

УДК 622.814.89

С.І. Чеберячко, канд. техн. наук., доцент,
Д.І. Радчук, канд. техн. наук, доцент,
Ю.І. Чеберячко, канд. техн. наук, доцент,
М.М. Наумов, аспірант
(«ДВНЗ «НГУ»)

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРОТИПИЛОВИХ РЕСПІРАТОРІВ

С.И. Чеберячко, канд. техн. наук., доцент,
Д.И. Радчук, канд. техн. наук, доцент,
Ю.И. Чеберячко, канд. техн. наук, доцент,
Н.Н. Наумов, аспирант
(«ДВУЗ «НГУ»)

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРОТИВОПЫЛЕВЫХ РЕСПИРАТОРОВ

S.I. Cheberyachko, Ph. D. (Tech.), Associate Professor,
D.I. Radchuk, Ph. D. (Tech.), Associate Professor,
Yu.I. Cheberyachko, Ph. D. (Tech.), Associate Professor,
N.N. Naumov, Doctoral Student
(SHEE «NMU»)

EVALUATION OF RESPIRATOR RELIABILITY

Анотація. Проаналізовано вплив вітаючого пилу на захисну ефективність респіраторів з урахуванням часу експлуатації в робочих умовах. Встановлено, що після досягнення критичної величини опору фільтру виникає підсос аерозоля через нещільне прилягання смуги обтюраторії, на які впливає форма особи, матеріал напівмаски, вигляд і герметичність клапанів видиху. Встановлені коефіцієнти збереження захисної ефективності від часу роботи респіратора і залежність коефіцієнта проникання від опору дихання з урахуванням робочих умов. При розробці конструкцій протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) для зменшення підсмоктування та збільшення надійності захисту необхідно: розробляти конструкції обтюратора з урахуванням якості фільтрувальних елементів та строків їх експлуатації; підвищити щільність контакту за смугою обтюраторії, за рахунок зменшення жорсткості поверхні обтюратора, його ширини, еластичності матеріалу та вибору точок кріплення оголів'я; розробити рекомендації щодо проведення індивідуальної підгонки півмаски, яка забезпечить однозначне положення ЗІЗОД на обличчі.

Ключові слова: захисна ефективність респіратора, опір фільтрування, герметичність клапанів видиху.

Актуальність. Використання неякісних засобів індивідуального захисту органів дихання або таких, що втратили свої захисні властивості в процесі експлуатації, призводить до суттєвих помилок в оцінці пилового навантаження і згубно впливають на здоров'я працівників. В результаті – збільшення кількості професійних захворювань.

Тому актуальною є задача визначення надійності захисту протипилових респіраторів. Для цього можна скористатись теорією надійності і розрахувати коефіцієнт збереження ефективності ЗІЗОД, як співвідношення захисної ефективності за визначений проміжок часу до номінального значення цього показника на початку експлуатації [1].

Аналіз проведених досліджень свідчить про істотний інтерес до цієї проблеми. Так, автори [2] запропонували математичну модель для аналізу показників надійності саме засобів індивідуального захисту.

Її перевірка на захисному одязі для персоналу атомних станцій показала збіг експериментальних показників з теоретичними розрахунками. В роботах [3, 4] розглянуті питання підвищення надійності захисного одягу за рахунок резурвування найбільш вразливих елементів. Крім того, проведені розрахунки оцінювались і з економічної точки зору. Також на основі порівняння фактичних показників надійності захисних засобів та вимог нормативної документації було розроблено методику з визначення терміну їх експлуатації, що дає змогу планувати економічні затрати на придбання ЗІЗ. Однак, в роботі не враховано вплив умов експлуатації на працездатність виробів, що збільшує похибку розрахунків. Цікавою є робота з окреслення основних проблем надійності протипилових респіраторів. В ній звертається увага, що ефективний термін експлуатації залежить не тільки від конструкції півмасок, а й від інтенсивності роботи, неграмотного вибору ЗІЗОД, через неналежний догляд, умов їх зберігання та інших організаційних причин [5].

Тобто коефіцієнт збереження ефективності за визначений проміжок часу t розраховується за формулою

$$K_{ze} = \frac{K_p(t)}{K_p} \quad (1)$$

де K_p – початковий коефіцієнт проникнення респіратора; $K_p(t)$ – коефіцієнт проникнення запиленого респіратора, за час експлуатації t .

Постановка задачі. Відомо, що коефіцієнт проникнення (K_z) виражає долю дисперсних частинок, що потрапили до легенів крізь ЗІЗОД і є функцією одного або декількох із нижче перерахованих коефіцієнтів:

- коефіцієнт проникнення через фільтр;
- коефіцієнт підсмоктування за смугою обтюрації;
- коефіцієнт проникнення через клапани видиху.

Для його розрахунку можна скористатися виразом [6]

$$K_p = K_\phi + \frac{1}{1 + \sqrt{R_{c.o.}/R_\phi}}, \quad (2)$$

де K_ϕ – коефіцієнт проникнення через фільтр; $R_{c.o.}$ – опір повітряному потоку смуги обтюрації, Н·с/м⁵; R_ϕ – опір повітряному потоку фільтра, Н·с/м⁵.

Коефіцієнт проникнення через фільтр можна визначити за формулою

$$K_{\phi} = 10^{-\alpha(R_{\phi}S)}, \quad (3)$$

де S – площа фільтра, м²; α – коефіцієнт фільтрувальної дії (м/Па·с), який можна встановити виходячи з виразу

$$\alpha = 0,434 \frac{a\beta\eta_{\Sigma}}{2\pi\mu},$$

де a – радіус волокна, м; β – щільність упакування волокон фільтрувального матеріалу; η_{Σ} – сумарний коефіцієнт уловлювання шкідливих речовин, обумовлених різними механізмами захоплення часток пилу; μ – динамічна в'язкість повітря, Н·с/м².

Початковий коефіцієнт проникнення респіратора взагалі визначають за спеціальними лабораторними методами. Тоді, як його складові встановлюють здебільшого для аналізу працездатності ЗІЗОД та знаходження шляхів найбільшого потрапляння шкідливого аерозолі в підмасковий простір.

Визначення коефіцієнта проникнення респіратора в процесі експлуатації є складним завданням. Так, накопичення на волокнах фільтра пилових частинок проходить в дві стадії: спочатку вони утворюють порівняно компактний шар пилу, збільшуючи тим самим діаметр волокон та щільність упакування, а потім, в щілинах між волокнами і на поверхні, зростає за товщиною достатньо рихлий шар пилу. Для визначення коефіцієнта проникнення необхідно вирішити задачу нестационарного фільтрування, яка описується системою рівнянь кінетики утворення осаду твердих частинок на фільтрувальному шарі [7]

$$\begin{aligned} \frac{\partial n(x,t)}{\partial x} &= -\alpha(x,t)n(x,t) \\ \frac{\partial N(x,t)}{\partial t} &= \alpha(x,t)u_0n(x,t) \end{aligned}$$

з граничними умовами $n(0, t)=n_0$, $N(x, 0) = 0$, де $n(x, t)$ – концентрація частинок у повітряному потоці, г/м³; n_0 – концентрація частинок перед фільтром; $N(x, t)$ – число частинок, які осіли на одиниці площі фільтра на відстані x від лобового шару фільтрувальної поверхні за час t , г; u_0 – лінійна швидкість повітряного потоку, м/с.

Перше рівняння системи не залежить від механізму уловлювання аерозольних частинок, тоді як друге – залежить, оскільки коефіцієнт фільтрувальної дії визначається з урахуванням вже осілих частинок. Тому, необхідно додаткове рівняння, яке б зв'язало $\alpha(x, t)$ з $N(x, t)$. В самому простому випадку лінійної фільтрації пропонується наступний вираз

$$\alpha(x,t) = \alpha_0 + bN(x,t),$$

де b – коефіцієнт, який залежить від параметрів фільтра та розміру частинок.

Вирішення цієї системи у випадку лінійного нестационарного фільтрування було запропоновано у вигляді формули [7]

$$K(x,t) = \exp[-(\alpha x + bN(x,t))],$$

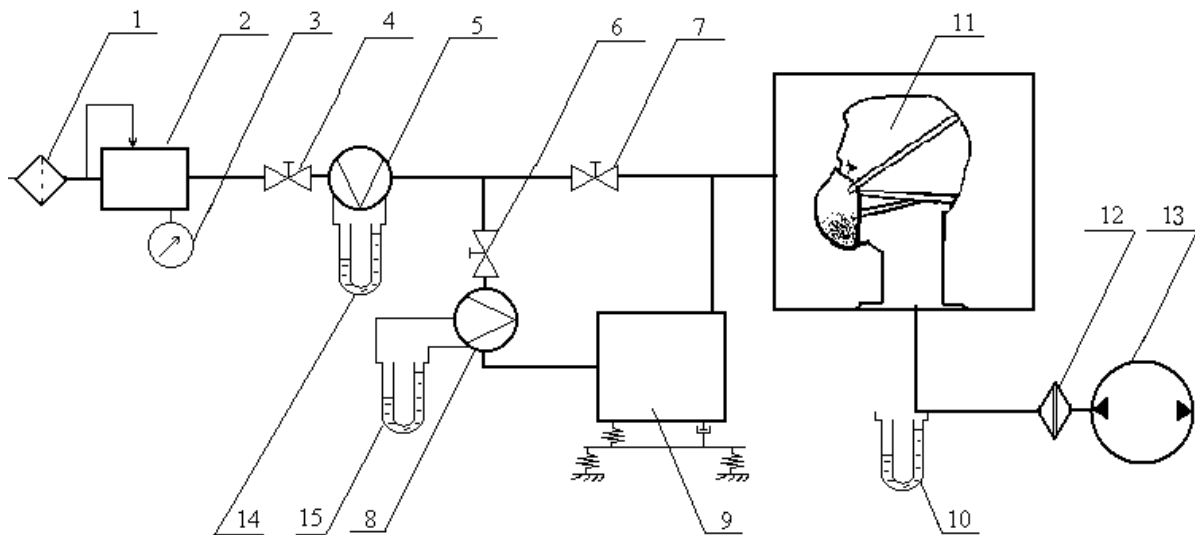
де x – товщина твердих частинок на фільтрувальному шарі, t – час запилення; b – коефіцієнт пропорційності; $N(x,t)$ – кількість пилу на поверхні фільтруючого матеріалу.

З іншого боку коефіцієнт проникнення через респіратор в процесі фільтрування пилових частинок можна розрахувати, виходячи зі збільшення опору повітряному потокові фільтра за час t

$$R_\phi = f(t). \quad (4)$$

Отже, для визначення надійності ЗІЗОД, встановлення причин погіршення їх захисної ефективності та розробки шляхів її підвищення, необхідно експериментально дослідити зміну коефіцієнта проникнення під час запилення.

Методика проведення випробування. Схема випробувального стенда наведена на рис. 1.



- 1 – фільтр попереднього очищення;
 2 – манометр; 3 – стабілізатор тиску; 4,6,7 – регулювальні вентиля; 5 – діафрагма;
 8 – ротаметр; 9 – генератор пилу; 10 – мікроманометр; 11 – випробувальна камера з муляжем; 12 – алонж з фільтром АФА, 13 – аспіратор
- Рисунок 1 - Схема стенду для випробування ЗІЗОД

Випробувальний стенд працює наступним чином. Під тиском повітря від компресора потрапляє через фільтр попереднього очищення 1 на стабілізатор 2.

Кількість цього повітря регулюється вентилем 4 і контролюється манометром, виходячи з перепаду тиску на каліброваній діафрагмі 5. Для утворення пилового аерозолу в вібраційний генератор пилу 9 подається від 2 до 10 дм³/хв. чистого повітря, в залежності від наперед заданої концентрації пилу. Вібраційний генератор пилу являє собою сталевий стакан з впускним і випускним штуцерами, в який завантажуються попередньо подрібнені шматки вугілля загальною масою близько 100 г. В результаті вібрації камери відбувається інтенсивне само подрібнення цих кусків до пилового стану. Для прискорення подрібнення передбачено завантаження в камеру генератора сталевих шарів діаметром 10-15 мм.

За допомогою вентиля 6 та ротаметра 8 здійснюється регулювання кількості повітря, що надходить до генератора, завдяки цьому можна отримати не тільки різну концентрацію пилу, а й різний дисперсний склад. Інша частина чистого повітря подається в випробувальну камеру 11 з розміщеним в ній респіратором. Очищене повітря з підмасочного простору ЗІЗОД, з об'ємом 30 дм³/хв., відводиться через алонж з фільтром АФА 12 за допомогою аспілятора 13. Накопичення пилу на захисному виробі контролюється завдяки зростанню аеродинамічного опору, який визначається за показаннями мікроманометра 10. Кількість пилу, що не затримався в ЗІЗОД, тобто потрапив у легені людини, визначається за допомогою фільтрів АФА.

Перед випробуваннями визначаємо початкову масу аналітичних фільтрів АФА і фільтрувальних елементів респілятора. Засипаємо в бункер генератору підготовлений пил, включаємо пиловий генератор і виходимо на робочий режим: стабільну концентрацію пилового аерозолу з лінійною швидкістю повітряного потоку в камері 4 см/с. Потім визначаємо вихідну концентрацію пилу у випробувальній камері. Для цього встановлюємо в алонж аналітичний фільтр. Включаємо аспіратор та відбираємо повітря з витратою 2 дм³/хв., відлік якої контролюємо секундоміром. Концентрацію пилу визначаємо за формулою

$$C = \frac{M_1 - M_\phi}{Qt} 1000, \text{ мг/м}^3 \quad (5)$$

де M_1 та M_ϕ – маса запиленого та самого аналітичного фільтру АФА, мг;
 Q – витрата повітря через фільтр, дм³/хв.; t – час запилення фільтру, хв.

Встановлюємо на спеціальній муляж півмаску з фільтрувальними елементами або фільтрувальну півмаску, а також аналітичні фільтри після півмаски. Приєднуємо аспіратор і приводимо його в дію на визначений період випробувань, витрату повітря встановлюють 95 дм³/хв. За допомогою мікроманометра через однакові проміжки часу контролюємо приріст опору дихання.

Опір диханню респілятора або фільтра визначаємо за формулою

$$R = \frac{9,81(q_i - q_0)K}{Q}, \frac{H \cdot c}{\text{м}^5} \quad (6)$$

де q_i – відлік опору за мікроманометром, мм. вод. ст.; q_0 – власний опір мікроманометра, мм. вод. ст.; K_1 – поправковий коефіцієнт на температуру і атмосферний тиск; Q – витрата повітря через респіратор або фільтр, м³/с.

Запилений фільтр та аналітичний фільтр АФА, який знаходився після респіратора, зважують на вагах для визначення маси накопиченого пилу. Виходячи з різниці між ними розраховується коефіцієнт проникнення:

$$K_p = \frac{M_1 - M_\phi}{(M_1 - M_\phi) + (M_2 - M_p)}, \quad (7)$$

де M_2 – маса запилених фільтрів респіратора, мг; M_p – маса фільтрів респіратора, мг.

Результати досліджень. Для досліджень використовувались по декілька зразків найбільш розповсюджених у вугільній і гірничорудній промисловості респіраторів. Фільтрувальні елементи до багаторазових ЗІЗОД можуть бути виготовлені з різних матеріалів (ФПП, елефлен, мелтблоун, НФП, ФПМ та інші), характеристики яких дещо відрізняються між собою. Тому, виникає необхідність у визначенні найкращого варіанту.

В таблиці 1 наведені основні умови проведення випробувань: концентрація пилу у випробувальній камері, час проведення експериментів та розрахований коефіцієнт проникнення в кінці дослідження. В таблицях 2 – 3 наведені результати замірів опору повітряному потоку і коефіцієнта проникнення різних ЗІЗОД, зроблені через однакові проміжки часу.

Таблиця 1 – Результати проведення випробувань різних респіраторів

Тип ЗІЗОД з фільтруючим елементом	Концентрація пилу в камері, C , мг/м ³	Час, запилення, t , хв.	Маса пилу на ЗІЗОД, P_z , г	Маса пилу, після ЗІЗОД на фільтрі АФА, P_e , мг	Кінцеве значення коефіцієнта, проникнення, K_p
ШБ-1 „Лепесток-200”	85	180	1,06±0,03	21,8±2,5	0,007
Росток-2”	90	180	1,07±0,04	26,4±2,4	0,024
РПА-ТД-1 з фільтрами з матеріалу „ФПП 15–0,6”	380	180	1,07±0,07	21,1±1,3	0,019
РПА-ТД-1 з фільтрами з матеріалу „ФПП15 – 1,5”	375	180	1,06±0,08	22,9±1,1	0,068
РПА-ТД-1 з фільтрами з матеріалу „Елефлен-5С	390	180	1,09±0,05	21,6±1,5	0,024

Обговорення результатів дослідження. На рис. 2 наведено зміну коефіцієнта збереження ефективності в процесі експлуатації, який визначався за формулою (1). Більшість респіраторів має надійний захист протягом певного проміжку часу, після досягнення якого починається поступове погіршення цього пока-

зника. Причиною такої зміни коефіцієнта збереження ефективності є збільшення коефіцієнта проникнення пилового аерозолю в підмасковий простір.

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень зміни коефіцієнта проникнення за тест-аерозолем „вугільний пил” респіратора РПА-ТД з різними фільтрувальними елементами

Час за- пи- лення, хв	Фільтри з ФПП 15 – 1,5		фільтри з Елефлену		Фільтри з ФПП 15 – 0,6	
	Опір повіт- ряному по- току, Нс/м ⁵	Коефіцієнт проник- нення, %	Опір повіт- ряному по- току, Нс/м ⁵	Коефіцієнт проник- нення, %	Опір повіт- ряному по- току, Нс/м ⁵	Коефіцієнт проник- нення, %
0	6300	0,010	3920	0,022	5300	0,018
30	7480	0,012	4780	0,021	6080	0,018
60	9340	0,016	5540	0,021	7140	0,017
90	10260	0,026	6860	0,022	7960	0,018
120	12120	0,045	8300	0,023	9900	0,019
180	15640	0,068	11960	0,024	12960	0,021

Таблиця 3 – Результати експериментальних досліджень зміни коефіцієнта проникнення легких півмасок за тест-аерозолем „вугільний пил”

Час запи- лення, хв	Лепесток-200		Росток - 2	
	Опір повіт- ряному потоку, Нс/м ⁵	Коефіцієнт про- никнення, %	Опір повіт- ряному потоку, Нс/м ⁵	Коефіцієнт проникнення, %
0	7340	0,005	4360	0,019
30	8500	0,005	5220	0,018
60	10360	0,004	5980	0,015
90	11280	0,004	7300	0,019
120	13140	0,005	8740	0,021
180	15310	0,007	9820	0,021

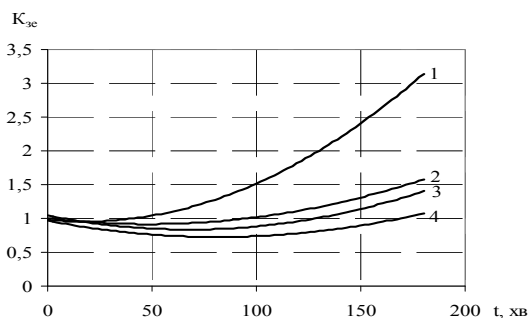


Рисунок 2.- Залежність коефіцієнта збереження ефективності респіраторів РПА-ТД з фільтрами ФПП 15–1,5 (1), «Лепесток 200» (2), Росток (3), РПА – ТД з фільтрами з Елефлену (4) від часу експлуатації

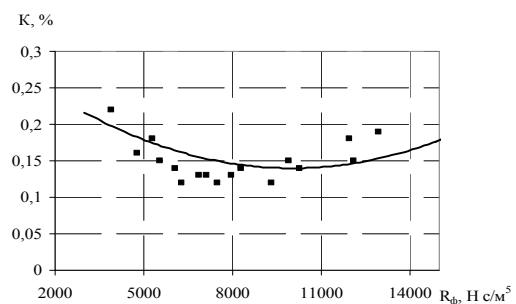


Рисунок 3. Залежність коефіцієнта проникнення від величини опору дихання респіратора

Так, основними параметрами, які визначають величину проникнення шкідливої речовини, є опір повітряному потоку фільтрів та ступінь герметичності смуги обтюрації. Результати експериментів свідчать про те, що зі збільшенням першого захисна ефективність фільтра покращується (перші тридцять хвилин експерименту). Це пояснюється зменшенням пор між волокнами та їх ущіль-

ненням за рахунок зростання пилового осаду на поверхні фільтра. Однак, після досягнення критичної величини опору фільтра виникає підсмоктування аерозолі через нещільності смуги обтюрації (рис. 3) і в подальшому цей процес тільки погіршується.

Виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок, що для надійного захисту необхідно враховувати співвідношення між ефективністю фільтрувальної частини ЗІЗОД і можливою величиною підсмоктування повітря за смугою обтюрації. Аналіз експериментальних досліджень показує, що завдяки багатьом причинам (дефекти смуги обтюрації, велике розмаїття профілів поверхні обличчя, наявність щетини та інші) повністю додаткові шляхи потрапляння нефільтрованого повітря в підмасковий простір ліквідувати не можливо. Тому, розробники повинні забезпечувати величину сумарного підсмоктування, навіть випадкового, не більше 10 % від коефіцієнту проникнення фільтрувального елемента. При такому співвідношенні величину підсмоктування можна прийняти не значною, яка входить в діапазон похибки вимірювання.

Підвищені вимоги до надійності захисту, а отже і до ефективності фільтрування, неодмінно тягнуть за собою використання якісних клапанів видиху, що вирішується за допомогою технології виготовлення та покращення якості спорядження півмасок. Наприклад, на рис. 4. показані збільшені знімки поверхні обтюраторів з трикотажним оздобленням (а), гумового (б) та силіконового (в).

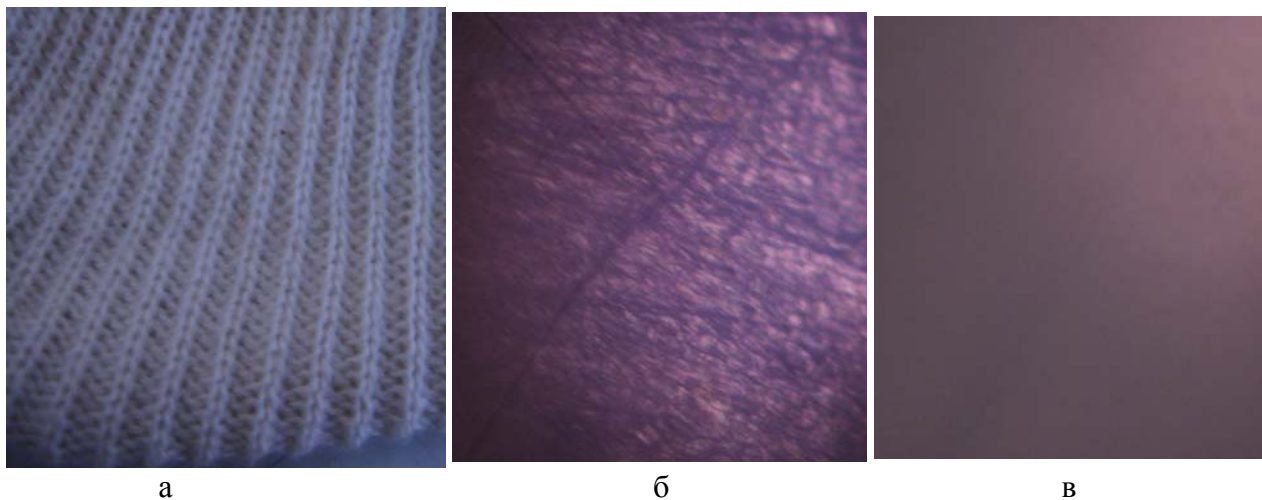


Рисунок 4 - Фотографії поверхні обтюраторів: трикотажного (а); гумового (б); силіконового (в)

Про який надійний захист може йти мова в першому випадку, коли за смугою обтюрації існують цілі канали для потрапляння нефільтрованого повітря. Експериментальні дані свідчать, що в цьому випадку навіть незначний опір повітряному потоку фільтра значно збільшує коефіцієнт проникнення тест-аерозолі в підмасковий простір респіратор (рис. 5).

Найкращу жорсткість має респіратор з силіконовим обтюратором (рис. 4 в). Відповідно, він має й незначний коефіцієнт підсмоктування.

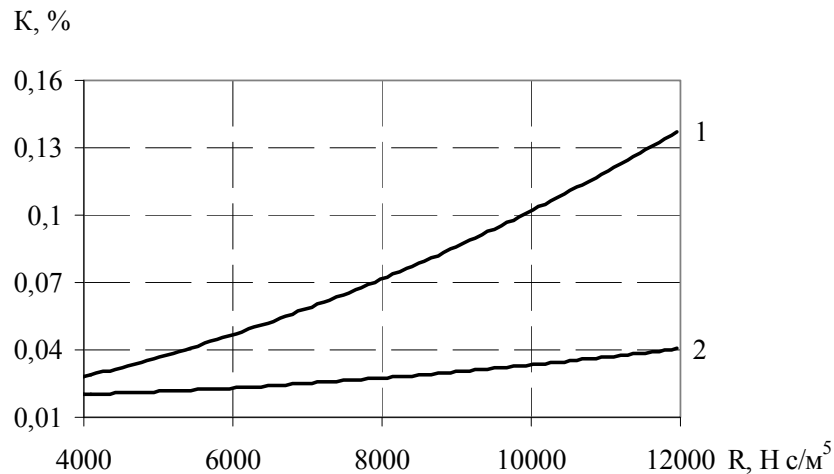


Рисунок 5 - Залежність коефіцієнта проникнення від опору дихання фільтрів у респіраторі з трикотажним обтюратором (1) і гумовим (2)

Значний вплив на підсмоктування нефільтрованого повітря має розподіл притискних зусиль за смугою обтюратора. Так, їх нерівномірність призводить до виникнення ділянок з низьким механічним тиском, як наслідок збільшеним підсмоктуванням (рис. 6). Забезпечення рівномірного розподілу є складною задачею, яка потребує серйозного вивчення впливу антропометрії обличчя, конструкцій обтюратора та їх взаємозв'язку з умовами експлуатації. Деякі рекомендації з цього приводу розроблені та використовуються на практиці [8]. Мінімізація коефіцієнта підсмоктування неможлива без використання якісних клапанів видиху. Дослідження показують, що матеріал з якого виготовлений клапан, його форма і навіть товщина мають значення для забезпечення надійної герметизації підмаскового простору [9].

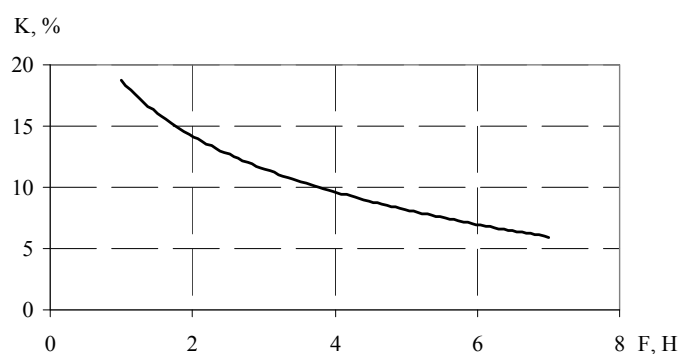


Рисунок 6 - Залежність коефіцієнта проникнення респіратора від величини притискних зусиль оголів'я

Висновки.

При розробці конструкцій протипилових ЗІЗОД для зменшення підсмоктування та збільшення надійності захисту необхідно:

- розробляти конструкції обтюратора з урахуванням якості фільтрувальних елементів та строків їх експлуатації;

- підвищити щільність контакту за смугою обтюраторії, за рахунок зменшення жорсткості поверхні обтюратора, його ширини, еластичності матеріалу та вибору точок кріплення оголів'я;

- розробити рекомендацій проведення індивідуальної підгонки півмаски, яка забезпечить однозначне положення ЗІЗОД на обличчі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860 -94 / Введено в дію наказом Держстандарту України № 333 від 28 грудня 1994 р. // Офіц. вид. – К.: «Надійність машин та споруд», 1994 – 32 с
2. Третьякова, Л.Д. Математична модель надійності засобів індивідуального захисту / Третьякова Л.Д., Биченко П.С. // Вісник Національного науково-дослідного інституту охорони праці. – К.: ННДІОП. – 2008. – № 7. - С. 188-195.
3. Третьякова, Л.Д. Ефективність систем резервування захисних засобів / Третьякова Л.Д., Сидорко М.В. // Містобудування та територіальне планування, 2009. - № 32. – С. 433-444
4. Литвиненко, Г.Є. Математична модель надійності засобів індивідуального захисту в економічних розрахунках / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. // Вісник КНУТД. – 2008.- № 5. – С. 113-122.
5. Мазепин, С.А. Методика оценки сроков носки СИЗ и их экономическая эффективность. / Средства индивидуальной защиты. – 2005. – № 7. С.75-79
6. Голінько, В.І. Застосування респіраторів на вугільних і гірничорудних підприємствах / В.І. Голінько, С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко // Монографія. – Дніпропетровськ: НГУ, 2008. – 99 с.
7. Кирш, В.А. Кінетика забивки и оптимизация предфильтров в двухступенчатой системе очистки воздуха / Кирш В.А., Стечкина И.Б. // Теоретические основы химической технологи. – 2010. – Т. 44. – № 1. – С. 78 - 87.
8. Радчук, Д.І. Підвищення захисної ефективності одноразових протипилових респіраторів: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охорона праці» / Радчук Дмитро Ігорович; Державний ВНЗ «НГУ». – Дніпропетровськ, 2011. – 24 с.
9. Чеберячко С.І. Аналіз конструкцій клапанів видиху протипилових респіраторів / Чеберячко С.І., Радчук Д.І. // Науковий вісник НГУ. – 2011. - № 4. – С. 94-98

REFERENCES

1. Derzhstatdarta Ukrayini (1994), *DSTU 2860 – 94 Nadiynist tehniki. Termini ta viznachennya* [SSTU 2860.94. Reliability of technique. Terms and determinations], Nadiynist mashin I sporud, Kiev, Ukraine.
2. Tretyakova, L.D. and Bychenko, P.S. (2009), «Mathematical model of reliability of facilities of individual defence», *Visnik Natsionalnogo naukovogo-doslidnogo institutu okhorony pratsi, NNDIOP*, no. 7, pp.288-295.
3. Tretyakova, L.D. and Sidorko M.V. (2009), «Efficiency of the systems of reservation of protective facilities», *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya*, no. 32, pp. 433-444
4. Litvinenko, G.Ye. and Tretyakova, L.D. (2008), «Mathematical model of reliability of facilities of individual defence in economic calculations», *Visnik KNUTD*, no. 5, pp. 113-122.
5. Mazepin S.A. «Method of the appreciate terms of carry of MID and their economic effectiveness», *Sredstva individualnoy zashchity*, no.7, pp.75-79
6. Golinko, V.I., Cheberyachko, S.I. and Cheberyachko, Yu.I. (2008), *Zastosuvannya respiratoriv na vugilnich I girnyichorudnikh pidpriyemstvakh* [Application of respirators on coal and mining enterprises], NNU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
7. Kirsh, V.A. and Stechkina, I.B. *Kinetika zabivki I optimizaciya predfiltrrov dvustupenchatoy sisteme ochistky vozdukh* [Kinetics of blinding and optimization predultimate-filters in the two-stepped system cleanings of air], *Teoreticheskiye osnovy khimicheskoy tekhnologii*, vol.44, no.1, pp. 78 - 87.
8. Radchuk, D.I. (2011), «Increase of protective efficiency of non-permanent against-dust respirators», abstract of Ph. D. dissertation, 05.26.01 «Okhorona pracy», Derzhavny VNZ «NGU», Dnepropetrovsk, Ukraine.
9. Cheberyachko, S.I. and Radchuk, D.I. (2011), «Analysis of constructions of valves of exhalation of against-dust respirators», Scientific announcer NGU, no. 4, pp. 94-98

Об авторах

Чеберячко Сергій Іванович, канд. техн. наук., доцент кафедри Аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, sihc@yandex.ru

Радчук Дмитро Ігорович, канд. техн. наук., доцент кафедри Аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, md2185@mail.ru

Чеберячко Юрій Іванович, канд. техн. наук., доцент кафедри Аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, intruder777@list.ru

Наумов Микола Миколайович, асистент кафедри Аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, mpw-07@mail.ru

About the authors

Cheberyachko Sergey Ivanovich, Ph.D.(Tech.), Associate Professor of chair of Aerology and protection of labour Derzhavny VNZ «NGU», Dnepropetrovsk, Ukraine, sihc@yandex.ru

Radchuk Dmitriy Igorevich, Ph.D.(Tech.), Associate Professor of chair of Aerology and protection of labour Derzhavny VNZ «NGU», Dnepropetrovsk, Ukraine, md2185@mail.ru

Cheberyachko Yuriy Ivanovich, Ph.D.(Tech.), Associate Professor of chair of Aerology and protection of labour Derzhavny VNZ «NGU», Dnepropetrovsk, Ukraine, intruder777@list.ru

Naumov Mykola Mykolayovich, Master of Science of chair of Aerology and labor protection department Derzhavny VNZ «NGU», Dnepropetrovsk, Ukraine, mpw-07@mail.ru

Аннотация. Проанализировано влияние витающей пыли на защитную эффективность респираторов с учетом времени эксплуатации в рабочих условиях. Установлено, что после достижения критической величины сопротивления фильтра возникает подсос аэрозоля через неплотное прилегание полосы obtюрации, на который влияет форма лица, материал полумаски, вид и герметичность клапанов выдоха. Установлены коэффициенты сохранения защитной эффективности от времени работы респиратора и зависимость коэффициента проникания от сопротивления дыханию с учетом рабочих условий. При разработке конструкций противопылевых средств индивидуальной защиты органов дыхания (ЗИЗОД) для уменьшения подсосов и увеличения надежности защиты необходимо: разрабатывать конструкции obtюратора с учетом качества фильтрующих элементов и сроков их эксплуатации; повысить плотность контакта за полосой obtюрации, за счет уменьшения жесткости поверхности obtюратора, его ширины, эластичности материала и выбора точек крепления оголовья; разработать рекомендации по проведению индивидуальной подгонки полумаски, которая обеспечит однозначное положение ЗИЗОД на лице.

Ключевые слова: защитная эффективность респиратора, сопротивление фильтрования, герметичность клапанов выдоха.

Abstract: Influence of the flying dust on the protective efficiency of respirators was analyzed with taking into account duration of their use in the working conditions. It is stated that when the filter resistance achieves a critical level the aerosol is sucked in through the obturation bar slots rate of which depends on the face shape, material of the half mask and expired valve type and impermeability. Coefficients were specified for protective efficiency maintenance depending on the respirator use duration, and a dependence was defined between the penetration coefficient and resistance to breathing with taking into account specific working conditions.

In order to diminish the suction and to improve reliability of personal protection it is necessary, when designing any dust facilities for personal breathing protection (FPBP), to:

- design obturators with taking into account quality of filtering elements and duration of their exploitation;

- increase the contact closeness under the obturation bar through the reduced rigidity and width of the obturator surface and material elasticity and properly chosen points for fastening the head-band;

- make recommendations for individual half-mask fitting which would provide a stable position of the FPBP on the face.

Keywords: protective efficiency of respirator, resistance of filtration, impermeability of expired valves.

Статья поступила в редакцию 05.04.2013

Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук Т.В. Бунько

УДК 551.352:552.14

В.А. Баранов, д-р геол. наук, ст. научн. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

В.А. Баранов, д-р геол. наук, ст. наук. співр.
(ИГТМ НАН України)

ЗАКОНОМІРНОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ОСАДОЧНИХ ПОРІД

V.A. Baranov, D. Sc. (Geol.), Senior Reseacher
(IGTM NAS of Ukraine)

REGULARITY OF SEDIMENTARY ROCK COMPRESSION

Аннотация. Предметом исследований являются осадочные породы. Приведенные результаты получены автором в процессе отбора проб из керна скважин и в шахтных выработках Донбасса, а также из литературных источников. Получить новые данные о закономерностях уплотнения пород на разных стадиях литогенеза. Полученные результаты показывают, что значение одного гравитационного давления явно недостаточно, для более полной характеристики свойств пород. К этому необходимо добавить среду уплотнения (обводненная или сухая), структуру вещества, размер обломочных зерен, стадию литификации. На каждой стадии преобразования пород, процесс уплотнения может развиваться по-другому. Глубина стадии диагенеза составляет десятки, сотни и тысячи метров. В отдельных районах рыхлые отложения сохраняются на глубине 2-3 км. Аргиллиты Донбасса, вмещающие карбоновые угли, на стадии раннего катагенеза имеют плотность 1,7-2,2 г/см³, на стадии среднего катагенеза плотность, в основном, укладывается в значения 2,2-2,6 г/см³, а к стадии позднего катагенеза относятся аргиллиты с плотностью 2,6-3,0 г/см³. Приведенные цифры являются усредненными данными, но это типичные аргиллиты и их свойства для отложений Донбасса определялись в больших объемах. Полученные данные на разных территориях хорошо иллюстрируют максимально быстрое уплотнение для карбонатных пород и минимальное уплотнение для песчаников и алевролитов. Аргиллиты, по степени уплотнения находятся, примерно, посередине. Пористость на стадиях диагенеза и катагенеза уменьшается по установленной закономерности с циклами в 1,5-2 раза. Полученные результаты указывают, на каких стадиях литогенеза и какие полезные ископаемые органического происхождения могут образовываться и находиться при благоприятных условиях.