології виготовлення

Вироби виготовляють методом СВЧ-зварювання на устаткуванні УЗП 2500. Наявність модифікаторів матеріалу РЗІ суттєво ускладнює процес зварювання, тому захисні модулі зроблено з двох, чотирьох і шести шарів двох розмірів (10х50) см або (15х40) см. Використання СВЧ-зварювання під час виготовлення захисних модулів дало можливість на 70 % зменшити відхилення модуля за висотою та стабілізувати його положення у кишенях зовнішнього шару. Струм зварювання через високий рівень провідності матеріалу встановлюють мінімальним 0,6 А та механічне навантаження для матеріалу РЗІ підвищують до 8,2 кН. Зі збільшенням шарів міцність швів зменшується, що також вплинуло на обмеження за кількістю шарів захисного матеріалу у модулях.

Експериментальні дослідження коефіцієнта захисту на робочому майданчику АЕС за максимального рівня енергії 662 кеВ γ -випромінювання показали відповідні результати (рис. 5.17).

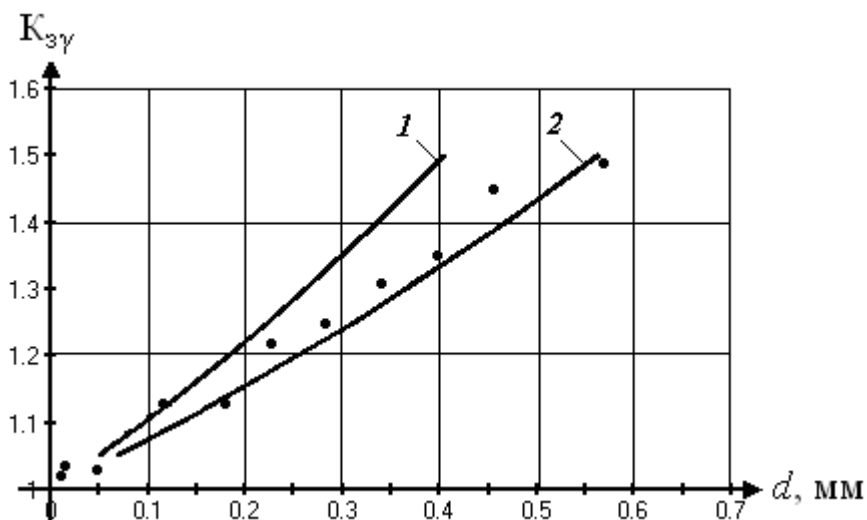


Рис. 5.17. Залежність коефіцієнта захисту γ -випромінювання від товщини захисного шару: 1 – верхня межа; 2 – нижня межа.

З рис. 5.17 випливає, що ЗО з шести захисних шарів забезпечують коефіцієнт захисту $K_{з\gamma} = 1,24$ за енергій випромінювання до 662 кеВ, що дає змогу збільшити термін проведення робіт у зоні впливу іонізуючого випромінювання у 1,11 раз.

Розроблений радіаційно-захисний комплект має такі характеристики: повністю захищає від β -випромінювання з енергією до 2 МеВ, поглинається 90% γ -випромінювання за енергій менш як 10 кеВ, коефіцієнт захисту від γ -випромінювання становить: 9,65 за енергії до 10 кеВ; 4,0 – до 100 кеВ; 1,74 – до 200 кеВ; 1,24 – до 662 кеВ, маса – до 16 кг.

5.4. Розробка конструктивно-технологічного рішення фільтрувальних комплектів

Фільтрувальний комплект захищає від пилу та аерозолів з радіонуклідами та шкідливих хімічних речовин і призначений для безперервного використання впродовж 24 годин.

5.4.1. Вибір різновидів і конструктивних рішень для захисного одягу

Комплект складається з ЗО, засобів захисту органів дихання, шкіри рук і ніг. ЗО виготовлено з фільтрувального матеріалу з кодовим позначенням Ф2.

Відповідно до розробленої моделі і методу структурної оптимізації встановлено раціональну комплектність ЗО та виявлено його конструктивні особливості (рис. 5.18). Запропоновані різновиди ЗО складаються з костюму (подовжена куртка та штани) або комбінезону прямого силуету з каптуром.

До конструктивних особливостей ЗО належить відсутність кишень, застібок, гудзиків і фурнітури, що виступають, через які можливо зачепитися в обмеженому просторі за рухомі частини аварійно-рятувального устаткування (рис. 5.19).

Конструкцією комбінезонів і курток передбачено каптури із щільним приляганням до обличчя. Мінімальний ризик забруднення працівника, легкість в одяганні та зніманні куртки і комбінезону досягнуто застосуванням центральної подвійної закритої застібки на тасьму «блискавку» для захисту щитоподібної залози, грудної клітини та черевної порожнини від проникнення шкідливих мікроорганізмів. З урахуванням зміни розмірних ознак під час виконання основних рухів запропоновано суцільнокроєний рукав, що скоротить навантаження на лінію пройми і дасть змогу працівнику вільно підіймати та опускати руки.

У створенні конструкції ЗО важливо не допускати захоплення біологічних речовин у зап'ястях або щиколотках як результат "ефекту гармошки". Застосовано фіксатор для великого пальця у рукавах куртки і комбінезону та штрипки по низу штанів для фіксації деталей виробу під час руху. Забезпечено сумісність такого ЗО з ЗІЗ рук (рукавичками), та ніг – (бахилами або ботами), призначеними для спільного використання. Зазначимо, що фільтрувальний ЗО є одягом з обмеженим терміном використання через можливість його промокання. Для збільшення тривалості використання розроблено моделі з матеріалу (кодове позначення Ф4), який має поверхнєве покриття водостійкою камуфльованою тканиною. У разі використання фільтрувального ЗО у вибухонебезпечному середовищі поверхневий шар матеріалу додатково попередньо обробляють і наносять зовнішній антистатик.

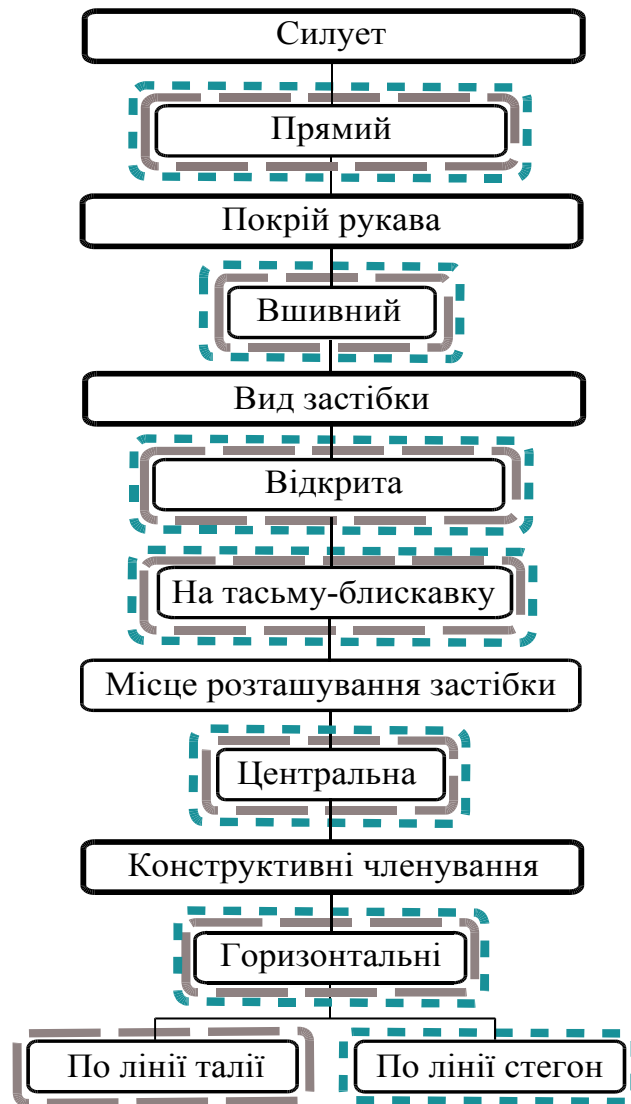


Рис. 5.18. Структурна схема конструктивного рішення плечових виробів фільтрувального комплекту

Фільтрувальний 3О комплектують подвійними рукавичками – з каучуку поліакрилового або з нітрилу і бавовни. Під час робіт пов'язаних з великими механічними навантаженнями, в складних кліматичних умовах, за низьких температур використовують рукавички зі шкіри. Їх виготовляють з цільних шматків шкіри. Такі рукавички або рукавиці захищають від проколів, опіків, спадин, порізів, а також від бризків і іскор розплавленого металу. Зусилля під час проколювання шкіри працівника становить 38,8...78,4 Н, тому ЗІЗ до рук повинні витримувати механічні зусилля під час проколювання: за легких механічних навантажень – не менш як 50 Н, за великих – не менш як 200 Н.

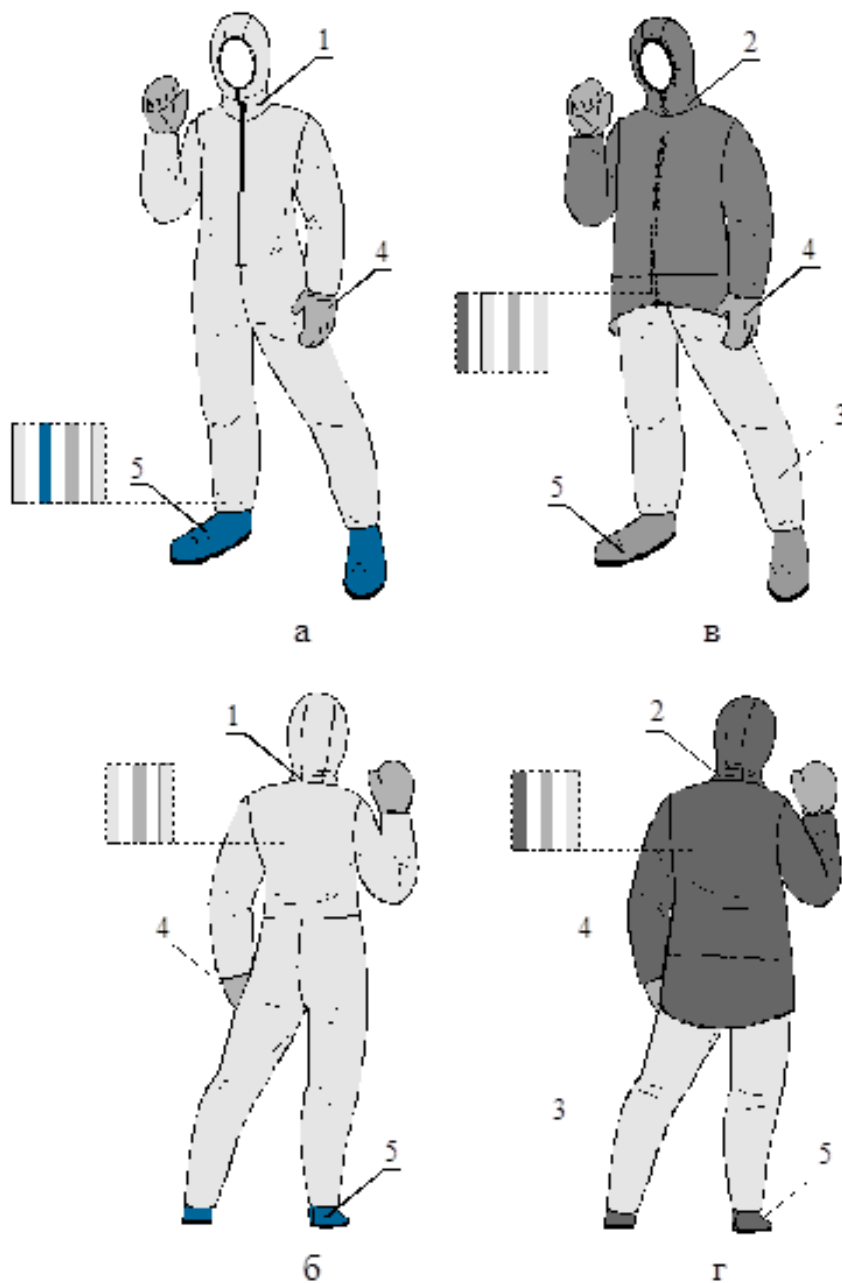


Рис. 5.19. Проектно-конструктивні рішення виробів фільтрувальних комплектів: вид спереду (а, в) і ззаду (б, г) із зональним розташуванням пакетів, 1 – комбінезон; 2 – куртка; 3 – штани; 4 – рукавиці, рукавички; 5 – бахили.

5.4.2 Розробка конструктивно-технологічних рішень протигазів

У виробничих умовах часто виникають ситуації, коли фільтрувальний і ізолювальний ЗО використовують у комплекті з ЗІЗОД: робота з хімічними речовинами 1...4 класу небезпеки, в транспортних коридорах, у ситуаціях втручання. Для уникнення потрапляння шкідливих речовин пероральним або інгаляційним способом фільтрувальний та ізолювальний ЗО використовують у комплекті з протигазами. Виходячи з цих обставин, на фірмах “Укрмаскпол” і ТОВ “НВП “Ікар” розроблено протигази МП-5У і МТ 213/2У, які складаються з повної лицьової маски та фільтра-поглинача, з’єднаних між собою безпосередньо. Протигази призначено для захисту

органів дихання, поверхні обличчя та голови від впливу сильнодіючих отруйних речовин, пилу з радіонуклідами та хімічно і біологічноактивних аерозолів, а також від впливу шкідливих, отруйних, токсичних речовин у вигляді пари та крапель, через очищення (способом фільтрації) забрудненого повітря.

Протигаз МП-5У (рис. 5.20) має два вдихувальні клапани та дефлектор для запобігання затуманенню панорамного візира. Площа поля зору маски порівняно зі звичайною площею: ефективна – 70 %; перекривна – 80 %. Лицьову маску виготовлено з багатоелементної суміші на основі природного каучуку з додаванням внутрішніх антистатиків. Спосіб виготовлення – лиття. Візир можна виготовляти з полікарбонату, поліаміду (для використання за високих температур або триплексу (стійкого до хімічних речовин)).



Рис. 5.20. Зовнішній вигляд протигазу марки МП-5У

Протигаз можна використовувати автономно без подачі очищеного повітря, в атмосфері, яка містить не менш як 17 % кисню. За такої умови використання протигазу не погіршує фізичних і психологічних можливостей працівника, дає змогу виконувати свої основні функції в аварійних умовах упродовж 24 годин. Температура навколишнього середовища може змінюватися в діапазоні від -30°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Протигази МП-5У і МТ 213/2У відповідають вимогам стандарту і мають такі показники захисної дії (табл. 5.7.)

Таблиця 5.7.

Технічні характеристики протигазу МП-5У

Опір постійному потоку повітря на вдиху, не більш як, Па		Опір постійному потоку повітря на видиху, не більш як, Па	
За об'ємної витрати повітря $30\text{ дм}^3/\text{хв}$	За об'ємної витрати повітря $160\text{ дм}^3/\text{хв}$	За об'ємної витрати повітря $30\text{ дм}^3/\text{хв}$	За об'ємної витрати повітря $160\text{ дм}^3/\text{хв}$
175	1500	80	300

Лицьові маски протигазу виготовляють 4 типорозмірів (1 – найбільший, 4 – найменший). Коефіцієнт проникання тест-аерозолі під маску (коефіцієнт підсмоктування) через лінії обтюрації та в інші вузли не більш як 0,05 %. Коефіцієнт проникання тест-аерозолі через фільтр-поглинач (коефіцієнт проскакування) не більш як $1 \cdot 10^{-4}$ %. Об'ємна частка двоокису вуглецю у повітрі, що вдихається, не більш як 1,0 %. Протигаз МП-5У комплектують з маски протигазової, фільтра-поглиначу, ємності для рідкої їжі, з'єднувального шлангу з клапаном. Маса протигазової маски – не більш як 0,6 кг, фільтра-поглинача – не більш як 0,27 кг, пристрою для пиття у зібраному стані (без рідини) – не більш як 0,25 кг. Загальна маса протигазу в комплекті (без сумки) – не більш як 1,2 кг. Об'єм місткості для пиття – не менш як 0,6 дм³. Прохідність (питома витрата рідини) системи для пиття – не менш як 200 см³/хв. Термін гарантованого зберігання становить 10 років.

Маска протигазова МТ 213/2 відрізняється від МП-5У наявністю другого клапану для видиху, відсутністю пристрою до пиття та дефлектора (рис. 5.21).



Рис. 5.21. Зовнішній вигляд протигазу марки МТ 213/2

Очищення повітря відбувається через фільтрацію забрудненого повітря у фільтропоглинальній системі протигазу. Ефективність протигазу визначається двома чинниками:

- можливістю запобігання проникненню через маску шкідливих речовин ззовні;
- можливістю фільтрації певної речовини.

Перше досягають правильним вибором розміру маски і способів її допасування до форми обличчя, друге – використанням змінних фільтрів серії PRO 2000. Лицьова маска протигазів має нарізеве з'єднання *Rd 40x1/7"* для приєднання фільтру. Корпуси фільтрів з відповідним маркуванням виконано з технічної пластмаси (табл. 5.7).

Головна вада наявних протигазів марок ЦП-5, ЦП-5М, ЦП-7, ЦП-7В та ПМГ, ПМГ-2, ПБФ, ПМК, ПМК-2 – суттєве обмеження терміну безперервного використання. Термін безперервного перебування у таких протигазах становить: від трьох годин за температури менш як 15 °С, до 20

хв за температури 30 °С. Для поліпшення тепловіддачі з поверхні голови маску МП-5У удосконалено у такий спосіб: на ділянках щільного прилягання маски до поверхні голови і на ділянках носоглотки розміщено додаткові теплопровідні елементи з графітованої гуми і поверхневі металеві розсіювачі тепла. Доцільність впровадження таких елементів підтверджується розрахунками. Тепловий потік Q_{Γ} , який відводиться з поверхні голови визначаємо за формулою:

$$Q_{\Gamma} = \frac{\Delta t}{R_{\text{то}}},$$

де Δt – різниця температур між поверхнею обличчя і зовнішнім середовищем; $R_{\text{то}}$ – тепловий опір протигазу, який визначено за формулою:

$$R_{\text{ти}} = \frac{\delta_i}{(\lambda_i \cdot S_{\text{пи}})}, \quad (5.11)$$

де λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м К).

Таблиця 5.7.

Типи фільтрів серії PRO 2000 для протигазів

Шкідлива речовина	Тип фільтра	Колір маркування
Пил і аерозолі з радіоактивними і токсичними частинками, мікроорганізми (бактерії та віруси)	PF 10 P3	Білий
Органічні гази і пари з температурою кипіння більш як 65°C.	GF22 A2	Коричневий
Неорганічні гази і пари (хлор, водень, сульфід, фтор)	GF22 B2	Сірий
Кислі гази й пари (сульфід, диоксид, фтористий водень)	GF32 E2	Жовтий
Аміак та його органічні похідні	GF22 K2	Зелений
Органічні гази і пари з температурою кипіння менш як 65°C.	GF32 AX	Коричневий
Органічні та неорганічні гази й пари	GF22 A2B2	Коричневий, сірий
Органічні та неорганічні кислі гази й пари, аміак та його органічні похідні	GF32 A2B2E2K2	Коричневий, сірий, жовтий, зелений
Ртуть та її суміші, радіоактивний йод, тверді та рідкі аерозолі, радіоактивні частинки	CF32/ CFR32 Hg-P3	Білий, оранжевий, рожевий

З урахування того, що коефіцієнт теплопровідності для протигазів марки ПМГ становив 0,16 Вт/(м К), для матеріалу маски МП-5У і МТ 213/2У – 1,15 Вт/(м К), для графітованої гуми – 60 Вт/(м К), відповідно змінюється величина тепловіддачі з поверхні голови (рис. 5.22.)

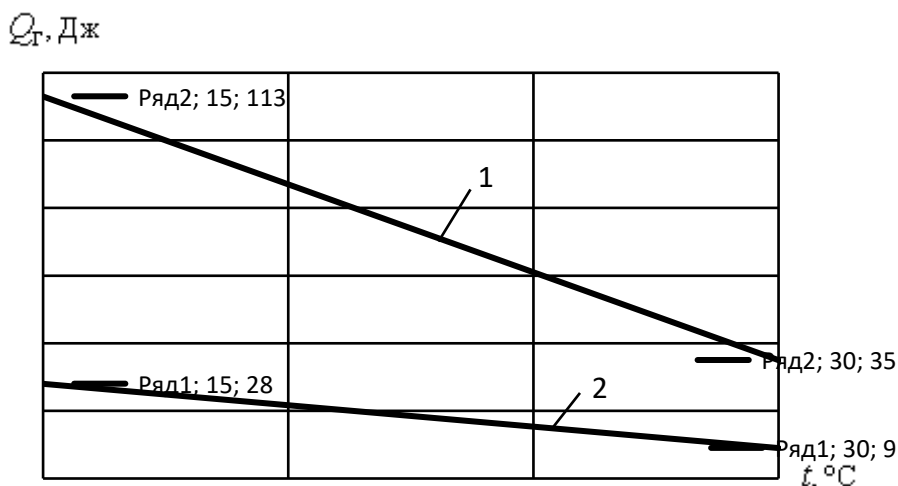


Рис. 5.22. Залежності теплового потоку з поверхні протигазу від температури зовнішнього середовища: 1 – протигаз марки МП-5У; 2 – протигаз марки ПМГ

Кількість теплоти, яка відводиться від голови працівника у протигазі МП-5У, за температура навколишнього середовища в діапазоні від $-30\text{ }^\circ\text{C}$ до $+30\text{ }^\circ\text{C}$ більш, ніж утворюється під час робіт.

Використання розроблених нових протигазів не погіршує фізичних і психологічних можливостей працівника і дає змогу виконувати свої основні функції в аварійних умовах упродовж 24 годин, що підтверджено під час польових випробувань.

5.4.3. Особливості технології виготовлення

З'єднання деталей комбінезону, куртки, штанів фільтрувальних комплектів виконано на промисловому швейному обладнанні з використанням ниткового з'єднання подвійним швом, який має такі характеристики: розривальне навантаження у поздовжньому напрямку – 155 Н; у поперечному напрямку – 112 Н; повітропроникність (при 50 Па) – 178 $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$; водотривкість – 37 мм вод.ст. У виробках мінімізована кількість деталей і швів. Для підвищення надійності шви виконують з подальшою герметизацією термострічкою.

Захисні властивості фільтрувальних комплектів перевірено в лабораторних умовах хімічних військ Української армії (табл. 5.9).

Основною перевагою такого ЗО є достатньо високий рівень повітропроникності: максимальний рівень повітропроникності ЗО з лицьового боку становить 664 $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$, зі зворотного – 656 $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$. Як фільтрувальний шар для токсичних речовин парів і газів використано

вуглецеві волокна, що також зменшує поверхневий опір матеріалу до рівня $1,6 \cdot 10^8$ Ом і суттєво знижує імовірність утворення електростатичних полів у внутрішніх і зовнішніх шарах ЗО.

Таблиця 5.9

Показники захисних та експлуатаційних властивостей фільтрувального ЗО

Найменування показника	Значення показника
Час захисної дії, год., не менш як:	
від пилу з радіонуклідами	6
від крапель іприту при щільності зараження 10 г/м^2 , температурі повітря 20°C та відносній вологості 80 %	24
від парів іприту при концентрації 20 мг/м^3 , температурі повітря 20°C та відносній вологості 80 %	6
Тривалість перебування в захисному одязі під час виконання робіт середньої та високої важкості за температури повітря 20°C та відносній вологості 80 %, год., не менш як	36
Кратність прання, разів, не менш як	5

Маса фільтрувального ЗО залежно від типу і пакету матеріалів змінюється від двох до трьох кілограмів, а в комплекті – до шести кілограмів. Фільтрувальний ЗО пристосований до зберігання у закритих неопалюваних сховищах упродовж десяти років за коливань температури від мінус 30 до плюс 30°C та відносній вологості повітря від 30 до 95 %. Фільтрувальні комплекти виготовлено на підприємстві ПрАТ “Скіф”, впроваджено у промислове виробництво на ТОВ “НВП “Ікар” (м. Київ) і пройшли випробування у частинах хімічного захисту збройних сил України та на АЕС України.

Питання для самоперевірки

1. Вкажіть структурну схему для конструктивно-технологічних рішень ізолювального комплексу від радіоактивних забруднень.
2. Вкажіть структурну схему для конструктивно-технологічних рішень ізолювального ЗО від хімічноактивних речовин.
3. Розкрийте раціональний склад пакетів матеріалів і структуру асортименту ЗІЗ
4. Запропонуйте конструктивно-технологічні рішення фільтрувального комплексу
5. Розкрийте особливості виготовлення ЗІЗ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основні положення розроблення і виготовлення ЗІЗ. ДСТУ 4676:2006. – К.: Держстандарт України, 2006. – 14 с. – (Національний стандарт України).
2. Третякова Л. Д. Оцінювання ризику у використанні захисного одягу / Л. Д. Третякова, Н. В. Остапенко // Проблеми охорони праці в Україні. - 2016. - Вип. 32. - С. 57-66.
3. Третякова Л.Д. Новітні рішення проблеми індивідуального захисту працівників атомних електричних станцій. – Монографія – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут, Київ, 2015.- 216 с.
4. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами, внесеними на підставі Закону від 12.02.2015 № 191-VIII).
5. Директива № 89/391/ЕЭС Совета о введении мер, содействующих улучшению безопасности и гигиены труда работников на производстве. – Режим доступу до ресурсу: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/994_b23.
6. Показчик нормативно-правових актів з питань охорони праці, затверджений наказом Держгірпромнагляду України від 12.04.2012 № 74 (у редакції наказу Держгірпромнагляду України від 19.01.2015 № 6).
7. Перелік заходів та засобів з охорони праці, витрати на здійснення та придбання яких включається до витрат, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 27.06.2003 № 994.
8. Каталог вітчизняних засобів індивідуального захисту працівників / За загальною ред. М.О.Лисюка. – Дніпропетровськ: ВАТ “Видавництво Зоря”, 2004. – 167 с.
9. Ромась М. Д. Щодо визначення потреби в засобах індивідуального захисту для працівників на виробництві / М. Д. Ромась, О. В. Цибульська // Проблеми охорони праці в Україні. - 2015. - Вип. 29. - С. 88-102.
10. Захисний одяг. Загальні вимоги. EN 340. – К. Укр НДІССІ, 1993. – 10 с.
11. Одяг захисний. Загальні вимоги. ДСТУ ISO 13688:2001. – К.: Держстандарт України, 2002. – 6 с. – (Національний стандарт України).
12. Взуття спеціальне. Номенклатура показників. ДСТУ 3242:95. – К.: Держстандарт України, 1995. – 6 с. – (Національний стандарт України).
13. Основні положення розроблення і виготовлення ЗІЗ. ДСТУ 4676:2006. – К.: Держстандарт України, 2006. – 14 с. – (Національний стандарт України).
14. Состав и общие правила задания требований по надежности. ДСТУ ГОСТ 27.003. – К.: Держстандарт України, 1995. – 27 с. – (Національний стандарт України).
15. Одяг для захисту від радіоактивного випромінювання і забруднення. ДСТУ ISO 8194:2004. – К.: Держстандарт України, 2004. – 24 с. – (Національний стандарт України).
16. Костюми ізолювальні та одяг спеціальний вентиляований від радіоактивного забруднення. Технічні вимоги і методи випробувань. ДСТУ

- EN 1073–1:2001.– К.: Держстандарт України, 2003. – 10 с. – (Національний стандарт України).
17. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. – К.: МОЗ України, 2005. – 40 с.
18. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения // МАГАТЭ. Серия норм по безопасности. – 1997. – № 115. – 156 с.
19. Радиационная защита при профессиональном облучении // МАГАТЭ, МБТ. Серия норм по безопасности. – 2002. – No. RS-G-1.1. – 77 с.
20. Оценка профессионального облучения от внешних источников ионизирующего излучения // МАГАТЭ. Серия норм по безопасности. – 1999. – № RS–G–1.3. – 73 с.
21. Третьякова Л. Д. Сучасні засоби захисту персоналу атомних електричних станцій у практичній діяльності / Л. Д. Третьякова, А. А. Разводовський // Інформаційний бюлетень з охорони праці. – 2010. – № 1 (55). – С. 43–50.
22. Третьякова Л. И. Совершенствование процессов проектирования и изготовления спецодежды. / Л.И. Третьякова, А.И. Сандуковский. – К.: Знание, 1983. – 205 с.
23. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1968. – 355 с.
24. Колосніченко М. В. Дослідження спецодягу з пасивним та активним теплозахистом / М. В. Колосніченко // Вісник технологічного університету Поділля. – 2002. – Т. 2, № 3. – С. 262–264.
25. Третьякова Л.Д. Дослідження фізико-механічних характеристик нових полімерних матеріалів для захисного одягу / Л.Д. Третьякова // Проблеми охорони праці в Україні. – 2007. – Вип. 14. – С. 59–67.
26. Третьякова Л. Д. Метод визначення оптимального розподілу надійності між елементами засобів захисту / Л.Д. Третьякова // Проблеми охорони праці в Україні. – 2009. – Вип. 17. – С. 120–130.
27. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ–97). Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1–6.5.001–98. – К.: Комітет з питань гігієнічного регламентування. Національна комісія з радіаційного захисту населення України, 2000. – 135 с
28. Третьякова Л. Д. Оцінка параметрів електростатичного поля на поверхнях засобів індивідуального захисту персоналу атомних електричних станцій / Л.Д. Третьякова // Енергетика, економіка, технології, екологія. – 2010. – № 1 (26). – С. 75–81.
29. Взуття захисне виробничого призначення. Частина 2. Додаткові вимоги та методи випробування. ДСТУ EN 344-2:2004 – [Чинний від 2005-01-01]. – К.: Держстандарт України, 2004. – 28 с. – (Національний стандарт України).
30. Загальні вимоги до рукавиць. ДСТУ EN 420-2001. – [Чинний від 2002-06-01]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 38 с. – (Національний стандарт України).

31. Засоби індивідуального захисту рук. Спеціальні рукавички для захисту від хімічних речовин і мікроорганізмів. ДСТУ EN 374-2:2005. – [Чинний від 2002-06-01]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 38 с. – (Національний стандарт України).
32. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Терміни і піктограми. ДСТУ 132:2004. – [Чинний від 2004-06-01]. – К.: Держстандарт України, 2004. – 42 с. – (Національний стандарт України).
33. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Півмаски і чверть маски:ю Вимоги, випробування, маркування. ДСТУ 140: 2004. – [Чинний від 2004-06-01]. – К.: Держстандарт України, 2004. – 25 с. – (Національний стандарт України).
34. ДСТУ EN 136:2003. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Маски. Вимоги, випробування, маркування. – [Чинний від 2004-06-01]. – К.: Держстандарт України, 2004. – 48 с. – (Національний стандарт України).
35. Технічні умови ТУ У 25.2–00300363–014:2005. Матеріал з полівінілхлоридним покриттям для спецодягу. – К.: 2005. – 22 с.
36. Технічні умови ТУ У 25.2–25661375.005:2006. Пластикат полівінілхлоридний для засобів індивідуального захисту від радіоактивних речовин. – К.: 2006. – 16 с.
37. Технічні умови ТУ 25.1-31655768-003:2004. Плівка радіаційно-захисна. – Слов'янськ, “Слов'янський завод Тореласт”, 2004. – 15 с.
38. Технічні умови ТУ У 25.2–00300363–014:2005. Матеріал з полівінілхлоридним покриттям для спецодягу. – К.: 2005. – 22 с.
39. Третьякова Л. Д. Новітні засоби індивідуального захисту для здійснення аварійно-рятувальних робіт / Л.Д. Третьякова, Подобед І.М., А.А. Зубков // Інформаційний бюлетень з охорони праці. – 2014. – Вип. 1 (72). – С. 98–103.
40. ГОСТ 12.4.217-2001. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от радиоактивных веществ и ионизирующих излучений. Требования и методы испытаний. – [www/ OpenGost.ru](http://www.OpenGost.ru), 2003. – 19 с.
41. Гусев Н. Г. Защита от ионизирующих излучений / Гусев Н. Г., Климанов В. А., Машкович В. П. [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 512 с.
42. Третьякова Л. Д. Проблемы методики оцінки електростатичних властивостей засобів захисту персоналу / Л.Д. Третьякова / Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2010. – № 3. – С. 37–43.
43. Полимерные материалы. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение. ГОСТ 9.708. – М.: ГКС, 1990. – 80 с.
44. Колосніченко М. В. Проектування спеціального одягу / М. В. Колосніченко, Н. В. Остапенко. – К.: КНУТД, 2008. – 128 с.
45. Технічні умови ТУ У 25.2–25661375–028:2005. Одяг захисний одноразовий. – К, НВП “Ікар”, 2005. – 35 с.
46. Технічні умови ТУ У 25661375.015:99. Одяг спеціальний пластикатовий від радіоактивного забруднення. – К, НВП “Ікар”, 1999. – 32 с.
47. Технічні умови АФСА 305262.026 ТУ. Фільтрувальна півмаска У-2К. – К, НВП “Ікар”, 2004. – 45 с.

48. Технічні умови ТУ У 13667483.014 – 98. Взуття спеціальне пластикатове від радіоактивного забруднення. – К, НВП “Ікар”, 1998. – 28 с.
49. Новітні засоби індивідуального захисту для здійснення аварійно-рятувальних робіт / Інформаційний бюлетень з охорони праці. – 2014. – Вип. 1 (71). – С. 98–103.
50. Голинько В.И. Анализ и оценка защитной эффективности фильтрующих респираторов / В.И. Голинько, С.И. Чеберячко, В.Е. Колесник, А.С. Ищенко // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 12. – С. 33–36.
51. Технічні умови ТУ У 25.2 – 25661375 – 021:2005. Костюм ізолювальний для захисту від нафти та продуктів її переробки. – К, НВП “Ікар”, 2005. – 26 с.
52. Ергономіка і дизайн. [Колосніченко М.В., Зубкова Л.І, Пашкевич К.Л., Остапенко Н.В]. – К.: ПП «НВЦ «Профі», 2014. – 283 с.
53. Технічні умови ТУ У 25.1–25661375.030:2006. Капюшон фільтрувальний для саморятування під час пожежі. – К, НВП “Ікар”, 2006. – 39 с.
54. Засоби індивідуального захисту органів дихання для саморятування. Загальні вимоги. ДСТУ EN 403:2003. – [Чинний від 2005-07-01]. – К.: Держстандарт України, 2005. – 16 с. – (Національний стандарт України).
55. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Нарізові з’єднання для лицевих частин. ДСТУ EN 148-1: 2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держстандарт України, 2005. – 16 с. – (Національний стандарт України).
56. Технічні умови ТУ У 25.2 – 25661375 – 024:2006. Фільтрувальні і ізолювальні захисні комплекти. – К, НВП “Ікар”, 2006. – 45 с.
57. Ефремова О.С. Опасные и вредные производственные факторы и средства защиты работающих от них / Ефремова О.С. – М.: Альфа-Пресс, 2009. – 304 с.
58. Технічні умови АФСА 305269.023ТУ. Протигаз фільтруючий МП-5У. – К, НВП “Ікар”, 2005. – 35 с.
59. Пристрої респіраторні захисні. Повні маски. Вимоги, випробування, маркування. ДСТУ EN 143–2003. – [Чинний від 2004-06-01]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 26 с. – (Національний стандарт України).
60. Голінько В. І. Застосування респіраторів на вугільних і гірничорудних підприємствах : монографія / В. І. Голінько, С. І. Чеберячко, Ю. І. Чеберячко; Нац. гірн. ун-т. - Д., 2008. - 99 с. - Бібліогр.: с. 97-98. - укр