

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ПОГІРШУЮТЬ ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПРОТИПИЛОВОГО ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ

С.І. Чеберячко, ДВНЗ «Національний гірничий університет», Україна

В статті проаналізовано основні причини погіршення захисної ефективності засобів індивідуального захисту органів дихання. Виявлено, що слабкими місцями є носо-губна зона і підборіддя. Особливо, через нерівномірний розподіл зусиль, викликаний неправильним розташуванням оголі'я, антропометричними характеристиками обличчя або необхідністю нахилів тулуба, в цих зонах фіксується значне підсмоктування нефільтрованого повітря. Наведені рекомендації щодо підвищення ефективності протипилового захисту органів дихання.

Актуальність. Умови праці на промислових підприємствах значною мірою визначаються пиловим фактором, тобто залежать від вмісту пилу в повітрі робочої зони, його викидів та пило-відкладення поблизу джерел пилу або у вентильційних каналах, включаючи гірничі виробки. При цьому властивості пилу обумовлюють вибір відповідних заходів для боротьби з ним.

Повністю подавити пил практично неможливо, крім того процес знепилювання потребує значних матеріальних затрат. Тому діючими нормативними документами з охорони праці встановлюється санітарно-гігієнічні норми, а при неможливості їх забезпечення при використанні існуючих засобів знесилення, наприклад у вугільних шахтах, технічно досяжні рівні вмісту пилу в повітрі, а також величина пиловідкладення, зокрема, у гірничих виробках шахт, та пилового навантаження працюючих. Крім того, для захисту працюючих, передбачено видачу засобів індивідуального захисту органів дихання. Вибір, останніх регламентований декількома стандартами [1, 2]. Вважається, що при правильному виборі фільтрувального респіратора він надійно захищає органи дихання людини. Незважаючи на те, що на багатьох виробництвах використання індивідуальних засобів захисту є обов'язковим, кількість хворих на пневмоконіоз з кожним роком збільшується. Виникає запитання щодо ефективності використання протипилових респіраторів саме у виробничих умовах, оскільки лабораторні випробування респіраторів свідчать про їх високу ефективність.

Аналіз публікацій досліджень. Вітчизняні публікації з цієї проблеми майже всі говорять про високі захисні властивості сучасних ЗІЗОД. Так, перші дослідження, які підтверджували ефективність фільтрувальних респіраторів були опубліковані ще у 60-х роках у монографії Торопова С.О. Средства защиты при работе с ядохимикатами на складах и базах "Сельхозтехника", де говорилось, що у фільтрувальних півмасок ШБ-1 "Лепесток-200" і У-2К та респіратора Ф-62Ш, коефіцієнт захисту складає 1000 одиниць (перелічені півмаски використовуються і зараз) [3]. Подібна інформація була опублікована і у альбомі Трумпайца Я.І., Афанасьєва О.М. "Индивидуальные средства защиты органов дыхания" [4]. Пізніше з'явилась інформація про високу ефективність фільтрувальної півмаски "Лепесток", яка базувалась на проведених виробничих дослідженнях авторами В.І. Петрянова, В.С. Кошєєва та інших у монографії «Лепесток. Легкі респіратори» [5]. На основі масових медичних перевірок працівників зі шкідливими умовами праці було стверджено, рівень професійних захворювань знизився на 80 %. Існує значна кількість інших матеріалів (довідників, статей, монографій) в яких відмічалась суттєві захисні показники вітчизняних засобів індивідуального захисту органів дихання. Зокрема у монографії Городинського "Средства индивидуальной защиты для работы с радиоактивными веществами" говорилось, що респіратор "Лепесток-200" можна використовувати для захисту від радіоактивних аерозолів з перевищенням до 200 ПДК [6]. Цікавою є стаття авторів в якій наводяться дані порівняльних випробувань на виробництві протипилових респіраторів РПА, Астра-2, Ф-62Ш та

інших в якій вказуються коефіцієнт проникнення Астра-2 до 4 %, тоді, як у РПА — 0,5 % [7]. Відомо, що відносно нова серія респіраторів РПА, ПРШ та РП використовували гумову півмаска ПР-7, яка відповідно до ГОСТ забезпечує 2 клас захисту (тобто коефіцієнт проникнення більше 1 %), в той же час півмаска для “Астри” вважається першого класу захисту (коефіцієнт проникнення до 1 %).

У публікаціях 80 - 90 років минулого століття вже не так категорично стверджувалась ефективність використання ЗІЗОД. З'явилися ряд вимог та обмежувальних факторів виконання яких за думкою авторів забезпечить надійних захист органів дихання. Наприклад, у довіднику Каминського С.Л. та Басманова П.И. “Средства индивидуальной защиты органов дыхания” [8] обмежувався час використання ЗІЗОД в залежності від навантаження, вказувався приблизний термін захисної дії фільтрів та рекомендували ті чи інші півмаски відповідно до умов праці. В осатаній редакції цього довідника у 2003 році автори П.И. Басманов, С.Л. Камінский [9] посилаючись на різні вітчизняні і зарубіжні публікації говорять про значну ефективність фільтрувальних респіраторів. В той же час були переглянуті вимоги до сфери застосування фільтрувальних півмасок відповідно до класу захисту. При чому респіратори найвищого класу захисту можна використовувати до 40 ПДК тоді як в попередніх публікаціях зустрічались величини до 200 ПДК і до 1000 ПДК.

З іншого боку є публікації де про захисну ефективність респіраторів було заявлено не так категорично. Так на основі двадцятирічного дослідження динаміки захворюваності на пневмокніоз гірників Донбасу авторами Зінгером Ф.К. Сорокіним Е.С., Мухіною К.Ш. [10] підкреслено, що використання респіраторів наблизило показники пилової експозиції до моменту виникнення захворювання у працівників шахт з різними гірничо-геологічними умовами і зменшило розрив між кількістю захворілих гірників з різним трудовим стажем. «Наявність респіраторів безперечно зменшує ризик захворювання, але не ліквідує загрози здоров'ю». стверджують зазначені автори. В той же час, Я.І. Трумпайц і Е.М. Афанасьєва, проаналізувавши ефективність протигазового респіратора РУ-67м у виробничих умовах, який виготовляється з гумової півмаски ПР-7, як і більшість вітчизняних ЗІЗОД, показали, що інколи його коефіцієнт проникнення сягає 20 %, тоді як при лабораторних випробуваннях – фіксують не більше 2 – 3 % [11].

Ще у 1983 і 1988 роках Б. М. Тюриковим і А. П. Гаврищуком було опубліковано результати виробничих досліджень цілого ряду вітчизняних респіраторів (півмасок Кама, Лепесток, Пахтакор, РП-КМ, Сніжок; і шолома з примусовою подачею повітря Racal) [12]. Отримані ними коефіцієнти захисту коливалися в діапазоні від 2,5 до 125, що показує не стабільність цього показника. Ці дослідження підштовхнули до розробки ЗІЗОД з примусовою подачею повітря. Крім того, результати цих виробничих вимірювань суперечать майже всім опублікованим вітчизняним рекомендаціям (заснованих, в основному, на результатах лабораторних вимірювань).

На основі чисельних досліджень захисної ефективності фільтрувальних респіраторів різними зарубіжними дослідниками було встановлено, що їх захисна ефективність величина не постійна і може змінюватись у широкому діапазоні. Навіть в одного і того ж працюючого при носінні однієї півмаски коефіцієнт проникнення аерозолі може змінюватись в десятки разів [13 - 17].

У результаті проведення цих досліджень було розроблено нову термінологію для шести різних коефіцієнтів захисту. Наприклад, з'явилось поняття очікуваного коефіцієнта захисту респіраторів – це мінімальний очікуваний рівень респіраторного захисту, який повинен забезпечити справний респіратор у виробничих умовах при використанні основною масою навчених і тренуваних працівників після перевірки відповідності півмаски лицю. Крім того, більшість європейських країн знизили границю області допустимого використання фільтрувальних півмасок з високоефективними фільтрами до 50 ПДК, а зі звичайними до 10 ПДК. Так, в США суттєва різниця між лабораторними і виробничими умовами призвела до того, що виробничі випробування є однією з основних вимог при сертифікаційній перевірці якості ЗІЗОД [17].

Останні дослідження коефіцієнта захисту респіратора базуються на використанні нового уні-

кального портативного приладу, який дозволяє визначати рахункові концентрації частинок пилу зовні і під маскою респіратору під час роботи в реальному часі, враховуючи оптичний діаметр частинок (5 діапазонів розмірів) [18]. Результати цих досліджень дозволили уточнити коефіцієнт захисту фільтрувальних півмасок різних конструкцій, визначити фактори, які призводять до його погіршення. Використання біомоніторингу дозволило встановити ефект від використання ЗІЗОД із захисту організму та розробити на законодавчому рівні низку правил та рекомендацій з вибору та організації використання ЗІЗОД.

Постановка задачі. З останніх зарубіжних публікацій відомий цілий ряд причин, які погіршують захисні властивості ЗІЗОД при використанні їх на виробництві їх можна звести до трьох основних це:

- невідповідна або неякісна конструкція півмасок (може мати недостатні ізолювальні властивості, не відповідати обличчю працівника, бути незручною);
- вплив умов праці (ритм, темп виконуваної роботи, необхідність розмовляти, вплив кліматичних умов);
- правильність користування півмасками (одягання, підгонка, перевірка на відповідність півмаски лицю, перевірка ізолювальних властивостей перед початком і під час роботи). **Метою даної публікації** є виявлення впливу кожного з факторів на захисну ефективність протипилових респіраторів.

Матеріали та обговорення результатів дослідження. Перший фактор, який може призвести до погіршення захисних властивостей ЗІЗОД — це їх конструкція. Відомо, що протипиловий фільтрувальний респіратор складається з декількох елементів: каркасу півмаски, фільтрів або фільтрувальних коробок, обтюратора, оголів'я, коробки з клапанами вдихання і видихання (рис. 1). Відповідно, до типу півмасок (одноразові або багаторазові) деякі елементи можуть бути відсутні, а деякі взаємно замінюватись. Наприклад, у одноразових півмасок каркас може бути одночасно і фільтром.

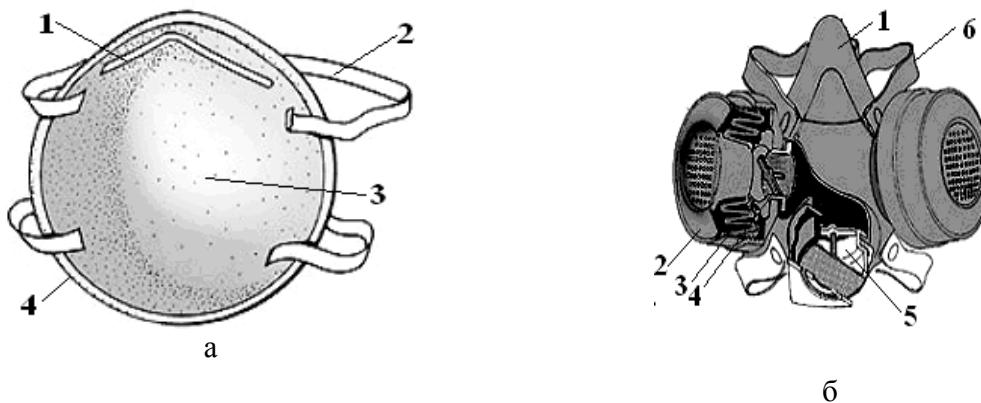


Рис.1. Типи ЗІЗОД: а – одноразовий респіратор: 1 – носовий затискач; 2 – оголів'я; 3 – фільтрувальна півмаска; 4 – обтюратор; б – патронний респіратор: 1 – півмаска з еластичного матеріалу; 2 – фільтрувальна коробка; 3 – фільтр; 4 – клапан вдиху; 5 – клапан видиху; 6 – оголів'я

Аналізуючи роботу ЗІЗОД, бачимо три основних канали потрапляння повітря у підмасковий простір — це саме через фільтр та нещільності смуги обтюратору та клапанів видихання (рис. 2).

Стосовно фільтрів їх якість залежить: по-перше від характеристик фільтрувального матеріалу (діаметру волокон, щільності упакування волокон, товщини фільтрувального шару, наявності або відсутності електростатичного заряду), які забезпечують уловлювання аерозольних частинок за допомогою декількох механізмів фільтрування; по-друге від просторової конструкції фільтра.

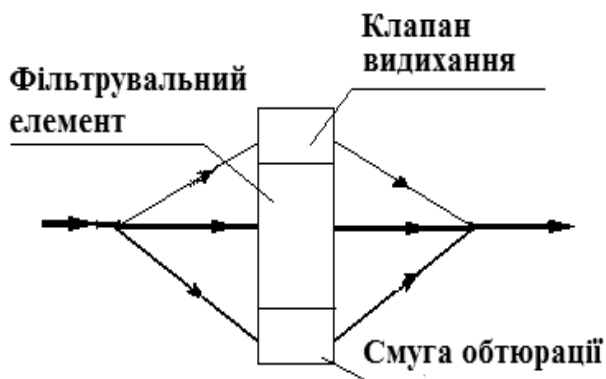


Рис. 2. Схема повітряних потоків через фільтрувальну півмаску

фільтрації і опір повітряному потоку відповідно до заданого класу захисту ЗІЗОД. Крім того, для покращення фільтрувальних властивостей на ці матеріали наносять поверхневий електростатичний заряд, який в десятки разів підвищує результативність уловлювання частинок (рис. 3, 4). Також для підвищення ефективності фільтрування практикується збільшувати поверхневу щільність упаковки волокон або кількість фільтрувальних шарів.

Для виготовлення фільтрів використовують спеціальні фільтрувальні матеріали, які характеризуються безладно розташованими ультратонкими волокнами (діаметром від 1 до 10 мкм), наявністю електростатичного заряду та низьким опором повітряного потоку. Найпоширеніші серед них – матеріали типу ФПП (фільтри Петрянова, волокна яких виготовлені з перхлорвінілової смоли), поліпропіленові матеріали та певні види фільтрувального паперу (табл. 1). У волокнистих фільтруючих матеріалах використовуються природні чи спеціально отримані волокна товщиною 0,01...100 мкм, що дозволяє одержати відповідну ефективність

Таблиця 1.

Основні показники фільтрувальних матеріалів для виготовлення ЗІЗОД

Марка фільтрувального матеріалу	Середній діаметр волокна, мкм	Розривне навантаження, Н	ЩІЛЬНІСТЬ, г/м ²	Опір повітряному потоку при швидкості 1 см/с, мм. вод. ст.	Коефіцієнт проникнення, К по аерозолю МТ при швидкості 1 см/с
ФПП 15-0,6	1,5	0,5	13...19	0,5...0,7	0,5
ФПП 15-1,0			15...25	0,9...1,2	0,08
ФПП 15-1,5			25...30	1,2...1,5	0,01
елефлен	2,5	11	45...50	3...5	6...9
НФП	2,0	10	40...45	4...6	6...8

Слід відзначити, що складова електростатичного механізму вловлювання при визначенні загального коефіцієнта охоплення становить майже 90 % при швидкості фільтрації до 6 см/с. Ураховуючи, що витрата повітря крізь ЗІЗОД досягає 30 – 90 л/хв, а їх площа 500 – 1000 см², то максимальна швидкість повітря при цьому дорівнюватиме близько 4 см/с. Тому в розрахунках захисної ефективності дією інерційного і дифузійного механізмів можна знехтувати, оскільки вона – менше 10 % від загального [19].

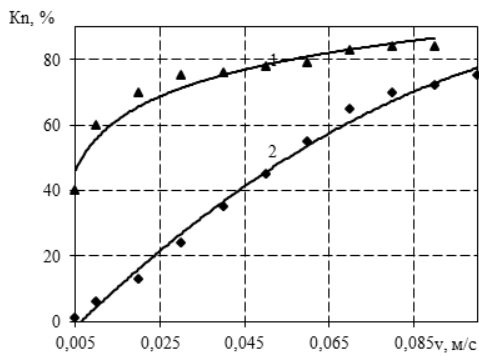


Рис. 3. Залежність коефіцієнта проникнення від швидкості фільтрації фільтрувального матеріалу з елефлену без заряду (1) та з елефлену із зарядом $E = 350 \text{ В/м}^2$ (2)

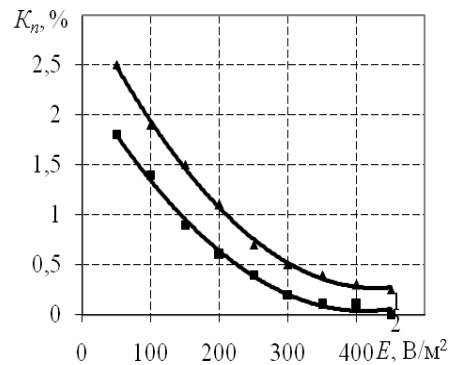


Рис. 4. Криві залежності коефіцієнта проникнення від величини поверхневої щільності електростатичного заряду на фільтрувальних матеріалах з елефлену (1) та з ФПП 15-1,0 (2)

Існує декілька конструктивних рішень фільтрів, які найчастіше зустрічаються у ЗІЗОД – це гофровані і негофровані (рис. 5, 6). Одні виробники ЗІЗОД для збільшення терміну дії фільтрів нарощують площу фільтра – за рахунок гофрування, а інші товщину – за рахунок набору декількох фільтрувальних шарів різної щільності упакування. Кожний з цих шляхів має свої переваги і недоліки. Так, при гофруванні важливою умовою є забезпечення певного співвідношення між висотою гофри і відстанню між сусідніми складками [20]. Якщо його недотримуватись, то виникне нерівномірний розподіл повітряного потоку за висотою складок їх змикання і перевантаження верхньої частини фільтра. Така ситуація викликає різке зростання опору диханню, погіршення фільтрувальних властивостей і зменшення терміну дії.

Складність виготовлення багат шарових фільтрів полягає у визначенні щільності упакування волокон та кількості фільтрувальних шарів, для забезпечення необхідного строку використання. Інколи, для збереження високих захисних властивостей таких фільтрів при певних умовах експлуатації, розрахунки показують, що не має сенсу у їх виробництві таких фільтрів через високу собівартість.

Однак, всі фільтри відомих виробників ЗІЗОД мають високі захисні властивості і характеризуються наступними показниками:

- 1) коефіцієнт проникнення за тест-аерозолями – не більше 0,05 % для 3-го класу захисту; не більше 8 % – для другого; 20 % – для третього;
- 2) початковий опір при вдиханні з витратою повітря 30 л/хв не перевищує 100 Па для 3-го класу захисту; не більше 70 Па – для другого; 60 Па – для третього.

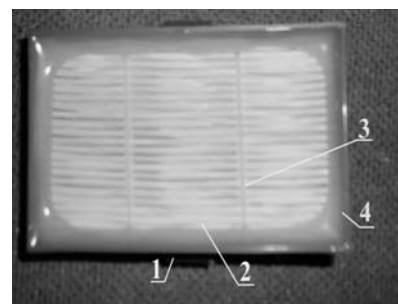
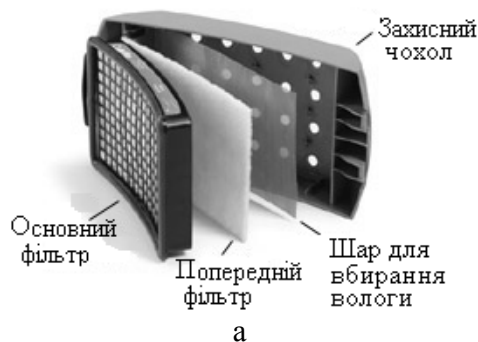


Рис. 5. Конструкції фільтрів: а – негофрованих; б – гофрованих: 1 – корпус; 2 – фільтр; 3 – сепаратор; 4 – герметик

Клапан видиху з'явився через необхідність виведення вологи із підмаскового простору, яка накопичується там під час видихання повітря з легенів. Їх наявність сприяє і зменшенню опору диханню, і збільшенню строку служби фільтрів. Однак вони можуть збільшити коефіцієнт проникнення шкідливих домішок через нещільності прилягання клапанів. Особливо це стосується ЗІЗОД з високим ступенем захисту. Оскільки такі ЗІЗОД мають підвищений опір повітряному потоку фільтрувальних елементів, що сприяє зростанню частки підсмоктувань забрудненого повітря в підмасковий простір через перерозподіл повітряних потоків [21]. Тому, важливо забезпечити якісну конструкцію клапанів видиху, щоб уникнути перебоїв в його роботи та суттєвих дефектів, які значно погіршать ступінь захисту ЗІЗОД.

Клапани видиху складаються з трьох основних елементів самого клапану, сідловини та кришки. Клапан виготовлюють із натуральної або силіконової резини і неоперена у вигляді диску, грибка або пелюстки (рис. 6). Сідловини сконструйовано у формі круглої основи з розміщеним у центрі штирком, до якого приєднують клапан, щоб надійно блокувати отвір під час вдихання і відкрити його під час видихання. Кришка клапану може бути будь-якої конфігурації її основна задача забезпечити захист клапану від пошкодження.

Перевірка клапанів видихання виконується за показниками опір повітряному потоку, герметичність, величина підсмоктування не фільтрованого повітря.

Результати досліджень [22] говорять, що найкращий показник герметичності має грибковий клапан, найгірший – пелюстковий. Це пояснюється тим, що конструкція клапанного вузла відіграє важливу роль. Саме завдяки їй забезпечується надійне притискання останнього до сідловини. Дослідження показали, що депресія під пелюстковим клапаном просто його викрутила і тим самим збільшила підсмоктування повітря.



Рис. 6. Клапани видиху (а, – грибковий; б – пелюстковий)

В той же час грибкова форма перешкоджає деформації клапану і тим самим збільшує герметичність. З іншого боку на величину підсмоктувань впливає товщина клапану. З тих же причин дисковий клапан з товщиною 0,5 мм має кращі показники ніж з товщиною 0,25 мм. Однак, інший важливий показник клапанів дихання опір повітряному потоку кращий з тоншого матеріалу (рис. 7, 8). Тому для товстіших необхідно збільшувати їх діаметр. Найнижчий опір диханню має пелюстковий клапан, оскільки він виготовлений із силікону, який характеризується порівняно з гумовими клапанами більшою еластичністю. Найбільший опір диханню спостерігається у грибкового. Його масивна конструкція вимагає прикладання деякого зусилля для його відкриття.

Важливою характеристикою півмасок є їх ізолювальні властивості. Однак вони можуть погіршуватись при невідповідному виборі – можливі зазори між смугою обтюраторії і обличчям, при нерівномірному розподілу притискних зусиль за смугою обтюраторії, які забезпечуються оголів'ям півмаски, при неналежному фіксуванні півмаски на обличчі під час виконання робіт особливо з нахилом тулуба можливе сповзання півмаски і поява додаткових зазорів при конструктивних недоліках смуги обтюраторії, яка не враховує антропометрію обличчя — слабким місцем

смуги обтюрації є область перенісся.

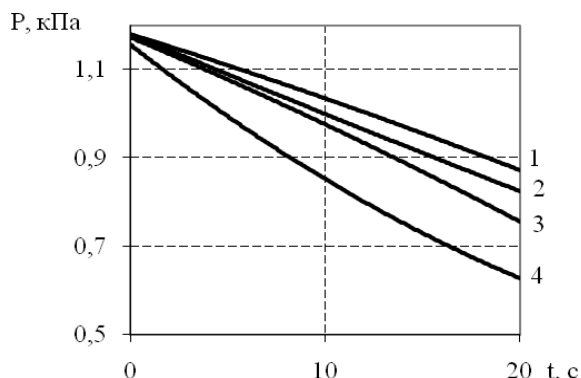


Рис. 7. Залежність вакуумметричного тиску клапанів від часу: 1 – грибоквий; 2 – дисковий (товщина 0,5; діаметр 0,35) 3 – дисковий (товщина 0,25; діаметр 0,3); 4 – пелюстковий

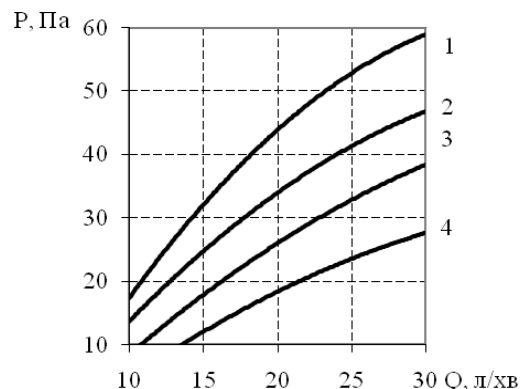


Рис. 8. Залежність перепаду тиску на клапанах від витрати повітря: 1 – грибоквий; 2 – дисковий (товщина 0,25; діаметр 0,3) 2 – дисковий (товщина 0,5; діаметр 0,35); 4 – пелюстковий

На ринок не повинні потрапляти півмаски коефіцієнтом підсмоктування більше 2 % за смугою обтюрації (вимога ДСТУ), все ж таки існують декілька об'єктивних причин, що погіршують ізолювальні властивості і тим самим захисну ефективність ЗІЗОД.

Основна причина – це нерівномірність зусиль за смугою обтюрації. Установлено, що для забезпечення високої захисної ефективності півмаски притискна сила має бути в межах 4 – 10 Н, при цьому величина механічного тиску на шкіру становитиме близько 2,5 – 5,2 кПа [23]. Проте, як виявили проведені дослідження, розподіл цих зусиль за смугою обтюрації півмаски нерівномірний: максимальний тиск фіксується навколо перенісся та підборіддя (рис. 9).

Для вирішення цієї задачі проводяться дослідження з визначення точок кріплення оголів'я для забезпечення рівноваги зовнішніх сил, що діють на півмаску. Отримані результати дозволили розробити рекомендації для виробництва респіраторів з однією або двома смужками кріплення, одна з них приєднується до півмаски знизу, тим самим щільно притискаючи її до підборіддя, а друга зверху, аби досягти щільності за смугою обтюрації, – довкола носо-губної зони (рис. 11).

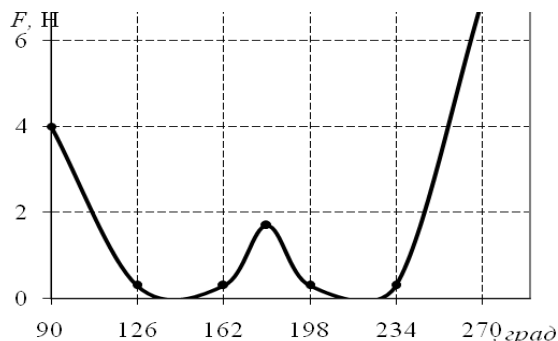
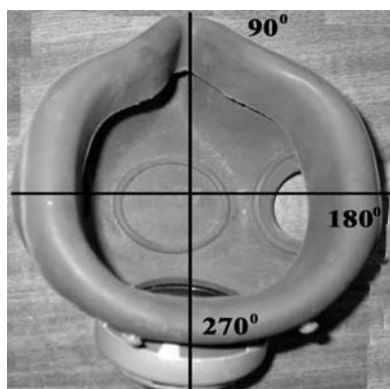


Рис. 9. Розподіл механічного тиску за смугою обтюрації респіратора РПА-ТД

Важливим фактором захисної ефективності ЗІЗОД є їх постійне використання. В ході різноманітних виробничих досліджень було встановлено, що працівники протягом виробничого процесу знімають респіратори. Причин для цього багато: зменшення небезпеки, перевести подих, очистити або поміняти фільтри, поговорити та інші. Проведені дослідження з визначення ефективності використання протипилових респіраторів у виробках вугільних шахт показали, що навіть добровольці, яких попередили, що знімати півмаску неможна її знімали [24]. З 10 вимірів у 4 випадках була пошкоджена вимірювальна система – робітники знімали респіратори під час роботи, щоб щось сказати один одному. Так, хронометричні заміри часу перебування гірників у респіраторах при виконанні виробничих завдань говорять про їх використання близько 80 - 85 % від роботи комбайна (табл. 2). Це призводить до значного погіршення захисного ефекту ЗІЗОД, який можна оцінити за формулою [25]

$$K_{\text{реал.}} = \frac{t_3}{t_1/K_3 + t_2/1}$$

де t_3 – загальний час робочої зміни; t_1 – загальний час знаходження працівника в респіраторі за робочу зміну; t_2 – загальний час, роботи працівника без респіратора за робочу зміну.

Наприклад, коефіцієнт захисту респіратора при безперервному використанні дорівнює 50, а для виконання роботи буде потрібно сказати що-небудь, і через це респіратор буде знятий на 5 хвилин протягом 6 - годинної зміни (360 хвилин), то його реальний коефіцієнт захисту знизиться до 30 – у 1,5 рази: $(360) / [355/50 + 5/1]=360/12,1=29,7$.

Таблиця 2

Хронометричні дані з використання респіраторів

Робоче місце	Час роботи комбайна $t_k, \text{хв}$	Запиленість на робочому місці мг/м^3	Час використання респіратора $t, \text{хв}$	$t=t/t_k, \%$
Машиніст комбайну	121	205	112	93
	118	176	106	89
	123	142	112	91
Помічник машиніста	118	185	108	92
	122	176	107	87
	124	123	110	89
Гірник	124	130	112	91
	119	89	110	92
	127	73	109	86

На час використання півмаски впливає також її зручність. Важко очікувати, що незручний респіратор буде використовуватися 6 годин на день. В той же час відповідність респіратора обличчю працівника – це головна умова ефективного захисту. Однак, при проведенні сертифікаційних досліджень фільтрувальних ЗІЗОД відповідно до ДСТУ EN 149-2003 є вимога у підборі десять чоловік із відповідними параметрами обличчя. При чому осіб, яким не вдалось підібрати півмаску до випробувань не долучають. В такому випадку отримані результати можна розповсюджувати тільки на працівників з параметрами обличчя, відповідної форми, що приймали участь у випробуваннях. У людей іншими відмінними параметрами – результат буде дещо інший. Існують дослідження, які підтверджують цей висновок. Так, в роботах [26, 27] було перевірено захисні властивості респіраторів на групі добровольців (без бороди і бакенбардів), яка охоплює набір характеристик різних розмірів обличчя (табл. 3). У результаті експерименту було отримано, що максимальне проникнення тест-аерозолі спостерігається або у випробувачів з

малим або великим розміром обличчя. Тоді, як найкращий результат у випробувачів з середнім розміром (табл. 4).

Таблиця 3

Розміри обличчя працівників

Характеристики обличчя, мм	Випробувачі									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Довжина	111	112	119	120	120	128	127	135	135	136
Ширина	126	135	125	134	143	124	143	124	136	144
Глибина	113	114	100	118	111	109	115	118	114	113

Таблиця 4

Коефіцієнт проникнення фільтрувальних півмасок за розмірами обличчя

Шифр респіратора	Середні значення коефіцієнту проникнення за розмірами обличчя									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	14,53	14,51	10,6	5,63	6,8	9,63	10,23	8,64	8,57	11,62
Б	16,53	13,51	12,6	5,63	6,8	9,63	8,23	8,64	9,57	12,62
В	14,35	4,61	14,5	7,8	5,61	11,15	18,2	15,2	9,64	9,21

Важливо враховувати вплив на захисну ефективність ЗІЗОД темп і ритм виконуваної роботи. Як видно з табл. 5, при застосуванні одних і тих же марок респіраторів ступінь їх захисту на різних ділянках вугільних шахт неоднакова. Ця відмінність пов'язана з тим, що співробітники виконують роботу з різними рухами, темпом і ритмом, що підсилює або послаблює об'єм дихання, тобто змінюється швидкість фільтрування і опір диханню ЗІЗОД. Цей факт підтверджується і при проведенні лабораторних досліджень захисної ефективності ЗІЗОД на людях при виконанні стандартних вправ (табл. 6).

Таблиця 5

Показники коефіцієнта захисту респіратора за професіями

Професія робітника і технологія ведення робіт	Величина середньомісячної запыленості повітря, мг/м ³	Величина середньо змінного об'єму легеневої вентиляції, м ³ /хв	Значення коефіцієнта захисту респіратора*
Машиніст комбайна	600	0,023	26,5
Помічник машиніста	400	0,027	29,7
Прохідник	250	0,031	39,4
Гірник	200	0,027	38,8

Таблиця 6

Коефіцієнт захисту півмаски при виконанні стандартних рухів

Перелік стандартних вправ випробувача при визначенні коефіцієнта проникнення ЗІЗОД на людях	Середні значення коефіцієнта захисту за тест-аерозолем хлорид натрію протилової півмаски
Переміщення без розмови протягом 2 хв;	83
Повороти голови протягом 2 хв.	80
Рухи голови вгору і вниз протягом 2 хв.	76,9
Читання алфавіту протягом 2 хв.	75,1

Захисна ефективність респіратора залежить від температурних показників у робочій зоні.

Зрозуміло, що при високій температурі робітники будуть частіше знімати респіратори. По-перше, через швидке накопичення вологи у підмасковому просторі. По-друге, через збільшення опору диханню за рахунок підвищення температури (рис. 10, 11) [28].

Проведені вимірювання захисної ефективності протипилових респіраторів у гірничих виробках показують розбіжність в отриманих результатах коефіцієнта проникнення за пилом у ЗІЗОД з різних горизонтів при схожих технологіях виймання вугілля і рівнях запиленості повітря. Її виникнення пов'язують з відмінністю температури повітря. Так, лабораторні дослідження показують, що коефіцієнт захисту протипилової півмаски при зростанні температури погіршується (рис. 12).

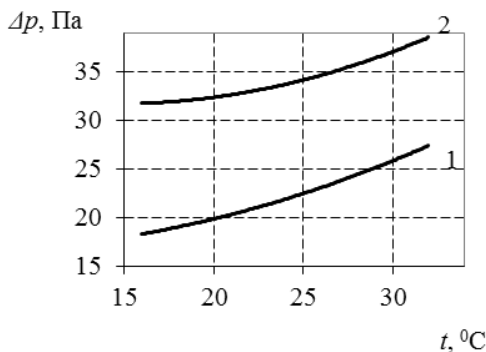


Рис. 10. Криві залежності перепаду тиску на фільтрувальному матеріалі від температури: 1 – «Елефлену»; 2 – ФПП 15 -1,5

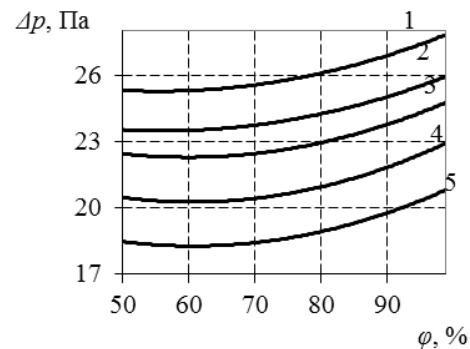


Рис. 11. Криві залежності перепаду тиску респіратора типу Лепесток від вологості повітря, при різній температурі навколишнього середовища, °С: 1 – 30; 2 – 26; 3 – 24; 4 – 20; 5 – 16

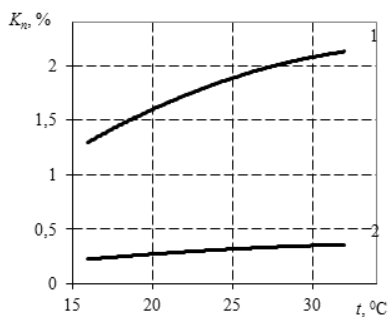


Рис. 13. Криві залежності коефіцієнта проникнення від температури навколишнього середовища: фільтрів із елефлену (1) і фільтрів із ФПП 15-1,5 (2);

губна зона і підборіддя. Особливо, через нерівномірний розподіл зусиль, викликаний неправильним розташуванням оголів'я, антропометричними характеристиками обличчя або важкою працею, необхідно нахилів тулуба, в цих зонах фіксується значне підсмоктування нефільтрованого повітря.

Визначено, що у працівників, які вміють користуватись респіраторами, перевіряти їх ефективність під час роботи, коефіцієнт захисту значно вище чим у непідготовлених.

Таким чином, для підвищення коефіцієнта захисту ЗІЗОД необхідно у першу чергу забезпечити високі їх ізолювальні властивості за рахунок розробки нових конструкцій смуги обтюрації, яка б враховувала антропометрію обличчя, оптимального розташування елементів кріплення оголів'я для забезпечення рівномірного розподілу зусиль за смугою обтюрації та розробки про-

Висновки. Отже, найбільше зменшуються захисні властивості ЗІЗОД через підсмоктування не фільтрованого повітря за смугою обтюрації. Дослідження показують, що коефіцієнт проникнення фільтрів 3 класу захисту складає 0,05 %, максимальний коефіцієнт підсмоктування через справний клапан складає не більше 1 %. При цьому загальний коефіцієнт проникнення респіратора 3 класу захисту має бути не більшим за 6 %. Тобто, стандартом передбачена можливість погіршення фільтрувальних характеристик ЗІЗОД через послаблення їх ізолювальних властивостей за смугою обтюрації. Встановлено, що слабкими місцями є носогубна зона і підборіддя.

грами з навчання працівників навичкам правильного використання ЗІЗОД, особливо з перевірки ступені ізолювання органів дихання під час роботи у півмасці.

Список літератури

1. ДНАОП 0.00-1.04-07 «Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання», виданий Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду за наказом № 331 від 28.12.2007 р.
2. ДСТУ EN 529:2006 Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации относительно выбора, использования, ухода и обслуживания. Инструкция (EN 529:2005, IDT). Чинний від 10.01.2007.
3. Торопов С.А. Средства защиты при работе с ядохимикатами на складах и базах "Сельхозтехника". /С.А. Торопов/ М.: Бюро технической информации, 1966. – 21с.
4. Трумпайц Я.И. Индивидуальные средства защиты органов дыхания (альбом). /Я.И. Трумпайц, Е.Н. Афанасьева / Л.: Профиздат, 1962. – 54с.
5. Лепесток (Легкие респираторы) / Петрянов И.В., Кошечев В.С., Басманов П.И. и др. – М.: Наука, 1984. – 218 с.
6. Городинский С.М. Средства индивидуальной защиты для работы с радиоактивными веществами. /С.М. Городинский/ М.: Атомиздат, 1967. – 320 с.
7. Организация и основные результаты сравнительных испытаний противоаэрозольных респираторов повышенной пылеемкости / Семенов А.П., Филатов В.И., Вихлянцев А.В. и др. // Комплексные решения вопросов охраны труда. - М.: Профиздат, 1982. - С. 34 - 40.
8. Каминский С.Л. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Выбор. Применение. Режимы труда. / С.Л. Каминский, // С-Пб: Крисмас+, 1999. – 399 с.
9. Басманов П.И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: Справ. рук-во / П.И. Басманов, С.Л. Каминский, А.В. Коробейников, М.Е. Трубицына. – С.Пб.: ГИПП «Искусство России», 2002. – 399 с.
10. Зингер Ф.К. Работоспособность и некоторые актуальные вопросы повышения эффективности профилактики пневмокониоза в угольной промышленности. / Ф.К. Зингер, Е.С. Сорокин, К.Ш. Мухина // Гигиена и санитария. – 1984. – № 5. – С. 89 – 91.
11. Трумпайц Я.И. Гигиенические испытания фильтрующего респиратора РУ-60-А для малярных работ в судостроении. / Я.И. Трумпайц, Е.Н. Афанасьева/ - Сб. научн. работ ин-тов охраны труда ВЦСПС. - М.: Профиздат, 1963. - Вып. 5. - С. 115 - 124.
12. Гавришук В.И. Защита органов дыхания при работе с минеральными удобрениями. / В.И. Гавришук, Б.М. Тюриков / Пути ускорения нормализации условий труда работников сельского хозяйства Сб. трудов. — Орел: ВНИИОТ ГАП СССР, 1988. — С. 116-121.
13. Janssen Larry L., Efficiency of Degraded Electret Filters: Part II – Field Testing Against Workplace Aerosols/ Janssen Larry L., Bidwell Jeanne O.// Journal of the International Society for Respiratory Protection, - 2003. - Vol.20. - p. 81-89
14. Spear Terry M. An Effective Protection Factor Study of Respirators Used by Primary Lead Smelter Workers /Spear Terry M.; James DuMond; Carrie Lloyd; James H.Vincent//Applied Occupational and Environmental Hygiene, - 2000. - Vol.15 - p.235-239.
15. Wu Ming-Tsang. Assessment of the Effectiveness of Respirator Usage in Coke Oven Workers / Wu Ming-Tsang// American Industrial Hygiene Association Journal, - 2002. - Vol. 63. - №1. - p. 72–75.
16. Zhuang Ziqing; Correlation Between Quantitative Fit Factors and Workplace Protection Factors Measured in Actual Workplace Environments at a Steel Foundry / Zhuang Ziqing; Christopher C. Coffey; Paul A. Jensen; Donald L. Campbell; Robert B. Lawrence; Warren R. Myers// American Industrial Hygiene Association Journal, - 2004. - Vol.64/ - №6. - p.730-739.
17. Janssen Larry L. Workplace Protection Factors for an N95 Filtering Facepiece Respirator

/Janssen Larry L., Nelson, Thomas J. and Cuta, Karen T.// Journal of Occupational and Environmental Hygiene, - 2007. - Vol 4. - №9. - p. 698-703.

18. Campbell D. L. Respiratory Protection as a Function of Respirator Fitting Characteristics and Fit-Test Accuracy, / D. L. Campbell, C.C. Coffey, S. W. Lenhart // American Industrial Hygiene Association Journal - 2001. - Vol. 62 - № 1-2. - p. 36-44.

19. Голінко В.І. Застосування респіраторів на вугільних і гірничорудних підприємствах: Монографія. / В.І. Голінко, С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, / – Д.: НГУ, 2008 – 99 с.

20. Пат. 44101 Україна, МКИ³ А 62 В 23/02. Фільтруючий елемент протипилового респіатора / В.І. Голінко, О.С. Іщенко, С.І. Чеберячко та ін. (Україна) - № 2001042466; Заявл. 12.04.01; Опубл. 15.01.02; Бюл. № 1

21. Голинько В.И. Анализ и оценка защитной эффективности фильтрующих респираторов / В.И. Голинько, С.И. Чеберячко, В.Е. Колесник, А.С. Ищенко // Науковий вісник. - 2004. - №12. - С. 33 – 36.

22. Чеберячко С.І. Аналіз конструкцій клапанів видиху протипилових респіраторів. / С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук / - Науковий вісник НГУ. – 2011. - № 4. – С. 94-98.

23. Взаимосвязь между защитной эффективностью и общим давлением респираторов/ А.А. Эннан, В.Г. Шнейдер, Н.И. Байденко, А.А. Миронов// Безопасность труда в промышленности. – 1994. – № 11. – С. 11-12.

24. Нэнси Боллинджер, Роберт Шюц "Руководство по применению респираторов в промышленности NIOSH" электронный ресурс <http://www.cdc.gov/niosh/docs/87-116/pdfs/87-116.pdf>.

25. Чеберячко С.І. Особливості вибору протипилових респіраторів за європейськими стандартами/ С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, М.М. Наумов // Гірничорудна і металургійна промисловість. – 2013. – №1 – С. 108-112.

26. Наумов М.М. Дослідження захисної ефективності вітчизняних одноразових протипилових респіраторів за європейськими стандартами / В.І. Голінко, М.М. Наумов, С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – № 5. – С. 118 – 121.

27. Стокозов И.В. Модернизированный респиратор ШБ-1 «Лепесток-40: соответствие европейскому стандарту» / С. А. Фаустов, Т. С. Костикян / электронный ресурс <http://www.niiot.ru/article/article11.htm#ixzz197Hy7Tb3>.

28. Оцінка впливу метеорологічних умов навколишнього середовища на якість фільтрувальних респіраторів / Чеберячко С.І., Радчук Д.І. // Збірник наукових праць НГУ. – 2008. - № 31. – с. 253 – 258.