

УДК. 665.66:614.89

**ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ ЗАХИСТУ РЕСПИРАТОРА ЗА ТЕРМОГРАМОЮ СМУГИ ОБТЮРАЦІЇ**<sup>1</sup>*Чеберячко С.І., <sup>1</sup>Чеберячко Ю.І., <sup>1</sup>Столбченко О.В., <sup>1</sup>Кравченко Ю.О.*<sup>1</sup>*НТУ «Дніпровська політехніка» МОН України***ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЕФФИЦИЕНТА ЗАЩИТЫ РЕСПИРАТОРА ПО ТЕРМОГРАММЕ ПОЛОСЫ ОБТЮРАЦИИ**<sup>1</sup>*Чеберячко С.І., <sup>1</sup>Чеберячко Ю.І., <sup>1</sup>Столбченко О.В., <sup>1</sup>Кравченко Ю.А.*<sup>1</sup>*НТУ «Днепровакая политехника» МОН Украины***DEFINITION OF THE RESPIRATOR PROTECTION COEFFICIENT BY THE THERMOGRAPH OF THE BOTTOM STRIP**<sup>1</sup>*Cheberyachko S.I., <sup>1</sup>Cheberyachko Yu.I., <sup>1</sup>Stolbchenko O.V., <sup>1</sup>Kravchenko Yu. A.*<sup>1</sup>*NTU «Dniprovskа politechnika» MST of Ukraine*

**Анотація.** Досконалість конструкцій ЗІЗОД, зокрема респіраторів, оцінюється в тому числі за щільністю прилягання півмаски до обличчя за смугою обтюратору шляхом визначення місць “підсмоктування” шкідливих речовин у вигляді аерозолів (в підмасковий простір. Більш досконалим способом візуалізації місць проникнення аерозолу по смугі обтюратору є використання тепловізора, який шляхом термографування – одержання термограми поверхні смуги обтюратору, вказує місця проникнення аерозолу по смугі обтюратору, за інтенсивністю теплового випромінювання поверхні у інфрачервоному діапазоні та відображення теплового поля поверхні обтюратора на дисплеї тепловізора у вигляді кольорової картини, де місця проникнення аерозолу у підмасковий простір по кризі щілини між обтюратором і обличчям, мають особисте забарвлення. У статті розроблено експрес – метод для визначення коефіцієнту захисту півмасок. Ефективну поверхню обтюратора півмаски, висоту нерівномірностей на обтюраторі, а також реальну площу прилягання півмаски запропоновано визначати у результаті обробки термограми у програмі Matlab. Визначення коефіцієнту захисту півмасок відбувалось за інтенсивністю теплового випромінювання поверхні після обробки термограми у програмі Matlab.

Розроблено експрес – метод, який дозволяє визначати місця нещільностей за смугою обтюратору та встановлення відповідності фільтрувальної півмаски антропометричним параметрам обличчя працівника при його індивідуальному підборі.

Встановлено, що коефіцієнт щільності півмасок можна розрахувати, як відношення проектної площі обтюратора до реальної визначеної за тепловим забарвленням отриманого після одягнення півмаски на обличчя працівника.

Практична значимість полягає у визначенні захисної ефективності півмасок на працюючих без лабораторного обладнання на робочому місці.

**Ключеві слова:** протипиловий респіратор, перепад тиску, опір диханню, частота дихання, глибина дихання, навантаження.

**Актуальність.** Досконалість конструкцій ЗІЗОД, зокрема респіраторів, оцінюється в тому числі за щільністю прилягання півмаски до обличчя за смугою обтюратору шляхом визначення місць “підсмоктування” (проникнення) шкідливих речовин у вигляді аерозолів (аеродисперсних частинок, газів і парів) в підмасковий простір.

**Аналіз публікацій.** Існує два способи такої перевірки якісна і кількісна. Якісна – ґрунтується на суб'єктивній реакції органів чуттів на різкий запах розпорошених безпечних аерозолів: сахарину, бітрексу, ізоамілацетату та інших. Детальний опис виконання такої перевірки наводиться в роботах [1, 2].

До їх недоліку відносять різний індивідуальний поріг чутливості людей, який в деяких випадках може перевищувати гранично допустимі концентрації аерозолів, що не дозволяє достовірно оцінити коефіцієнт захисту.

Кількісні способи засновані на інструментальній перевірці. Вони кращі за вище згадані, так як використовують спеціальне обладнання, яке фіксує наявність просочування аерозолу під півмаску. Найбільш поширеним є визначення коефіцієнта підсмоктування за тест-аерозолями відповідно до ДСТУ EN 149. Сутність полягає у визначенні співвідношення зовнішньої його концентрації до підмаскової [3]. Однак, проведення цієї процедури вимагає наявності дорогих і складних приладів, а також спеціально підготовленого персоналу. Крім того, отриманий результат буде залежати не тільки від розміру частинок і методу перевірки, а й від умов перемішування потоків у підмасковому просторі, положення пробовідбірної зонди і можливого зазору за смугою обтюрації [4 – 5]. Недоліком способу є неможливість оцінки захисних властивостей у виробничих умовах, оскільки для отримання середнього коефіцієнта проникнення потрібне проведення багаторазових вимірів у кожного з випробувача, що дорого, занадто багато роботи і на практиці нездійсненне [6]. Дещо пізніше з'явився більш простий спосіб вимірювання захисних властивостей респіраторів за допомогою підтримки постійного тиску у підмасковому просторі еластомерних респіраторів. Сутність полягає у встановленні величини підсмоктування повітря при створеному розрядженні під півмаскою, за допомогою невеликого насоса і датчика тиску [7, 8]. Випробувач з одягненим респіратором, у якого фільтри щільно закриті спеціальними насадками, затримує на кілька секунд дихання і в цей час включається насос, приєднаний через клапанну систему, який відкачує трохи повітря. При цьому створюється розрідження, що фіксується датчиком тиску. Через різницю у перепадах тиску і просочування повітря під маску воно буде зменшуватись. Однак, на зміну реагує датчик тиску, який знову включає насос і відкачує повітря до початкового значення розрідження. Кількість повітря, що відкачується точно відповідає пониклому через нещільності. Вся процедура займає всього 7 - 10 секунд [9]. Цей спосіб відрізняється порівняно низькою вартістю обладнання, але його не можна застосувати для фільтрувальних півмасок.

Для фільтрувальних півмасок пропонуються способи візуального визначення місць “підсмоктування” забрудненого повітря за смугою обтюрації в підмасковий простір [10]. Ідея полягає у запиленні одягненого респіратора на обличчі у спеціальній камері тест-речовиною, наприклад флюорохромний порошок, а візуалізація місць “підсмоктування” аеродисперсних частинок, здійснюється за фотолюмінесценцією частинок при опроміненні їх ультрафіолетовим світлом. До його недоліків відносять необхідність розташованої в лабораторії спеціальної камери, обладнаної дозатором флюорохромного порошку, і джерело УФ випромінювання, а також підготовлений персонал для обслуговування згаданого обладнання. Крім того, цей метод не дозволяє, кількісно оцінити величину підсмоктування.

**Постановка задачі.** Необхідно створити експрес-метод визначення коефіцієнта захисту респіраторів в лабораторних та виробничих умовах з використан-

ням доступного обладнання, який реалізується шляхом використання візуалізації температурного поля навколо півмаски та вимірювання температури обтюратора.

**Основна частина.** Більш досконалим способом візуалізації місць проникнення аерозолі по смугі обтюрації є використання тепловізора, який шляхом термографування – одержання термограми поверхні смуги обтюрації вказує місця проникнення аерозолі по смугі обтюрації, за інтенсивністю теплового випромінювання поверхні у інфрачервоному діапазоні та відображення теплового поля поверхні обтюратора на дисплеї тепловізора у вигляді кольорової картинки, де місця проникнення аерозолі у підмасковий простір по крізь щілини між обтюратором і обличчям, мають особисте забарвлення. Іншими словами, місце локальної температурної аномалії на поверхні смуги обтюрації визначається за зміною забарвлення термограми – зображення теплового поля смуги обтюрації на дисплеї, зокрема у місцях нещільного прилягання обтюратора до обличчя.

Процедура одержання відомостей щодо щільності прилягання півмаски до обличчя здійснюється наступним чином. Одягнений респіратор утримують на обличчі одну-дві хвилини, потім здійснюють зйомку термограми обтюратора за допомогою тепловізора, а далі – аналіз одержаної термограми. Місця нещільного прилягання півмаски до обличчя легко визначаються: на термограмі вони, на відміну від місць щільного прилягання обтюратора до обличчя, мають інше забарвлення оскільки встигають нагрітися менше через надходження меншої кількості теплової енергії (рис. 1).

За допомогою термографування можна кількісно оцінити захисні властивості півмасок. Термограма поверхні смуги обтюрації, дозволить визначити місця нещільного прилягання за інтенсивністю теплового випромінювання поверхні обтюратора у інфрачервоному діапазоні та відображення теплового поля на дисплеї тепловізора у вигляді кольорової картинки, де місця проникнення аерозолі у підмасковий простір крізь щілини між обтюратором і обличчям, мають різне забарвлення. Іншими словами, місце локальної температурної аномалії на поверхні смуги обтюрації визначається за зміною забарвлення термограми

Величину підсмоктування повітря через нещільності між обтюратором та обличчям при рівномірному розподілі контактної напруги за шириною зони обтюратора (ущільнювача)  $l$  можна оцінити за формулою [11]

$$Q_l = C_g C_u,$$

де  $C_g = \frac{k_{\max}^3}{l\mu}$ ;  $k_{\max}$  – максимальний розмір зазору на ущільнювачі за периметром, м;  $\Delta p$  – перепад тиску, Па;  $l$  – ширина ущільнювача, м;  $\mu$  – динамічна в'язкість повітря Па с;  $C_u$  – коефіцієнт проникності через нещільності [12]

$$C_u = \frac{k_g}{8(1 - k_g)},$$

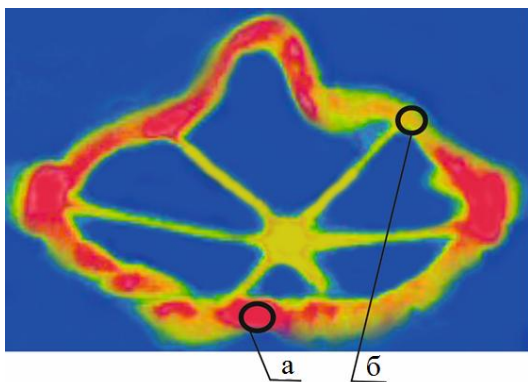
де  $k_g$  – коефіцієнт ефективності використання поверхні обтюратора півмаски.

Коефіцієнт щільності прилягання обтюратора півмаски визначмо з формули

$$k_g = \frac{F_e}{F_0},$$

де  $F_e$  – робоча або ефективна поверхня обтюратора, яка добре прилягає до обличчя,  $m^2$ ;  $F_0$  – загальна площа обтюратора півмаски  $m^2$ .

Ефективну поверхню обтюратора півмаски, а також висоту нерівномірностей на обтюраторі, визначимо у результаті обробки термограми у програмі Matlab (рис. 2 і 3).



а – щільне прилягання (чорне забарвлення); б- нещільне прилягання (світло сіре забарвлення)

Рисунок 1 – Термограма обтюратора

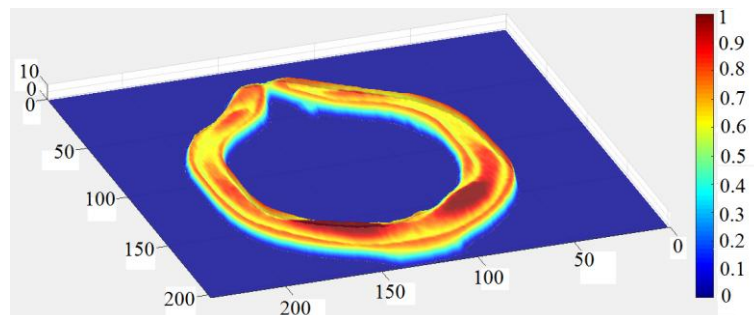


Рисунок 2 – Вигляд обтюратора напівмаски після обробки зображення термограми у програмі Matlab

Для цього скористаємось наступними командами. Подальші дії полягають у розрахунку реальної площі прилягання півмаски за результатами обробки отриманого зображення термограми у програмі Matlab (рис. 2). Для цього скориставшись функцією `imread`, зчитуємо різнокольорове зображення, а командою `surf` отримуємо відображення поверхонь з різним фоном. Далі за допомогою команди `thresholding` одержуємо бінарне зображення, на якому скориставшись функцією `whos`, можна оцінити розмір і кількість елементів різного кольору. Потім функцію пошуку `find` аналізуємо масив даних від локального теплового мінімуму до максимуму для визначення процентного співвідношення між відтінками. Максимально щільному прилягання відповідає діапазон від 0,8 до 1; а відсутність прилягання – від 0 до 0,3. Результат обробки кольорової гами відтінків термограми обтюратора у програмі Matlab наведем у таблиці 1.

Враховуючи, що загальна (проектна) площа півмаски відповідає 100 % прилягання обтюратора, визначемо коефіцієнт щільності прилягання півмасок. У таблиці 2 наведені результати розрахунків коефіцієнта щільності прилягання півмасок при різній силі натягу наголів'я.

Результати визначення коефіцієнта захисту респіраторів наведені в табл. 3.

Таблиця 1 - Результат обробки відтінків зображення при силі натягу наголів'я 3,5 Н

Діапазон значень за шкалою відтінків зображення термограми	Результат обробки відтінків зображення, %
0 – 0,1	0
0,1 – 0,2	0
0,2 – 0,3	0
0,4 – 0,5	0
0,5 – 0,6	0
0,6 – 0,7	22,7
0,7 – 0,8	23,7
0,8 – 0,9	45,1
0,9 - 1	8,5
Сума	1

Таблиця 2 – Визначення коефіцієнту щільності

Номер випробування	Сила нтягу наголів'я, Н	Коефіцієнт щільності прилягання півмаски до обличчя, %	Похибка вимірювань, %
1	5,5	0,82	0,05
2	5,0	0,75	0,07
3	4,5	0,65	0,05
4	4,0	0,54	0,03
5	3,5	0,53	0,03

Таблиця 3 - Результати розрахунків захисної ефективності півмасок

Номер півмаски	Перепад тиску, $\Delta p$ , Па	Загальна витрата повітря, $Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	Максимальна висота нерівностей, $k_{max}$ , мм	Коефіцієнт ефективності, $k_g$	Показник, $C_{g,}$ м <sup>3</sup> /с	Коефіцієнт проникності, $C_u$	Коефіцієнт захисту $K_3 = Q_0/Q_1$
1	75	0,0015	0,04	0,82	$5,2 \cdot 10^{-5}$	1,25	28,7
2			0,06	0,75	$8,4 \cdot 10^{-5}$	0,74	17,9

**Обговорення.** У досліджених зразках не було явних скрізних щілей за смугою обтюлятора через які нефільтроване повітря потрапляє у підмасковий простір. Їх наявність можна визначити візуально, ще на етапі зйомки обтюлятора за синіми або заленими плямами на поверхні обтюлятора. Ділянки з відсутнім контактом непрогріваються і тому мають холодне забарвлення.

При використанні респіратора має місце зміна міміки. В таких місцях можуть ситуативно створюватись канали, через які буде проникати аерозоль. Такі ділянки мають жовте або жовто-гаряче забарвлення, оскільки контакт здебільшого зі шкірою існує. Однак, при утворенні каналів поверхня обтюлятора частково охолоджується, що і відображається на теплограммі.

Звертаємо увагу, що ділянки поверхнені обтюлятора які прилягають до обличчя з недостатніми притискним зусиллям мають жовте або жовто-гаряче забарвлення, оскільки контакт здебільшого зі шкірою існує, однак при

утворенні каналів.

**Висновки.** Запропонований експрес метод для визначення коефіцієнту захисту півмасок за інтенсивністю теплового випромінювання поверхні після обробки термограми смуги обтюраторії у програмі Mathlab.

Встановлено, що коефіцієнт щільності півмасок можна розрахувати, як відношення проектної площі обтюратора до реальної визначеної за тепловим забарвленням отриманого після одягнення півмаски на обличчя працівника

У результаті даний метод дозволяє визначати місця нещільностей за смугою обтюраторії та встановлення відповідності фільтрувальної півмаски антропометричним параметрам обличчя працівника при його індивідуальному підборі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Nancy Bollinger. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, «NIOSH Respirator Selection Logic». 2004. vol.32, pp. 100-120.
2. Luinenburg, D.M., Mullins, E.H., Danisch, S.G. and Nelson, T.J. "Of a Quantitative Fit Testing Method for N95 Filtering Facepiece Respirators", *American Industrial Hygiene Association Journal*, 2003, vol. 64, pp. 480-486.
3. Zhuang, Z., Coffey, C.C., Jensen, P.A., Campbell, D.L., Lawrence, R.B. and Myers W. Correlation Between Quantitative Fit Factors and Workplace Protection Factors Measured in Actual Workplace Environments at a Steel Foundry / *American Industrial Hygiene Association Journal*, 2004. vol. . 64, no. 6, pp. 730 – 739.
4. Holton, P.M., Tackett, D.L. and K. Willeke Particle Size-Dependent Leakage and Losses of Aerosols in Respirators / *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1987. no. 48(10), pp. 848 – 854.
5. Patricia, M.H. and Willeke, K. Effect of Aerosol Size Distribution and Measurement Method on Respirator Fit / *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1987. vol. 48(10), pp. 855 – 860.
6. Coffey, C.C., Lawrence, R.B., Zhuang, Z., Campbell, D.L., Jensen, P.A and Myers, W.R. Comparison of five methods for fit-testing N95 filtering-facepiece respirators / *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 2002. vol. 17. – pp.. 723 – 730.
7. Капцев, В.А. , Чиркин, А.В. Об оценке эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания/ Безопасность в техносфере. 2015. - № 5. – С. 7 – 14.
8. Han, D., Xu, M., Foo, S., Pilacinski W. and Willeke, K. Simplified Pressure Method for Respirator Fit Testing / *American Industrial Hygiene Association Journal*, 191. vol. 52 , no. 8, pp. 305–308.
9. Larry, L., Janssen, Michael, D. Luinenburg, Haskell, E. Mullins and Thomas, J. Nelson,(2002), «Comparison of Three Commercially Available Fit-Test Methods», *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 63 (6), pp. 762 – 767.
10. Миронов Л.А., Синицина И.Д. Актуальные вопросы гигиены труда и профпатологии в некоторых отраслях химической промышленности и на автомобильном транспорте. М., 1981. – С. 35-40.

#### REFERENCES

1. Nancy Bollinger, Cincinnati, O.H. (2004), "NIOSH Respirator Selection Logic", *National Institute for Occupational Safety and Health*, vol.32, pp. 100 -120.
2. Luinenburg, D.M., Mullins, E.H., Danisch, S.G. and Nelson, T.J.(2003), "Of a Quantitative Fit Testing Method for N95 Filtering Facepiece Respirators", *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 64, pp. 480-486.
3. Zhuang, Z., Coffey, C.C., Jensen, P.A., Campbell, D.L., Lawrence, R.B. and Myers, W.R. (2004), "Correlation Between Quantitative Fit Factors and Workplace Protection Factors Measured in Actual Workplace Environments at a Steel Foundry", *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. . 64, no. 6, pp. 730 – 739.
4. Holton, P.M., Tackett, D.L. and K. Willeke (1987), "Particle Size-Dependent Leakage and Losses of Aerosols in Respirators", *American Industrial Hygiene Association Journal*, no. 48(10), pp. 848 – 854.
5. Patricia, M.H. and Willeke, K. (1987), "Effect of Aerosol Size Distribution and Measurement Method on Respirator Fit", *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 48(10), pp. 855 – 860.
6. Coffey, C.C., Lawrence, R.B., Zhuang, Z., Campbell, D.L., Jensen, P.A and Myers, W.R. (2002), "Comparison of five methods for fit-testing N95 filtering-facepiece respirators", *Appl. Occup. Environ. Hyg*, vol. 17., pp.. 723 – 730.
7. Kaptsev, V.A. and Chirkin, A.V. (2015), "On the assessment of the effectiveness of personal protective equipment for respiratory system", *Bezopasnost v tekhnosfere*, no. 5, pp. 7-14.
8. Han, D., Xu, M., Foo, S., Pilacinski W. and Willeke, K. (1991), "Simplified Pressure Method for Respirator Fit Testing", *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 52 , no. 8, pp. 305–308.
9. Larry, L., Janssen, Michael, D. Luinenburg, Haskell, E. Mullins and Thomas, J. Nelson,(2002), "Comparison of Three Commercially Available Fit-Test Methods", *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 63 (6), pp. 762 – 767.
10. Mironov, L.A. and Sinitsina, I.D.(1981), "Topical issues of occupational hygiene and occupational pathology in some branches of the chemical industry and in road transport", Nedra, Moscow, Russia.

### Про авторів

**Чеберячко Сергій Іванович**, доктор технічних наук, професор кафедри АОП, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України (НТУ «ДП» МОН України), Дніпро, Україна, sicheb@ukr.net.

**Чеберячко Юрій Іванович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри АОП, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України (НТУ «ДП» МОН України), Дніпро, Україна, cheberiachkoyi@ukr.net.

**Столбченко Олена Володимирівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри АОП, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України (НТУ «ДП» МОН України), Дніпро, Україна, elena\_aot@ukr.net.

**Крачченко Юлія Олександрівна**, магістр, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України (НТУ «ДП» МОН України), Дніпро, Україна, elena\_aot@ukr.net.

### About the authors

**Cheberyachko Sergiy Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Professor of the AOP Department, National Technical University "Dniprovskaya politechnika"(NTU «DP»), Dnipro, Ukraine, sicheb@ukr.net.

**Cheberyachko Yuriy Ivanovich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor of AOP Department, National Technical University "Dniprovskaya Politechnika", "(NTU «DP»)", Dnipro, Ukraine, cheberiachkoyi@ukr.net.

**Stolbchenko Olena Volodymyrivna**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor of AOP Department, National Technical University "Dniprovskaya Politechnika", "(NTU «DP»)", Dnipro, Ukraine, elena\_aot@ukr.net.

**Kravchenko Yuliya Oleksandrivna**, Master of Science M.S (Tech.), National Technical University "Dniprovskaya Politechnika", "(NTU «DP»)", Dnipro, Ukraine juliazze@gmail.com.

**Анотация.** Совершенство конструкций СИЗОД, в частности респираторов, оценивается в том числе по плотности прилегания полумаски к лицу с полосой обтюрации путем определения мест "подсосов" вредных веществ в виде аэрозолей (в подмасочное пространство). Более совершенным способом визуализации мест проникновения аэрозоля по полосе обтюрации является использование тепловизора, который путем термографирования - получение термограммы поверхности полосы обтюрации, указывает места проникновения аэрозоля по полосе обтюрации, по интенсивности теплового излучения по верхнему в инфракрасном диапазоне и отображения теплового поля поверхности обтюлятора на дисплее тепловизора в виде цветной картинке, где места проникновения аэрозоля в подмасочное пространство сквозь щели между обтюратором и лицом, имеют личную окраску. В статье разработан экспресс - метод для определения коэффициента защиты полумасок. Определение коэффициента защиты полумасок происходило по интенсивности теплового излучения поверхности после обработки термограммы в программе Matlab.

Разработан экспресс - метод позволяющий определять места неплотностей по полосе обтюрации и установления соответствия фильтровальной полумаски антропометрическим параметрам лица работника при его индивидуальном подборе.

Установлено, что коэффициент плотности полумасок можно рассчитать как отношение проектной площади обтюлятора к реальной определенной по тепловой окраске, полученного после надевания полумаски на лицо работника.

Практическая значимость заключается в определении защитной эффективности полумасок на работающих без лабораторного оборудования на рабочем месте.

**Ключевые слова:** противопылевой респиратор, перепад давления, сопротивление дыханию, частота дыхания, глубина дыхания, нагрузка.

**Annotation.** The perfection of structures PRE, in particular respirators, is evaluated including the density of adherence of the crescent mask to the face in the lane by defining the places for "picking up" harmful substances in the form of aerosols (in the submersible space.) The more perfect way to visualize the places of penetration of aerosol in the roundabout is the use of the thermal imager, which by thermogram - reception of a thermogram of the surface of the strip of the illumination, indicates the places of penetration of the aerosol in the roundabout, according to the intensity of the thermal radiation of the surface and in the infrared range and the reflection of the thermal field of the obturator surface on the display of the thermal imager in the form of a color image, where the place of penetration of the aerosol into the submicrospace through the gap between the obturator and the face, has a personal coloring, in the article an express method for determining the coefficient of half masks is developed. the surface of the half mask obturator, the height of the unevenness on the obturator, as well as the actual area of the adjoining half masks is proposed to be determined by processing the thermogram in the program Matlab. In the article, the developed express method for determining coefficient of half mask protection is presented. Determination of coefficient of half mask protection was based on intensity of the surface thermal radiation the after thermogram is processed by the program Matlab.

This express method allows determining areas with gapping in the obturation strip and conformity of the filter half mask with anthropometric parameters of the worker's face at individual fitting.

It is established that tightness if half mask fitting can be calculated as ratio of designed area of the obturator to real area determined by thermal color appeared after half masks is put on the face of the worker.

Practical importance is that effectiveness of protective foam of the half-masks is determined directly in the workplace without any laboratory equipment.

**Keywords:** anti-dust respirator, pressure drop, breathing resistance, respiratory rate, breathing depth, load.

Стаття надійшла до редакції 24.09.2018

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Шевченко В.Г.

УДК 622.12:622.271.4

## МАРКШЕЙДЕРСЬКИЙ СУПРОВІД ВНУТРІШНЬОГО ВІДВАЛОУТВОРЕННЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВІДТВОРЕННІ ПРИРОДНИХ ФОРМ РЕЛЬЄФУ

<sup>1</sup>Бубнова О.А.

<sup>1</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

## МАРКШЕЙДЕРСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРИРОДНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА

<sup>1</sup>Бубнова Е.А.

<sup>1</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України

## SURVEYING SUPPORT OF INTERNAL DUMPING AND RECLAMATION OF LANDS WHEN RECLAMATION NATURAL RELIEF FORMS

<sup>1</sup>Bubnova O.A.

<sup>1</sup>M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine

**Анотація.** Показано, що при переході від внутрішнього відвалоутворення до рекультивації із відтворенням природних форм рельєфу виникає необхідність у маркшейдерському супроводі, оскільки за прийнятою технологією необхідно створити певні форми рельєфу у визначених місцях та із заданими параметрами.

Оскільки відтворення рельєфу передбачається на великій площі, то найбільш раціональним є застосування аерофотозйомки, яка дозволяє за короткий час отримати актуальну інформацію про існуючий рельєф поверхні. Для зменшення вартості і строку проведення робіт пропонується аерофотозйомку проводити з безпілотних літальних апаратів (БПЛА), обладнаних цифровими фотокамерами і GPS-апаратурою. В роботі наведено переваги сучасного аерофотознімального обладнання та виконано аналіз існуючих моделей. Запропоновано тип БПЛА, який найбільш відповідає завданням аерофотозйомки.

Зйомку пропонується виконувати до початку розробки родовища та після її завершення. Співставлення знімків в графічних програмних комплексах дозволяє визначити необхідний об'єм робіт, просторове положення і розміри тих форм рельєфу, відтворення яких передбачається програмою рекультивації.

В подальшому пропонується за допомогою електронних тахеометрів виносити положення осей довгих форм рельєфу, та закріплювати їх на місцевості дерев'яними вішками із позначками необхідної висоти насипу. Встановлення вішок пропонується по сітці, довжина сторони квадрату якої визначається складністю рельєфу. Пропонується окремо проводити розмічування поверхні на етапах гірничотехнічної підготовки поверхні та укладання потенційно-родючого шару порід. Запропонована технологія робіт дозволяє досягти точності відтворення природних форм рельєфу близько 90 %. Похибки формування рельєфу обумовлюються технічними можливостями гірничого обладнання, що застосовується для укладки порід.

**Ключові слова:** маркшейдерські роботи, аерофотозйомка, рекультивація, відновлення рельєфу, просторове положення.

**Вступ.** Видобуток корисних копалин призводить до суттєвих порушень геологічного середовища, які проявляються в змінах гідрологічного, гідрогеологічного режимів, повному руйнуванні природного рельєфу і заміні його техногенним (кар'єри, відвали, шламонакопичувачі, воронки обвалень тощо), зміні