

Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з природничих,  
технічних і гуманітарних наук у 2017/2018 навчальному році

Напрямок: «Техногенна безпека»

Назва роботи: *«Проектування спеціального захисного одягу від підвищеного  
рівня іонізуючого випромінювання»*

Шифр: «Прзаход»

## ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАУКОВО - ТЕХНІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ВІД ПІДВИЩЕНОГО РІВНЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	6
1.1. Аналіз законодавчих і нормативних вимог до якості одягу індивідуального захисту	6
1.2. Аналіз існуючих видів та конструкції спеціального захисного одягу від підвищеного рівня іонізуючого випромінювання	13
1.3. Аналіз існуючих видів радіаційно-захисних матеріалів для виготовлення спеціального захисного одягу від підвищеного рівня іонізуючого випромінювання	23
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	30

## ВСТУП

Розробка та дослідження матеріалів для конструювання засобів індивідуального захисту являє собою складну задачу і по суті становить важливу частину всієї проблеми захисту людей від ІВ. Придатність матеріалів для виготовлення ЗІЗ від ІВ визначається декількома основними вимогами. Вони повинні [1]:

- мінімально сорбувати радіоактивні речовини і легко відмиватися від радіоактивних забруднень доступними миючими засобами, що дає можливість багаторазово використовувати ЗІЗ;

- володіти комплексом фізико-механічних властивостей, що забезпечують надійність ЗІЗ в експлуатації (міцність, морозостійкість, термостійкість, еластичність, стійкість до стирання та ін);

- бути стійкими до агресивних середовищ, що впливає на ЗІЗ, як при експлуатації, так і в процесі дезактивації;

- бути технологічними при виготовленні, доступними і дешевими при масовому виробництві;

- відповідати гігієнічним вимогам, тобто не надавати будь-яких шкідливої дії на організм при контакті з шкірними покривами, не мати неприємного запаху та ін.

Разом з тим різною мірою, залежно від конкретного застосування, мають значення і деякі інші властивості матеріалів. Наприклад, для плівкових матеріалів, призначених для ізолюючих костюмів, важливе значення має висока волого - і повітронепроникність і гідрофобність. У той же час для спецодягу тривалого повсякденного користування застосовують матеріали з достатньою повітропроникністю, що забезпечують терморегуляцію організму.

Тому необхідно ретельне дослідження здатності матеріалу очищатися від радіоактивних забруднень. Дезактиваційність матеріалу - критерій можливості його застосування для захисної техніки. Дезактиваційність визначається величиною залишкової активності досліджуваних матеріалів, тобто те

залишкове радіоактивне забруднення, що залишається на матеріалі після дезактивації.

Дезактиваційність матеріалів безпосередньо залежить від їх фізичних і хімічних властивостей. Високу забрудненість і труднощі дезактивації поверхонь матеріалів обумовлюють: пористість, шорсткість, змочуваність, здатність до хімічної взаємодії з молекулами забруднюючої речовини.

Найдрібніші частинки радіоактивних речовин утримуються на матеріалах механічно, потрапляючи в пори і мікропори. Наприклад, графітовий пил і дрібна металева стружка, на яких сорбовані радіоактивні речовини, міцно впроваджуються в матеріали, забруднюючи їх. Утримання радіоактивних речовин матеріалами сприяє наявності на спецодезії забруднень мастильними маслами, а також забруднення побутового характеру. Чим більш гладку поверхню має матеріал, тим менше він забруднюється і тим легше його відмивати. Природно, що при інших рівних умовах бавовняна або вовняна тканина забруднюється сильніше, ніж плівкові матеріали, з яких виготовляють засоби індивідуального захисту. Однак гладкість і непористість поверхні ще не є умовами, що визначають успіх дезактивації, так як радіоактивні речовини утримуються поверхнею матеріалів також внаслідок складних фізичних і фізико-хімічних процесів, що протікають між забруднюючим речовиною і матеріалом.

Виходячи з цього характеристика дезактивуючих матеріалів може бути визнана задовільною, якщо значення залишкової активності мінімально і не погіршується в процесі експлуатації і особливо при очищеннях матеріалів від радіоактивних забруднень.

В даний час немає достатньої кількості даних, які дозволили б передбачити дезактивуючість будь-якого матеріалу, тим більше що по відношенню до різних радіоактивних елементів ці властивості можуть бути дуже різними. Це особливо відноситься до виробничих умов, де може бути представлений широкий набір радіоактивних ізотопів різних хімічних сполук. Ефективність очищення в більшій мірі залежить не тільки від

природи і властивостей матеріалу, але і від ізотопного і хімічного складу забруднюючих радіоактивних речовин, їх агрегатного стану і т. д.

Таким чином, фактори, що впливають на взаємодію радіоактивних речовин з матеріалами, які призначені для експлуатації в умовах радіоактивного забруднення, свідчать про необхідність дослідження дезактивуючих властивостей конкретних матеріалів, а також створення умов, які сприяють їх легкій очищенню від радіоактивних забруднень.

## **РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАУКОВО - ТЕХНІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ВІД ПІДВИЩЕНОГО РІВНЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

### **1.1. Аналіз законодавчих і нормативних вимог до якості одягу індивідуального захисту**

Науково-технічний прогрес супроводжується безперервним ускладненням техніки і технології, використанням нових матеріалів та джерел енергії, що призводить до виникнення принципово нових показників небезпеки, які обумовлюють все зростаюче значення проблеми забезпечення безпеки праці. У системі заходів з охорони праці ЗІЗ і, зокрема, спеціальний одяг займають одне з провідних місць, оскільки їх застосовують в тих випадках, коли іншими заходами неможливо забезпечити безпеку праці. Тому в усіх промислово-розвинутих країнах стандартизація в галузі безпеки ЗІЗ займає одне з провідних місць [1].

Згідно з європейським законодавством - директивами Європейського Співтовариства 89/686/ЄС «Засоби індивідуального захисту», 89/656/ЄС «Використання ЗІЗ на робочому місці» встановлено загальні вимоги, які деталізовані в міжнародних стандартах ISO та EN. Перелік європейських стандартів до Директиви 89/686/ЄС становить 188 найменувань і включає 40 стандартів EN на спеціальний одяг і методи випробувань готових виробів і матеріалів для їх виготовлення. В рамках Угоди про партнерство та співробітництво між Україною та ЄС наша країна взяла на себе зобов'язання гармонізувати законодавство, норми, правила і стандарти, а також процедури оцінки відповідності. Першим кроком реформування національної системи технічного регулювання стало введення в дію законів України «Про метрологію та метрологічну діяльність» «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності», «Про стандартизацію», «Про охорону праці», «Про захист прав споживачів», «Про охорону навколишнього природного

середовища», «Про державний ринковий нагляд та контроль нехарчової продукції», «Про загальну безпеку нехарчової продукції», «Про підтвердження відповідності», «Про акредитацію органів з оцінки відповідності».

Важливим кроком реформування системи технічного регулювання в Україні стала розробка технічних регламентів, серед яких [2]: «Технічний регламент засобів індивідуального захисту».

Згідно "Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні" (наказ КМУ №28 від 01.03.05р.) засоби індивідуального захисту поділяються на 13 груп: засоби захисту голови; засоби захисту очей; засоби захисту особи; засоби індивідуального захисту органів дихання; засоби захисту органів слуху; засоби захисту від падіння з висоти; засоби захисту рук; костюми ізолюючі; одяг спеціальний захисний; засоби захисту ніг; рятувальні жилети; комплексні засоби; засоби дерматологічні захисні.

Згідно технічного регламенту [2], в залежності від конструкції і призначення, зазначені групи ЗІЗ поділяються на три категорії:

- категорія I - ЗІЗ простої конструкції;
- категорія III - ЗІЗ конструкції високої складності, призначені для захисту від небезпеки, яка загрожує життю людей, або небезпеки заподіяння невиліковних тілесних ушкоджень;
- категорія II - ЗІЗ конструкції середньої складності, які не відносяться до категорій I і III.

Технічний регламент [2] регламентує багато норм, але, що стосується ЗІЗ від ІВ, можна вважати наступні:

1. Засіб захисту повинен забезпечувати належний ступінь захисту від небезпеки і мати таку конструкцію, що у передбачуваних умовах експлуатації забезпечує максимально можливий рівень захисту користувача засобу, який може без ускладнень провадити пов'язану з ризиком діяльність.

2. Оптимальним рівнем захисту, що враховується у процесі розроблення конструкції засобу захисту, є рівень, при якому ефективність використання такого засобу не знижується в період впливу факторів ризику. Якщо

передбачувані умови експлуатації дають змогу виділити кілька рівнів небезпеки одного виду, в ході розроблення конструкції засобу захисту необхідно враховувати відповідний рівень захисту.

3. У процесі використання у передбачуваних умовах експлуатації засоби захисту не повинні створювати додаткових факторів ризику.

4. Матеріали, з яких виготовляється засіб захисту, а також продукти розпаду таких матеріалів не повинні негативно впливати на здоров'я користувача такого засобу та/або оточуючих.

5. Поверхня кожної складової частини засобу захисту, що під час використання торкається або потенційно може торкатися користувача такого засобу, повинна бути гладенькою, без гострих країв, деталей, що виступають та можуть спричинити подразнення шкіри або травми.

6. Обмеження рухів, положення або чуттєвого сприйняття користувачем засобів захисту, що обумовлені застосуванням засобу захисту, повинне бути мінімальним.

7. Засіб захисту повинен мати конструкцію, яка забезпечує урахування особливостей будови тіла людини. Такий засіб повинен залишатися в передбачуваному положенні протягом усього часу використання незалежно від умов навколишнього природного середовища, рухів та положення користувача.

8. Матеріали та інші складові частини, з яких виготовляються засоби захисту, що призначаються для захисту всіх частин тіла від радіоактивного пилу, газу, рідини або сумішей, повинні забезпечувати у передбачуваних умовах експлуатації ефективний захист від проникнення забруднювальних речовин. Залежно від природи і стану забруднювальних речовин засоби захисту повинні забезпечувати належний ступінь непроникності за допомогою захисної оболонки та/або системи вентиляції і герметизації, що запобігають зворотному розсіюванню забруднювальних речовин. Проведення процедури знезаражування засобів захисту не повинне впливати на його придатність для повторного використання протягом передбачуваного строку служби.



9. Інтенсивність випромінювання електронів (бета-випромінювання) або випромінювання протонів (рентгенівське випромінювання, гама-випромінювання), що відбиваються засобами захисту для захисту користувача від зовнішньої радіації шляхом повного або часткового ослаблення випромінювання, повинна бути незначною. Матеріали та інші складові частини, з яких виготовляються такі засоби захисту, повинні забезпечувати ступінь захисту користувача, що відповідає передбачуваним умовам експлуатації, без обмеження його рухів, унаслідок яких може збільшитися час впливу випромінювання. На засобові захисту повинна бути нанесена інформація про тип і товщину матеріалів.

Оцінку відповідності засобів захисту вимогам цього Технічного регламенту виробник або його уповноважена особа чи постачальник проводить шляхом застосування процедур (модулів оцінки відповідності), визначених постановою Кабінету Міністрів України від 7 жовтня 2003 р. N 1585 "Про затвердження Технічного регламенту модулів оцінки відповідності та вимог щодо маркування національним знаком відповідності, які застосовуються в технічних регламентах".

Наказом Держспоживстандарту України №374 від 26.13.2005 р. затверджено перелік національних стандартів, добровільне застосування яких може сприйматися як доказ відповідності засобів індивідуального захисту вимогам технічного регламенту, серед яких 72 стандарти поширюються на одяг спеціального призначення.

Відповідно до чинних стандартів встановлено 26 показників якості для захисного технологічного одягу, 28 – для захисного взуття, 18 – для негерметичного одягу, 16 – для респіраторів і 20 – для дихальних апаратів. 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 зовнішніх умовах, близьких до лабораторних, за певних механічних, теплових та електричних 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. Суттєвим недоліком наявних норм і граничних показників для характеристик і процесів, які за своєю природою є імовірними, – відсутність рівня ймовірності, за якої їх необхідно забезпечити. У зв'язку із цим становить інтерес подальше вдосконалення норм і розробка аналітичних методів оцінки параметрів ЗІЗ за граничними значеннями, які є обов'язковими і придатними для їх окремих видів [3].

Відомі розробки зі створення ЗІЗ спрямовано на вдосконалення методів проектування і конструювання, подолання виявлених недоліків і підвищення комфортності під час використання. Однак відсутність єдиного методологічного підходу, заснованого на чітко визначених математичних моделях і методах, створює великі складнощі розробнику ЗІЗ і зумовлює тривалий процес сертифікації і впровадження у виробництво.

Для виконання своїх функцій за призначенням і ступенем захисту ЗІЗ повинні чітко відповідати характеру і рівню шкідливих чинників і водночас бути прийнятними з фізіологічного та ергономічного поглядів, тобто забезпечувати “сумісність” ЗІЗ з об'єктом захисту, а саме працівником. Це можна забезпечити за рахунок вибору відповідних матеріалів, науково обґрунтованої конструкції та технології виготовлення ЗІЗ, а також їх комплектації.

В Україні існує, мабуть, найважливіший стандарт, що має відношення до захисного одягу від радіації – це ДСТУ ISO 8194 – 2001 «Захист від радіації. Одяг для захисту від радіоактивного забруднення. Проектування, вибір, методи випробовування та використання». Цей стандарт встановлює вимоги до захисного одягу від радіоактивного забруднення під час роботи з рідкими або твердими радіоактивними речовинами, а також в разі впливу радіоактивних речовин у вигляді твердих часток, аерозолів, газів або пару, що знаходяться в забрудненій атмосфері.

Вимоги цього стандарту поширюються на два види одягу: по - перше, одяг герметичний з примусовим вентиляванням, по - друге, одяг негерметичний без примусового вентилявання. У додатку А стандарту наведено метод випробовування, відповідно до якого для будь - якого виду одягу визначають коефіцієнт захисту, що полегшує його вибір для наступного використання. У додатках В і С наведено методи по визначанню герметичності одягу та вимірюванню швидкості подавання повітря в одяг герметичний з примусовим вентиляванням.

Розглянемо вимоги даного стандарту, які стосуються одягу негерметичного без примусового вентилявання. Матеріали, із яких виготовляють одяг, повинні бути непроникні для радіоактивних забруднювальних речовин. Вибір матеріалів треба здійснювати з урахуванням таких чинників [4]:

- механічні чинники, наприклад, розривання, стирання, перфорація та ін.;
- температурні чинники, наприклад розпечені до білого частки, частки з високою питомою активністю та ін.;
- хімічні чинники, наприклад роз'їдання розчинниками, корозія виробів та ін.;
- електричні чинники, наприклад електропровідність та ін.;
- ризик виникнення іскри, наприклад статична електрика та ін.

Матеріали, що контактують із шкірою, повинні бути гладкими та не містити речовин, що викликають подразнення або алергію під час використання (особливо у разі контакту з потом) та під час зберігання вони не повинні виділяти шкідливих речовин у кількості, небезпечній для людського організму.

Матеріали, поверхня та обробка різних компонентів одягу, призначеного для багатократного застосовування, повинні легко піддаватись дезактивуванню і/або очищенню після використання.

Займистість матеріалів повинна бути чітко позначена. Займистість матеріалів, із яких виготовлений одяг, повинна відповідати вимогам,

встановленим відповідно до чинного національного законодавства, якщо таке існує.

Одяг треба виготовляти з матеріалів, що зберігають свої властивості не менше двох років в разі дотримання умов збереження, що їх рекомендує виготовлювач. Такі умови можуть охоплювати захист від джерел випромінювання, зокрема ультрафіолетового, та збереження за нормальної кімнатної температури.

Матеріали, із яких виготовляють одяг, повинні забезпечувати необхідний рівень захисту, що відповідає умовам навколишнього середовища відповідно до його призначення. Матеріал повинен перешкоджати проникненню твердих часток та зменшувати спроможність до забруднення одягу.

Конструкція негерметичного одягу без примусового вентилявання не повинна викликати дискомфорт користувача і повинна бути без деталей, які виступають (гудзики, застібки, кишені, ремені та ін.) за які можна зачепитися в обмеженому робочому просторі або зачепитися за рухливі частини машин.

Конструкція одягу, виготовленого з проникного матеріалу, повинна забезпечити свободу та комфорт персоналу, що його носить. Якщо черевики і рукавички використовувати окремо, тоді рукави та нижня частина штанів можуть мати манжети.

Оскільки негерметичний одяг без примусового вентилявання забезпечує обмежений захист тіла, його герметичність може бути поліпшена за допомогою липких стрічок. Конструкція будь-якого елемента, що герметизує одяг, повинна охороняти тіло від забруднення під час його знімання.

Найважливіше в аналізі указаних нормативних документів те, що існує суперечність між групами показників якості спеціального одягу. Так, наприклад, якщо одяг добре захищає людину від холоду, то вона громіздка із за великої товщини пакету одягу і заважає руху (сковує). Якщо одяг добре захищає від води і рідких хімікатів, то вона має низьку повітропроникність і, відповідно, низьку вентиляцію підодежного шару. Якщо одяг добре захищає від теплового випромінювання, то в умовах жаркого клімату призводить до

несприятливого для людини явища - інтенсивного потовиділення. Якщо одяг захищає від ІВ, то він важкий, нееластичний та знижує продуктивність праці. Всі ці факти змушують шукати комбіновані матеріали і технології пошиття спеціального одягу, які враховували б не один, а кілька параметрів комфортної, високопродуктивної, а, головне, безпечної праці.

## **1.2. Аналіз існуючих видів та конструкції спеціального захисного одягу від підвищеного рівня іонізуючого випромінювання**

В Україні накопичено достатньо великий досвід виготовлення і застосування ЗІЗ для виконання робіт на об'єктах з підвищеним рівнем радіоактивних випромінювань. Одним з основних та ефективних видів ЗІЗ є захисний одяг (ЗО), кожен вид якого класифікують за ознаками захисних властивостей, за призначенням, за конструктивним виконанням, за модельним рядом та ін. Автори [5] пропонують наступну класифікацію ЗІЗ:

- костюми захисні (одяг негерметичний);
- костюми ізолювані (одяг герметичний);
- засоби захисту: рук; органів дихання; голови; ніг; органів слуху; очей; обличчя;
- засоби дерматологічні захисні;
- засоби захисту від падіння з висоти та інші запобіжні засоби.

ЗІЗ поділяють на основні та додаткові. Основні види ЗІЗ частково захищають від пилу, аерозолів, рідких радіоактивних забруднень і  $\beta$ -випромінювання низьких енергій. Вони обов'язкові для використання усім персоналом, що перебуває в контрольованих зонах. Основні ЗІЗ традиційно виготовляють з бавовняних матеріалів, до їх складу входять: костюм (або комбінезон); шапочка; натільна білизна; шкарпетки; черевики; рукавички і носовики разового використання.

До додаткових комплектів ЗІЗ належать одяг з полімерних матеріалів (халати, куртки, костюми, фартухи), який використовують з гумовим взуттям, засобами індивідуального захисту органів дихання та очей. Усі види ЗІЗ

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

Недоліком таких комплектів одягу являється те, що він виготовлений з бавовняних матеріалів, пропускає пил з радіоактивними речовинами і природними радіонуклідами, аерозолі, водні розчини радіоактивних і хімічних речовин. Ізолювальний одяг недостатньо захищає від  $\beta$ -випромінювання і практично не захищає від  $\gamma$ -випромінювання. Для захисту від  $\gamma$ -випромінювання використовують екрани зі свинцем або фартухи, виготовлені з гуми зі свинцевим наповненням, не зважаючи на те, що вони мають шкідливий вплив на людину і довкілля. Наявний ЗО не тільки недостатньо захищають, а й створюють додаткові ризики травматизму та незручності під час руху. У роботі під ризиком розуміємо можливість небажаної події, яка зумовлює появу небезпеки, пов'язаної з погіршенням самопочуття і здоров'я працівника.

Роботи часто проводяться під впливом зовнішніх джерел іонізуючого випромінювання та потужних електростатичних полів, тому матеріали електризуються, створюючи небезпеку самовільних електричних розрядів. ЗО, 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 [5].

Відповідно до рекомендацій ІАЕА і державних нормативних документів для захисту персоналу АЕС необхідно створити ефективні захисні костюми, які дозволять мінімізувати або повністю виключати вплив інтегральної дози всіх шкідливих чинників на працівника. Вони повинні давати змогу збільшити тривалість перебування працівників в небезпечній зоні без додаткової шкоди його здоров'ю.

Автор [6] приводить систематизацію ЗІЗ працівників на АЕС та розглядає комплект ЗО як єдине ціле, оскільки забруднення або опромінення будь-якої ділянки тіла призводить до ураження працівника (рис 1.1).

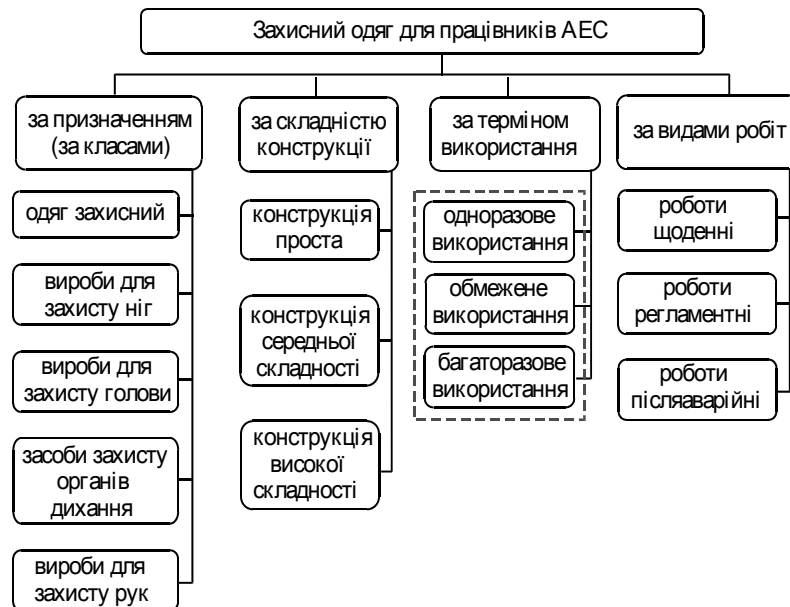


Рисунок 1.1 - Систематизація ЗІЗ працівників АЕС.

У ситуаціях втручання такі комплекти ЗІЗ дають змогу збільшити тривалість перебування в небезпечній зоні без додаткової шкоди здоров'ю працівника. Перелік ЗО для працівника визначено [7] за даними попередньої оцінки небезпеки на робочому місці або в зоні проведення робіт на основі системного аналізу таких чинників:

- виду, величини і вірогідності виникнення опромінення або іншого негативного впливу на здоров'я працівника;
- меж, тривалості дії, параметрів джерел іонізуючого випромінювання або іншого шкідливого чинника;
- рівня надійності ЗО з подальшим аналізом ситуацій, за яких можуть виникати відмови;
- параметрів зовнішнього середовища, які можуть вплинути на рівень захисту та безпеки;
- організаційних заходів під час робіт, зокрема заходів, які можуть бути помилковими, та їхніх наслідків.

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 нового ЗО. Виходячи з цього, існує нагальна проблема створення нових комплектів ЗІЗ, які вирішують такі основні завдання: відповідність 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 [8].

На основі аналізу літературних джерел, автор [9] запропонував класифікацію засобів індивідуального захисту персоналу АЕС (рис. 1.2). Основний комплект представляє собою ЗІЗ повсякденного використання, а додатковий комплект призначений для короткотермінового використання. В залежності від радіаційної обстановки крім основного комплекту пропонується використовувати додатковий комплект ЗІЗ, який виготовляють з плівкових матеріалів (полівінілхлоридного пластикату) або матеріалів з полімерним покриттям, гуми і прогумованої тканини, які повинні після кожного використання відразу піддаватися дезактивації [6]. Основний та додатковий комплекти призначені для захисту від потрапляння радіоактивних і хімічних речовин в органи дихання, травлення і на шкіру і тим самим виключити або зменшити до мінімуму дозу опромінення.

Існують також комбіновані ЗІЗ від ІВ, які найчастіше виготовляються з плівкових матеріалів, або текстильних матеріалів, в поєднанні з радіаційно-захисними матеріалами. Комбіновані ЗІЗ використовуються для зниження дозових навантажень і збільшення часу при проведенні ремонтних, монтажних і дозиметричних роботах. До них належать екрани для захисту рук і органів тіла (включно засоби захисту гонад), радіаційно-захисні комбінезони, напівкомбінезони, костюми, жилети або фартухи. Основним їх призначенням є захист тіла персоналу від дії зовнішніх потоків ІВ з можливим поєднанням ізолювальних функцій [9].



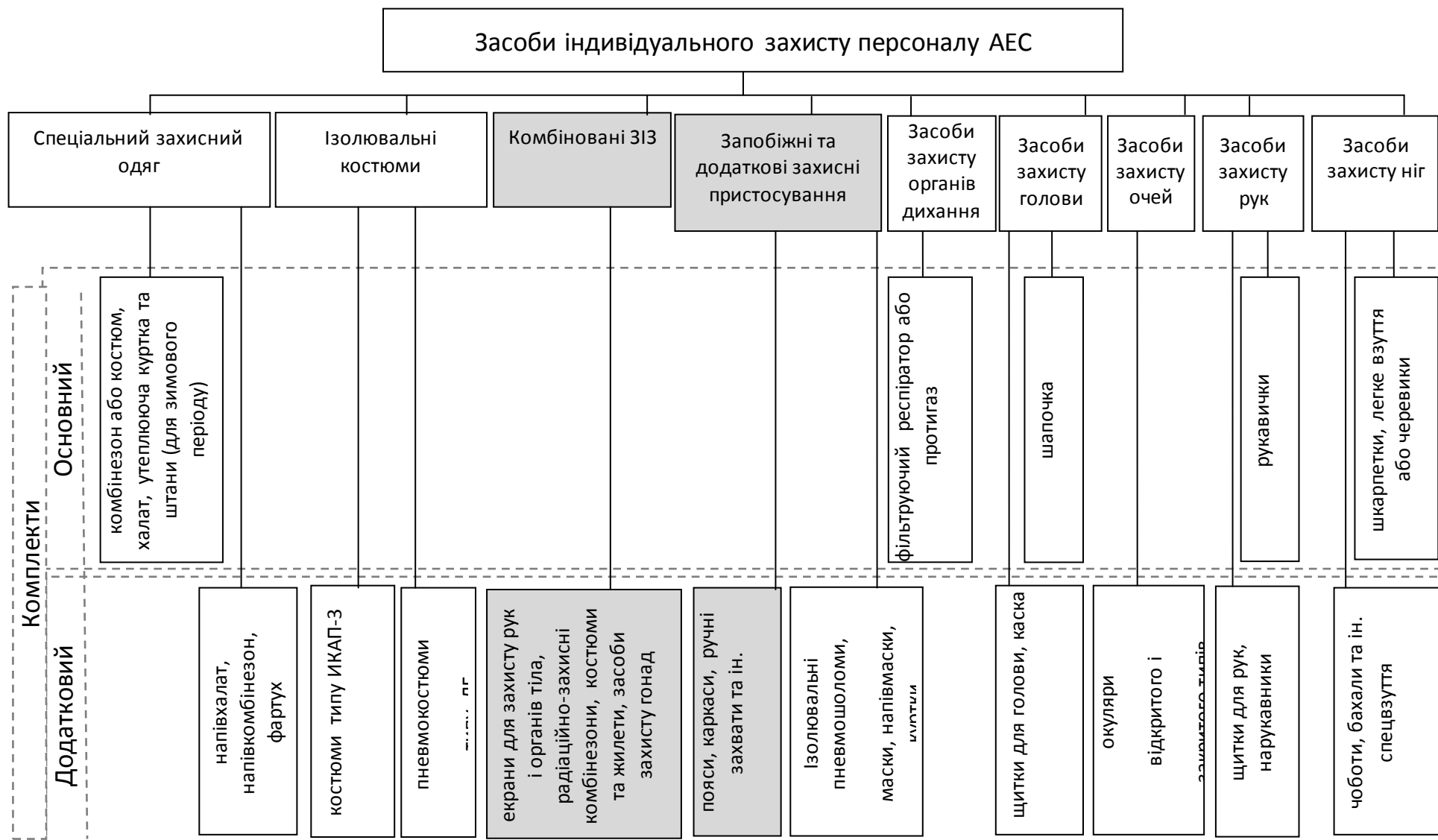


Рисунок 1.2 - Класифікація засобів індивідуального захисту персоналу АЕС категорії А, який виконує роботи I класу та окремі роботи II класу [9].

Основні і додаткові комплекти можуть бути багаторазового, короткострокового і одноразового використання. При чому ЗІЗ багаторазового використання повинні добре дезактивуватися і бути стійкими до багатократної дезактивації, а ЗІЗ короткострокового використання і ЗІЗ одноразового використання не підлягають дезактивації і направляються на утилізацію після використання, тому матеріали для їх використання повинні легко піддаватись дезактивації та утилізації [9].

Дослідження автора [9] показали, що найпотужнішими виробниками ЗІЗ від ІВ в країнах СНД є підприємства Росії, зокрема, НДІ Текстильних матеріалів (м. Москва), ОАО «ПГС» (м. Москва), ВАТ «КазХимНИИ» (м. Казань), НДІ „Стали” (м. Москва) та ін. СЗО від ПР ІВ виготовляються з різних за сировинним складом та кольоровими рішеннями матеріалів, мають різноманітні конструктивні особливості (рис. 1.3-1.4). Результати аналізу характеристик існуючих різновидів ЗІЗ від ІВ зведено у таблицю 1.1.

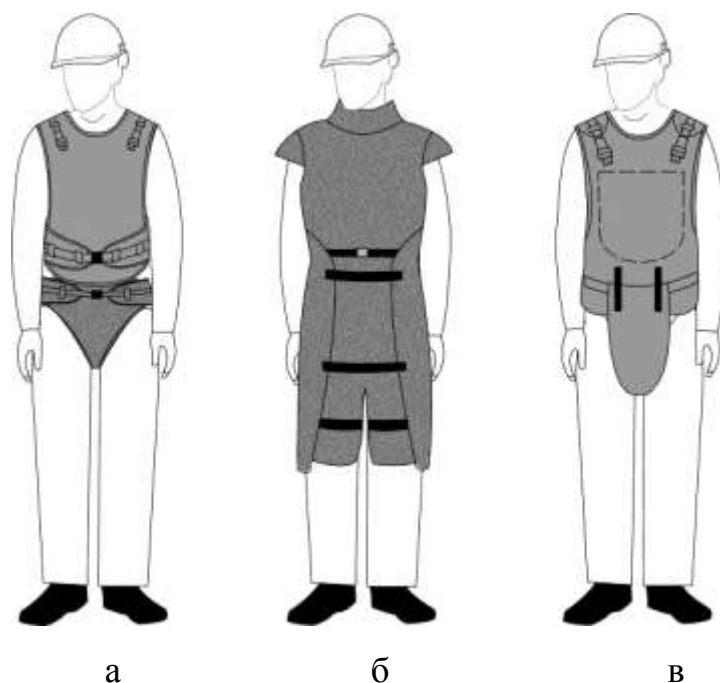


Рисунок 1.3 - Зовнішній вигляд спеціального захисного одягу, що експлуатуються для захисту від підвищеного рівня ІВ: а - протинейтронний жилет УПЖ-1 та універсальний протинейтронний пояс; б - комплект засобів локального захисту водолаза від ІВ "Тритон"; в – жилет захисний "Гамма-1"

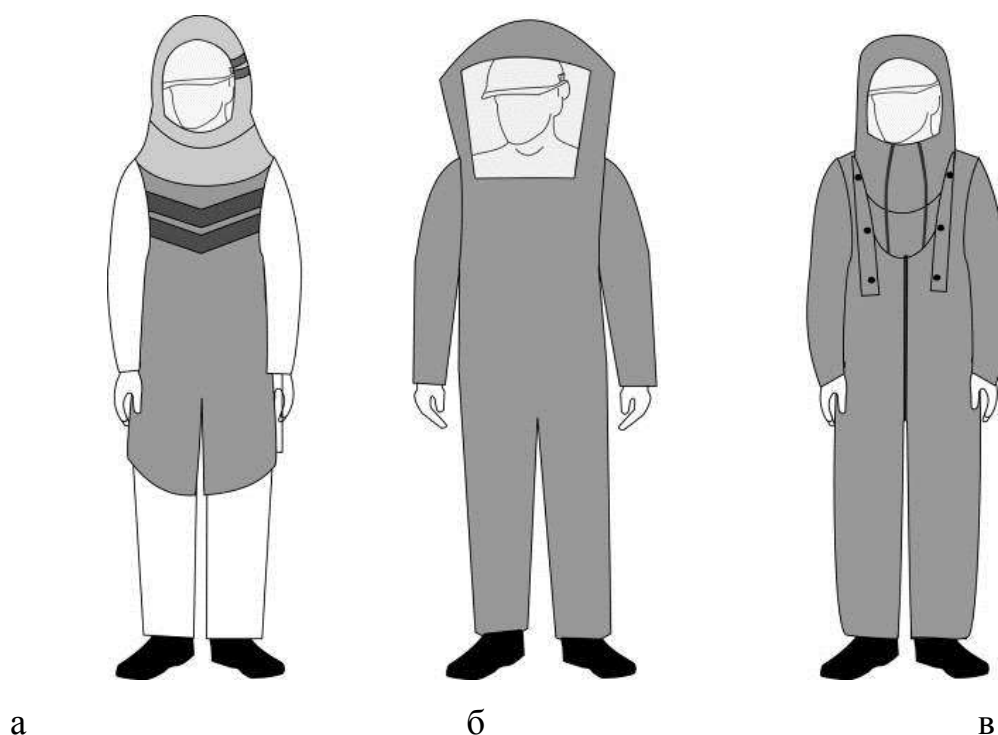


Рисунок 1.4 - Зовнішній вигляд спеціального захисного одягу, що експлуатуються для захисту від підвищеного рівня ІВ: а - ЗКМТ «Модуль 1» ; б - радіаційно-захисний костюм; в – ЗКМТ «Модуль 2» .

Таблиця 1.1 Характеристика існуючих різновидів ЗІЗ від ІВ

Найменування ЗІЗ від ІВ (назва підприємства виробника)	Найменування виду ЗІЗ	Коефіцієнт ослаблення, раз		Маса, кг, не більше ніж
		$\beta$ випромінювання з енергією до 2 Мев (джерело $^{90}\text{Sr}$ ), не менше	$\gamma$ -випромінювання з енергією 122 кеВ (джерело $^{57}\text{Co}$ ), не менше	
Радіаційно-захисний костюм [71] (НДІ Текстильних матеріалів)	Напівкомбінезон ; ЗЗГ	50	5,5	25
Комплект засобів локального захисту водолаза від ІВ "Тритон"[74], (ОАО «ПТС»)	Жилет; ЗЗГ	$\infty^*$	5,5	15
ЗКМТ «Модуль 1» [72] , (ВАТ «КазХимНИИ»)	напівкомбінезон	60	3	14,5
ЗКМТ «Модуль 2» [72] , (ВАТ «КазХимНИИ»)	напівкомбінезон	60	3	24
Жилет захисний "Гамма-1"[73] , (НДІ „Стали”)	Жилет; ЗЗГ	$\infty$	2	12

## Продовження табл.1.1

Противінейтронний жилет УПЖ-1 та універсальний проти-нейтронний пояс [73], (НДІ „Стали”) - Типи захисних елементів:	Жилет; ЗЗГ			
А		$\infty$	1,1	7
Б		$\infty$	1,5	13
В		$\infty$	1,8	20,5
Г		$\infty$	2,5	32

Примітка. \* - повне поглинання матеріалом випромінювання

Існуючі види ЗІЗ від ІВ забезпечують однаковий ступінь захисту тіла людини (дозволяють диференціювати захист в залежності від умов праці), а також для його створення застосовуються два основні способи створення захисного шару (рис. 1.5) [9].

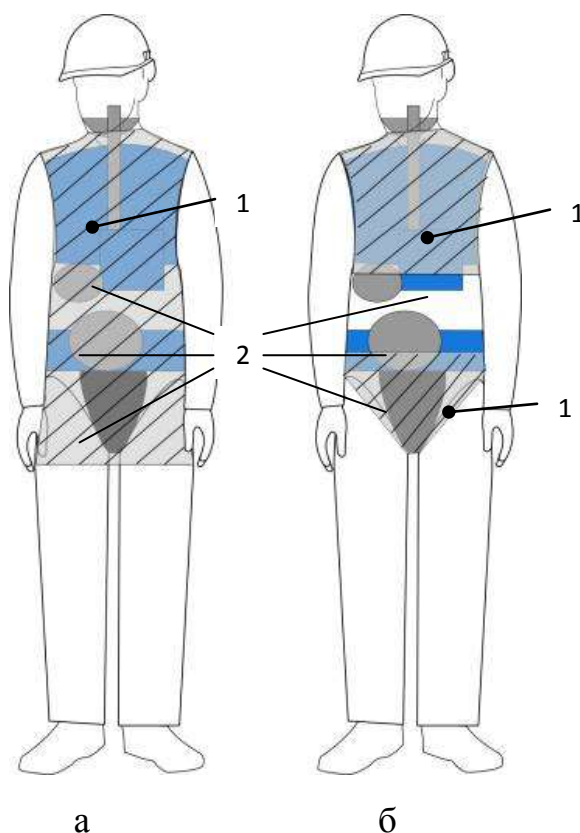


Рисунок 1.5 - Різновиди захисного шару в ЗІЗ від ІВ: а – багат шаровий суцільний, що забезпечує однаковий захист всього тіла; б - багат шаровий з можливістю захисту окремих ділянок тіла людини; 1 – захисний шар; 2 – органи тіла людини.

Суцільний багатошаровий ЗІЗ має ряд недоліків: при його експлуатації виникає проблема з обмеженням рухів людини через велику жорсткість матеріалів; товщина захисного шару різко обмежується можливостями технологічного обладнання, що призводить в свою чергу до обмеження його захисних властивостей; необґрунтоване використання матеріалу, надмірна маса виробів та ін. Це призводить до збільшення ваги виробу, що призводить до обмеження товщини захисного шару та унеможливується комбінування в захисному шарі матеріалів з різними захисними властивостями.

Конструкція ЗІЗ, що показано на рисунку 1.5 дозволяє захистити тільки певні частини тіла, що, на відміну від суцільних костюмів, які в своєму пакеті мають два основні шари [9]:

- зовнішній шар, або формоутворюючий, що фіксує або створює форму одягу;
- захисний шар, що безпосередньо забезпечує захист від дії ІВ.

Зовнішній шар найчастіше виготовляється з бавовняної, лавсанової тканин або з плівкових матеріалів. В свою чергу, захисний шар виготовляється з різних видів РЗМ.

З результатів аналізу зрозуміло, що для зменшення ефективної дози, отриманої персоналом, в першу чергу слід захищати органи і тканини з найбільшою величиною вагових множників, тобто найбільш чутливі до дії ІВ. Тому при розробці комплекту нових засобів захисту від ІВ необхідним є використання принципу диференціювання захисту з найбільшим його рівнем в зоні розташування найбільш чутливих до випромінювання (критичних) органів і тканин.

Так як тиск ЗІЗ на тіло людини є одним з найважливіших показників, що визначають рівень його ергономічної досконалості, то для ЗІЗ від ІВ значущість цього показника набуває виключно важливого значення зважаючи на велику масу і жорсткість. Також, як зазначалось, підвищення захисних показників ЗІЗ від ІВ безпосередньо впливає до збільшення його маси, тому вагомим показником їх використання є тиск на поверхню тіла людини, тому у роботі [9]

автор вивчає вплив маси одягу на тіло працівника, яка спричиняє цей тиск. В результаті досліджень запропонував схему розташування кишень та захисних модулів у захисному костюмі (рисунок 1.6).

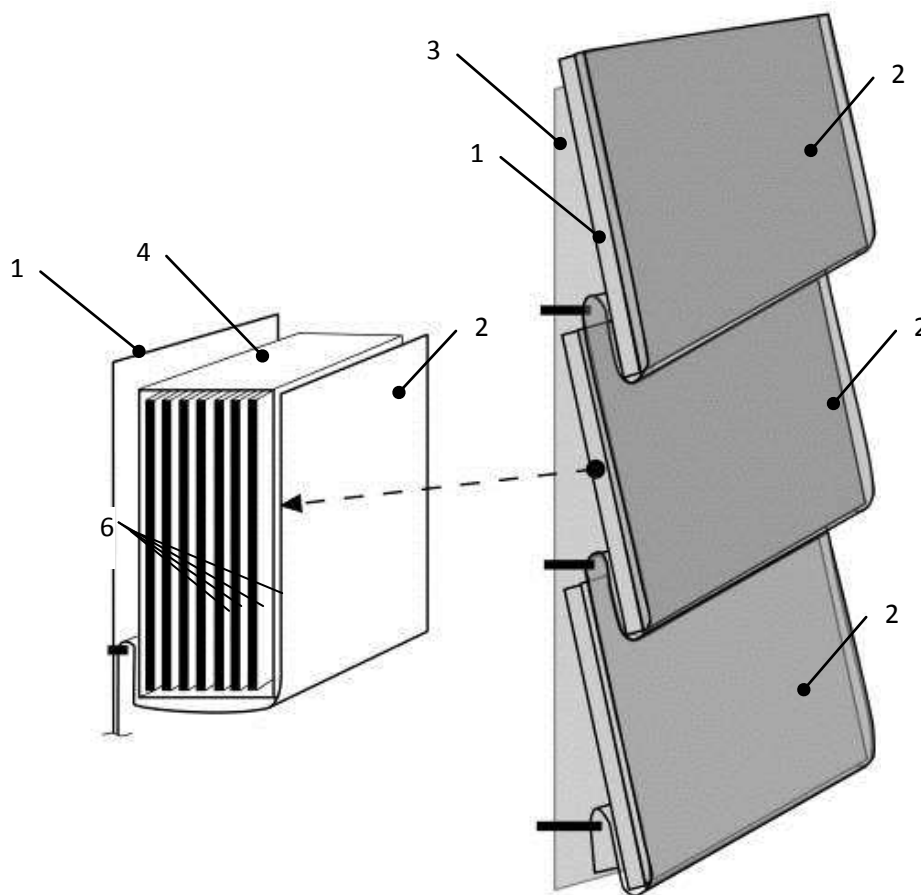


Рисунок 1.6 - Запропонована схема розташування кишень та захисних модулів в ЗІЗ від ІВ: 1 – матеріал зовнішнього боку кишені для захисного модуля; 2 – матеріал внутрішнього боку кишені для захисного модуля; 3 – захисний модуль; 4 – оболонка захисного модуля; 5 – шари РЗМ

Для забезпечення сталих захисних показників модулі повинні перекривати один одного (рис. 1.6). Крім того можлива поява незахищених ділянок тіла працівника, тому необхідно розрахувати величину перекриття одного модуля іншим.

Автором [10] розроблено радіаційно - захисний костюм (рис. 1.7), призначений для захисту персоналу АЕС від підвищеного рівня ІВ при ремонтних і профілактичних роботах. Художньо-конструктивне рішення костюма показано на рисунку 1.7.

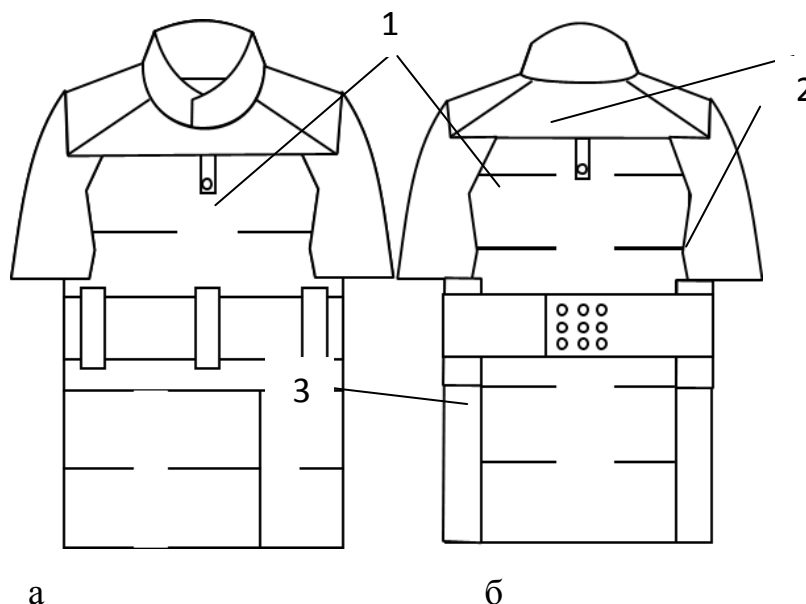


Рисунок 1.7 - Технічний рисунок розробленого костюму а – вигляд спереду; б - вигляд ззаду: 1 – жилет; 2 – плечова накладка з рукавами; 3 – пояс жилета

До радіаційно-захисного костюму входять: жилет, комір з плечовою накладкою та рукавами, засіб захисту гонад, пояс, з'ємна поясна кишеня та захисні модулі.

### **1.3. Аналіз існуючих видів радіаційно-захисних матеріалів для виготовлення спеціального захисного одягу від підвищеного рівня іонізуючого випромінювання**

Відповідно до сучасних вимог щодо регламентації та експлуатації , провідну роль відіграє правильний добір матеріалів до складу комплекту ЗО. Проектно-конструкторську розробку ЗО здійснюють із застосуванням матеріалів, перевірених у дослідних і промислових умовах. Загальні принципи вибору системи показників захисних матеріалів закладено у [11]. Особливості вибору матеріалу для працівників різних галузей і АЕС викладено у [12]. Розробку і вибір матеріалу здійснюють з урахуванням таких характеристик [6]:

– захисних: стійкість до агресивних речовин: (пил, вода, луги, кислоти, нафта та нафтопродукти, органічні розчинники). Для захисту від води визначають показники: водопоглинання; водотривкість; водонепроникність. Для

захисту від кислот визначають кислотопроникність, кислотостійкість, концентрацію та перелік кислот, наприклад, сірчана – 93 %, соляна – 37 %, азотна – 50 %, фосфорна – 50 %, оцтова – 30–50 %, мурашина – 30–50 %. Для захисту від лугів визначають стійкість до лугів та їхню концентрацію: наприклад, гідроокис натрію, калію 40 %, гіпохлорит натрію – 12 % хлору, гідроокис амонію – 30 %. Аналогічно визначають захисні властивості для органічних розчинників, таких як бензол, толуол, диметилформмагід, етиленгліколь, гліцерин, n-гептан, гексан, гідразин;

- фізико-механічних: для полімерних матеріалів складаються з більш як п'ятнадцяти показників: поверхнева густина, товщина, розривальне навантаження, видовження під час розривання; розривальне напруження; роздиральне навантаження, міцність до роздирання, опір роздиранню, стійкість до стирання та розтріскування за багаторазових згинань, стійкість до проколювання, усадка підчас прання, жорсткість, міцність зв'язку плівки з основою матеріалу;

- температурних: діапазон температур, для якого призначено експлуатацію одягу, максимальна та мінімальна температури, за яких матеріал не втрачає своїх властивостей;

- вогнезахисних: вогнестійкість;

- електричних: поверхневий та об'ємний електричний опір; діелектрична проникність, коефіцієнт діелектричних втрат, електрична міцність;

- гігієнічних: пилопроникність (розмір частинок, концентрація, потік проникнення), повітропроникність, теплопровідність, проникність водяних парів, гігроскопічність, біологічна інертність;

- методів очищення від забруднення: прання, дезактивація, дегазація;

- економічних: вартість.

Існуючий асортимент радіаційно-захисних матеріалів (РЗМ) постійно оновлюється у зв'язку з розвитком науки про матеріали, що дозволяє створювати ЗІЗ від ІВ з високими захисними властивостями [87]. Забезпечення



максимальних захисних властивостей РЗМ полягає у використанні елементів з високим атомним номером. Захисні властивості матеріалів залежать тільки від кількості важкого елементу в наповнювачі, тобто, від його поверхневої щільності. Необхідні експлуатаційні властивості матеріалу забезпечуються за рахунок внесення вказаних елементів в різні матриці з заданими фізико-хімічними та механічними властивостями. Основним елементом при цьому є свинець, використання якого не рекомендується Всесвітньою організацією охорони здоров'я та утилізація якого потребує значних матеріальних і фінансових витрат, що не враховуються при придбанні матеріалів на основі свинцю [9].

На теперішній час для виготовлення СЗО від ПР ІВ, найчастіше використовують свинцевмісні еластичні матеріали або просвинцьовані гумові матеріали. Також у зв'язку з високою токсичністю свинцю промислове виробництво свинцевих гум належить до класу виробництв з особливо шкідливими умовами праці. Крім того, свинець має відносно низькі властивості поглинання рентгенівського і гамма-випромінювання в діапазоні енергій від 40 кеВ до 70 кеВ, тобто в тій області, яка дає найбільший внесок в сумарну дозу випромінювання, що впливає на персонал. При цьому ефективність РЗМ із зростанням енергії фотонного випромінювання швидко знижується [89]. Виходячи з світового досвіду, матеріали для СЗО від ПР ІВ повинні бути з використанням полімерних матеріалів – ПВХ, поліпропілену та поліуретану, але не гуми, тому слід також розглянути матеріали, які не містять свинцю. У зв'язку з відсутністю слід скласти класифікацію РЗМ для узагальнення різновидів та виявити вплив на властивості матеріалу основ та наповнювачів [9].

В матеріалах, що є альтернативою свинцю, використовують такі елементи як барій, вісмут, молібден, кадмій, цирконій, олово, вольфрам, уран, рідкоземельні елементи. Але при цьому важко забезпечити оптимальні значення всіх властивостей матеріалу та економічних показників його виробництва: радіаційного захисту, відносної ваги, еластичності, міцності,

низької вартості, наявності технології їх виготовлення або необхідних компонентів. Тому досі ведеться пошук та дослідження нових підходів для забезпечення найкращих техніко-економічних показників РЗМ [9].

Науковою новизною в сучасних розробках РЗМ є застосування нових фізичних ефектів взаємодії рентгенівського та гамма-випромінювання з ультрадисперсними середовищами, що призводить до створення композиційних матеріалів з високими радіаційно-захисними властивостями з невисокою питомою вагою, які не мають аналогів в світовому виробництві РЗМ та виробів за техніко-економічними показниками. Такі матеріали не містять токсичних складових та не потребують спеціальних методів утилізації. При однакових захисних властивостях маса матеріалу на основі полідисперсних наповнювачів буде значно менше існуючих свинцевмісних еластичних матеріалів [9].

Порівняльний аналіз захисних властивостей деяких РЗМ за свинцевим еквівалентом представлено на рис. 1.8 [9], який дозволив визначити їх основні недоліки, серед яких:

- низька термостійкість;
- низькі значення рентгенозахисних властивостей;
- токсичні складові речовини матеріалів;
- низька міцність матеріалу;
- нерівномірне розподілення наповнювача об'ємом основи, що призводить до зниження рентгенозахисних властивостей матеріалу;
- високий вихід характеристичного і розсіяного випромінювання від металевого наповнювача;
- порушення структури матеріалу (розтріскування), що призводить до втрат захисних властивостей;
- порушення однорідної структури текстильної основи;
- унеможливлення створення з матеріалу компактного захисту від рентген - і гамма-випромінювання;
- висока маса та низькі пластичні властивості матеріалу.

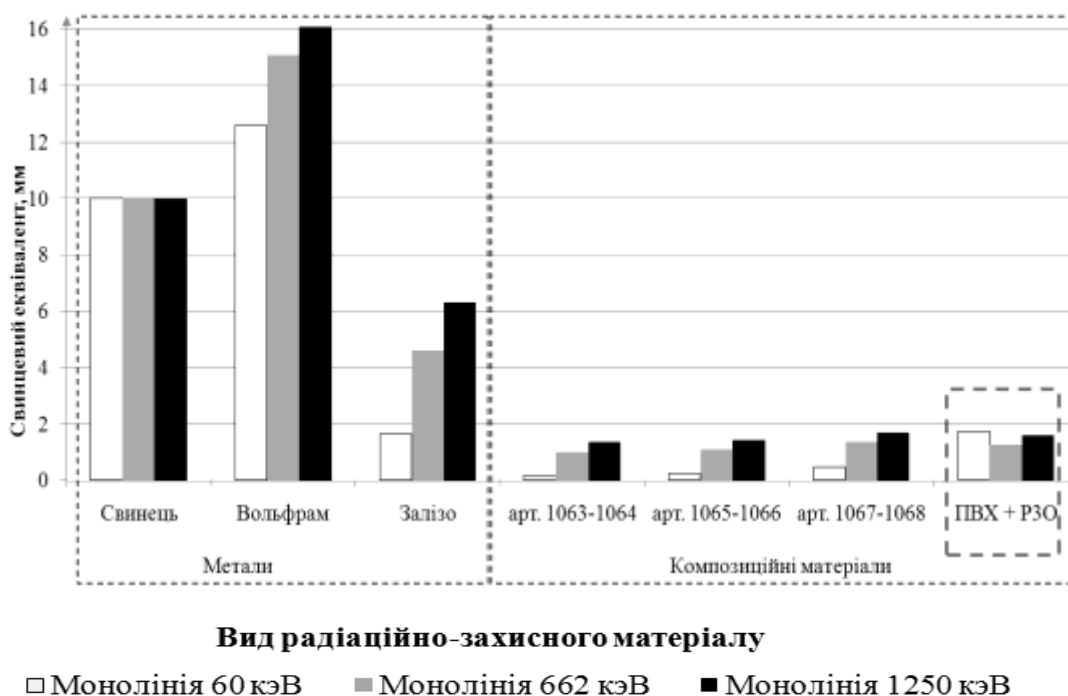


Рисунок 1.8 - Залежності свинцевого еквіваленту РЗМ товщиною 10 мм від енергії випромінювання

Автор [9] у своїй роботі, досліджуючи існуючі види РЗМ, виділив матеріал «Протектор-2000» (ПВХ-РЗО), що виготовляє вітчизняне підприємство – Державне конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля, м. Дніпропетровськ. Дослідження асортименту РЗМ показало, що матеріал ПВХ-РЗО забезпечує більш рівномірний захист при різних енергіях гаммаквантів, ніж інші аналоги, що не містять свинцю. Також, виходячи з порівняльного аналізу проведеного В.М. Пишневим [13], матеріал ПВХ-РЗО має лише на 8,2% менший масовий коефіцієнт ослаблення в порівнянні з матеріалом, що складається з ПВХ основи та містить до 80% свинцю (рис. 1.9).

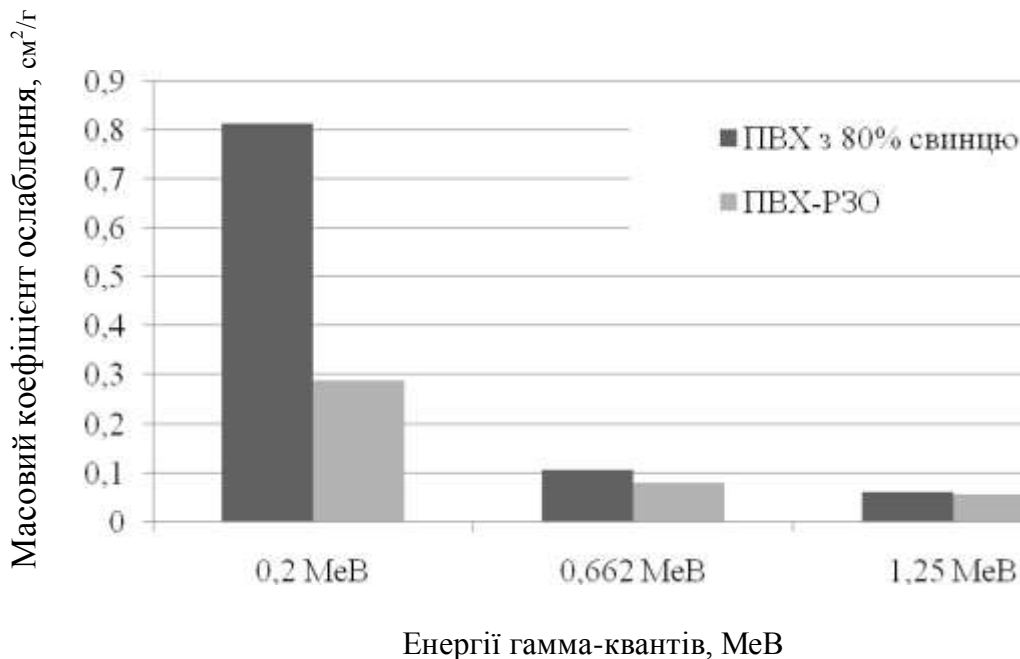


Рисунок 1.9 - Залежність питомого масового коефіцієнта ослаблення від енергії квантів та виду радіаційно-захисного матеріалу

Матеріал є полімерною композицією на основі ПВХ з високим вмістом багатоеlementного сумішевого дрібнодисперсного рентгенозахисного наповнювача з оксидів рідкоземельних елементів. У його складі повністю відсутній свинець і по своєму основному функціональному призначенню ПВХ-Р3О є альтернативою існуючим рентгенозахисним полімерним свинцевмісним матеріалам. На відміну від подібних матеріалів на основі гум, даний матеріал добре піддається вторинній переробці, термостійкий, що дозволяє майже без відходів утилізувати ЗІЗ [14].

## ВИСНОВКИ

Основним завданням при створенні РЗМ є, по-перше, виключення токсичності рентгенозахисного матеріалу, по-друге, зниження маси і товщини захисного матеріалу. Виключення токсичності досягають шляхом застосування нетоксичних наповнювачів (наприклад, вольфраму). Створення ж компактного захисту із зменшеною товщиною захисного матеріалу, при збереженні захисних властивостей (тобто ступені ослаблення рентген - і гамма-випромінювання), веде до зростання маси захисного шару матеріалу через використання "важких" наповнювачів, тобто наповнювачів, що мають високу щільність. І навпаки, при збереженні захисних властивостей, зниження щільності захисного матеріалу спричиняє необхідність збільшення його товщини.

Сучасна світова тенденція передбачає, що розробленню ЗО передують створення окремого матеріалу з відповідними параметрами. Для поліпшення експлуатаційних і гігієнічних властивостей захисних засобів, які відповідають сучасним умовам праці та вимогам європейських стандартів, розробляють полімерні матеріали. Характеристики полімерних матеріалів залежать від великої кількості чинників, серед яких визначальними є сировина, композиція, методи отримання та обробки [3].

Практика визначення кількісних параметрів матеріалів і виробів передбачає експериментальні випробування. У лабораторних умовах більшість параметрів (характеристики матеріалів) і граничних показників (терміни використання) визначають як детерміновані величини та інтерполюють у припущенні лінійності та незмінності початкових умов, що не відповідає реальним умовам експлуатації [3]. Під час випробувань у промислових умовах за наявних проблем забезпечення вимірювальними приладами, визначення цілої низки показників відбувається на основі трудомістких натурних експериментів. Використання застарілих приладів і методів випробувань в умовах впливу іонізуючого випромінювання, змінних виробничих умов і параметрів мікроклімату на робочих місцях, може призвести до суттєвих похибок під час контролю захисних властивостей, параметрів електромагнітних і теплових полів та їхнього впливу на працівника й устаткування, тому основою кількісного аналізу в роботі є експеримент і математичне моделювання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Безпека життєдіяльності / За ред. Я. І. Бедрія. — Львів, 2000 — 270 с.
2. Технічний регламент засобів індивідуального захисту. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2008 р. N 761.
3. Величковский Б Т, Кирпичев В И, Суравегина И Т Здоровье человека и окружающая среда. — М Новая шк., 1997.
4. ДСТУ ISO 8194 – 2001 «Захист від радіації. Одяг для захисту від радіоактивного забруднення. Проектування, вибір, методи випробовування та використання».
5. Кокеткин П. П. Промышленное проектирование специальной одежды / П. П. Кокеткин, З. С. Чубарова, Р. Ф. Афанасьева. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 184 с.
6. Третьякова Лариса Дмитрівна. Розвиток наукових основ створення захисного одягу для працівників атомних електричних станцій. - Дисертація д-ра техн. наук: 05.18.19, Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. - К., 2013.- 360 с. : рис., табл.
7. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения // МАГАТЭ. Серия норм по безопасности. – 1997. – № 115. – 156 с.
8. Волович В Г Человек в экстремальных условиях природной среды. — М Мысль, 1983.
9. Курганський Андрій Володимирович. Розробка спеціального одягу для захисту від підвищеного рівня іонізуючого випромінювання : Дис... канд. наук: 05.18.19 - 2011. КИЇВ – 2011 258с.
10. Патент 11195 Україна, МПК (2006) G 21 F 3/02. Протирадіаційний жилет / Курганський А.В., Білоусова Г.Г., Третьякова Л.Д.; заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну. – №u200505354; заявл. 06.06.2005; опубл. 15.12.2005, Бюл. №12.

11. Бузов Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова. – М.: Academia, 2004. – 448 с.
12. Голубеев М. И. Разработка спецодежды для защиты от радиоактивного загрязнения / М. И. Голубеев, В. Ю. Мишаков // Рабочая одежда. – 2005. – №2. – С. 27–30.
13. Пишнів В.М. Порівняльна оцінка рентгенозахисних матеріалів на основі свинцевмісних і безсвинцевих наповнювачів / В.М. Пишнів // Український радіологічний журнал. – 2002. – т. 10, вип. 1. – С.24-28.
14. Бенецкий Б.А. // Радиационные поражения и перспективы развития средств индивидуальной защиты от ионизирующих излучений / Б.А. Бенецкий, Е.Е. Гогин, В.Н. Филатова / под ред. Бенецкого Б.А., Гогина Е.Е., Филатова В.Н. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1992. – С. 108.

## АНОТАЦІЯ

наукової роботи під шифром: «Прзаход»

Проблема створення спеціального одягу, що відповідає гігієнічним вимогам, стає ще більш актуальною. У зв'язку з широким впровадженням матеріалів виготовлених хімічним шляхом, з тенденцією до значного зниження матеріаломісткості тканин та з необхідністю експлуатації їх у різних виробчих умовах, пред'являється ряд додаткових, іноді різнопланових вимог. Це обумовлює той факт що, все більшого значення в проектуванні та оцінці якості одягу набуває проблема її гігієнічності.

Отже, **метою** дослідження є розробка нормативного забезпечення для робочого одягу, що зменшує іонізуюче випромінювання.

Для цього було поставлені **задачі**:

- Дослідити стан питання по задачі і розглянути основні питання з якості засобів індивідуального захисту ;
- Проаналізувати показники радіаційно-захисного одягу;
- Розробити нормативне забезпечення для захисного робочого одягу.

**Об'єкт дослідження:** розробка нормативних параметрів захисного матеріалу для створення засобів індивідуального захисту людей, які працюють в умовах іонізуючого випромінювання.

**Предмет дослідження:** застосування методу чисельного моделювання для розробки нормативних параметрів захисного матеріалу від впливу іонізуючого випромінювання.

**Методи дослідження:** теоретичні і експериментальні. Теоретичні дослідження базуються на застосуванні теорії математичної фізики, теорії атомної фізики, математичних методів чисельного моделювання. Для моделювання проходження нейтронів через речовину з метою вивчення їх радіаційно-захисних властивостей було обрано стохастичний метод (Монте-Карло).



Експериментальні дослідження реалізувалися проведенням експериментів щодо визначення процесу проходження іонізуючого випромінювання через захисний матеріал та проводились у спеціалізованій та акредитованій лабораторії.

**Наукова новизна отриманих результатів.** За результатами аналізу та узагальнення отриманих даних запропоновано новий вид захисного матеріалу та, застосовуючи метод чисельного моделювання, розроблені його нормативні параметри з метою створення засобів індивідуального захисту людей, які працюють в умовах іонізуючого випромінювання.

**Практичне значення** одержаних результатів складається у тому, що вони дозволяють:

Правильно підібрати параметри матеріалів для розв'язання конкретних задач.

Гіпотеза дослідження: полягає у припущенні, що при удосконаленні спецодягу для персоналу що виконують роботи у надзвичайних умовах іонізуючого випромінювання значно підвищиться ефективність виконуваних робіт.

**Ключові слова:** ВИРОБНИЧА БЕЗПЕКА, РОБОЧИЙ ОДЯГ, ІОНІЗУЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЧИННИКИ НЕБЕЗПЕК.