

МИХАЙЛОВА НІНА

Східноукраїнський національний університет ім. В.Дала, м. Северодонецьк

ПРИВАЛА ВАЛЕРІЙ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3465-6369>e-mail: pva2012hnu@gmail.com

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ПРОНИКНОСТІ ПРОБ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ДО ВПЛИВУ АМІАКУ

Автори публікації пропонують до розгляду результати з вдосконалення методики визначення стійкості спеціальних матеріалів до проникності аміаку. Дана методика є універсальною і дозволяє проводити дослідження щодо проникності різноманітних хімічно активних речовин, на захист від яких зорієнтовано проектування захисних ізолюючих костюмів для працівників вітчизняних хімічних виробництв.

Ключові слова: ізолюючий костюм, хімічна промисловість, методика досліджень, агресивне середовище, аміак.

MIHAILOVA NINA

Eastern National University. Volodymyr Dahl, m. Severodonetsk

PRIVALA VALERII

Khmelnitsky National University

PROCEDURE FOR DETERMINATION OF CHEMICAL RESISTANCE AND PERMEABILITY OF SAMPLES OF SPECIAL MATERIALS FOR PROTECTIVE CLOTHING TO AMMONIA

One of the most harmful substances to human health in chemical production is liquid or gaseous ammonia, the remnants of which are faced by repairmen during cleaning, repair and other preventive work of closed tanks. Ammonia is the raw material of many chemical industries - in particular, nitrate acid and nitrogen fertilizers. Ammonia is a colorless gas with a characteristic pungent odor and pungent taste. Recently, liquefied ammonia and aqueous ammonia solution have become widely used directly as nitrogen fertilizer. This substance is stored and transported in a liquefied state in special tanks. As a liquid, ammonia is lighter than water, has a lower density and forms weak smoke in the air. At the same time, it is flammable, forms explosive mixtures with air, and is poisonous. Especially dangerous for the eyes and can cause severe damage to the airways and lungs, causing swelling with possible fatal consequences for humans.

Consequently, the development (improvement) of methods for studying the influence of ammonia on the protective properties of special-purpose materials is relevant in the development of an insulating suit for workers in chemical industries. Therefore, the authors of the publication formulated the following task: to develop a methodology for determining the permeability of samples of special materials in relation to the effects of liquid and gaseous ammonia.

In order to solve this problem, the authors of the publication proposed to improve research methods that already exist. In particular, it is proposed to add to the package of experimental materials an additional layer of cotton fabric, which is pre-treated with a special chemical solution. This additional layer should change its white color to blue in case ammonia passes through the layer of the base material. The article presents the results of selection of the composition of chemical reagents for obtaining an indication solution. This method can be universal and used to study the permeability of chemically active aggressive substances through special materials. from which it is inevitable to develop modern special protective clothing.

Key words: insulating suit, chemical industry, research methodology, aggressive medium, ammonia.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Як було зазначено раніше [1], на вітчизняних підприємствах хімічної промисловості існують певні проблеми щодо забезпечення робітників якісним спеціальним захисним одягом. Особливо гостро це питання постало у напрямку створення захисного одягу для працівників, виконання професійних обов'язків яких відбувається в умовах активного агресивного середовища. Зокрема це стосується слюсарів-апаратників, які здійснюють технічно-регламентні роботи ємностей для зберігання та транспортування речовин, що входять до комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ). Особливості умов праці і наліз якості захисного одягу саме для цієї категорії робітників детально розглянуто у попередніх публікаціях [2].

З огляду на це визначено, що необхідний комплексний захист від впливу НШВФ передбачається за рахунок створення і використання ізолюючого захисного костюму (ІЗК), який має стати бар'єром, що перешкоджає проникненню та впливу розчинів солей, лугів, мінеральних кислот, аміаку, тощо різних концентрацій [3, 4].

Одним з найбільш шкідливих для здоров'я людини речовин на хімічному виробництві є рідкий або газоподібний аміак, із залишками якого стикаються слюсарі-ремонтники під час очищення, ремонту та інших профілактичних робіт закритих резервуарів. Так як реагент погано кипить, його стан в нормальних умовах найчастіше газоподібне, а вплив на організм людини дається в першій частині роботи. Аміак (NH_3) — це безбарвний газ із характерним різким запахом та їдким смаком. Він майже у два рази легший від повітря. За звичайних умов аміак легко зріджується під тиском, а під час випаровування поглинає тепло він сильно охолоджується. Аміак є сировиною багатьох хімічних виробництв - зокрема, нітратної кислоти і азотних добрив. Останнім часом зріджений аміак і водний розчин аміаку широко застосовують безпосередньо як азотне добриво. Зберігають і транспортують аміак у зрідженому стані в спеціальних цистернах. Як рідина

аміак легший за воду, має меншу густину і в повітрі утворює слабкий дим, при цьому він є вогненебезпечним, утворює вибухові суміші з повітрям, отруйний. Особливо небезпечний для очей та може викликати важкі пошкодження дихальних шляхів і легень, спричиняє їх набряк з можливими летальними наслідками для людини [5, 6]. Отже, розробка (або вдосконалення) методів дослідження впливу саме аміаку на захисні властивості матеріалів спеціального призначення є актуальною при розробці ізолюючого костюму для робітників хімічних виробництв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботі [7] наведено методику для вивчення хімічної стійкості зразків матеріалів, які обробляють аміаком в спеціально розробленому приладі «ОБМ – 1». Відповідно до методики використання даного приладу, після контакту лицьової сторони зразка дослідного матеріалу з газоподібним або рідким аміаком, матеріал вивчається за допомогою фізико-механічного контролю наступних параметрів: розривальне навантаження, міцність на розрив, жорсткість, усадка, липкість полімерного покриття та інші, які дозволяють зафіксувати та оцінити зміну досліджуваних характеристик. Відповідно до цієї методики дослідний матеріал вважається придатним для виробництва базової конструкції ІЗК, якщо зменшення досліджуваних параметрів становить не більше 10% від початкових значень.

Як і у випадку з тканинами матеріалами, або матеріалами з полімерним покриттям, використовуваними при виготовленні спеціального одягу для виробництва мінеральних кислот, спеціальні матеріали слід оцінювати і за їх проникністю [7]. Проникність речовини через товщину матеріалу ототожнюється з дифузійними процесами, описаними законами Фіка і характеризується його масопереносу у вигляді певного об'єму рідкої або газової фази. При цьому, критерієм проникності може бути кількість (m^2/c) або (ml/m^2c) речовини, яка проходить скрізь пробу матеріалу. Однак, з урахуванням мети даної роботи, пропонується за основний критерій оцінки проникності матеріалів обрати саме час, за який крапля (або встановлена кількість речовини), яку нанесено на лицьову сторону зразка матеріалу, з'явиться на звороті даного зразка.

Проникність матеріалів вивчається також за допомогою приладу «ОБМ-2», принцип дії якого детально викладено в роботі [7]. Разом з цим слід зазначити, що вищезазначений дослідницький інструментарій (ОБМ-1 та ОБМ-2) має певні труднощі і обмеження щодо їх реалізації. Наприклад, для проведення досліджень, згідно з інструкцією, допускаються тільки особи чоловічої статі - не менше трьох осіб, а при випробуванні в лабораторії прилади повинні бути підключені до санітарної колони, якість якої періодично перевіряє санепідемстанція. Тому, через ймовірні адміністративні та фінансово-матеріальні утруднення, дослідження хімічної стійкості та проникності зразків спеціальних матеріалів при впливі аміаку проводилися безпосередньо у виробничому середовищі (насосний цех та зберігання аміаку).

Метою роботи є вдосконалення методики визначення проникності аміаку через проби спеціальних матеріалів, які передбачається використовувати для виготовлення захисних ізолюючих костюмів. Зрештою, передбачається розробка єдиної методики оцінки захисних властивостей спеціальних матеріалів до впливу аміаку.

Викладення основного матеріалу

Для виконання поставленої мети були ретельно проаналізовані існуючі методи досліджень та вимоги представників хімічних виробництв стосовно дотримання техніки безпеки.

Суть запропонованого методу полягає в тому, що технологічна обробка зразків аміаком і факт його проникнення через товщину досліджуваного зразка проводяться одночасно, тобто в одній упаковці (пакеті типу «сандвіч»). Обробка матеріалів здійснюється в одному з емностей технологічного обладнання, підключеного до виробничої санітарної колони, що забезпечує безпеку експериментатора і екологічну надійність. Загальний час експозиції становить - 2400 с, з інтервалом 600 с або 1200 с. Час контакту зразка матеріалу з рідинно-газовою фазою аміаку обґрунтовано тим, що конструкція ІЗК, який розробляється, забезпечується незалежною шланговою системою життєзабезпечення. Що стосується подачі повітря в підшкірний простір за допомогою шлангу, то його можна назвати форсованим і необмеженим за часом, оскільки автономна дихальна система забезпечується дихальним апаратом типу «AFS-2», «RWL», «ARI» та іншими, час використання яких залежить від тяжкості виконуваної роботи. Наприклад, якщо робота відноситься до важкої, то використовують дихальний апарат «АСВ – 2». При цьому в ІЗК можна перебувати всього 2400 с, тобто це час, протягом якого зазначена дихальна система гарантує життєзабезпечення людини.

Таким чином, захисні властивості спеціальних захисних матеріалів, особливо їх проникність, стандартизовані технічними характеристиками автономних дихальних апаратів вітчизняного виробництва. Тому, виходячи з наведеної вище концепції, дослідний матеріал вважається таким, що пройшов випробування, якщо після 2400 с рідинно-газова фаза аміаку не проникає на задню сторону зразка матеріалу.

Задля реалізації зазначеного методу досліджень, розроблено і запропоновано індикаторний спосіб визначення факту проникнення аміаку через пробу матеріалу. Сутність цієї новації полягає в наступному: бавовняну тканину, яку попередньо обробили спеціальним розчином, розташовують між двома зразками досліджуваного матеріалу з подальшою герметизацією швів з'єднання по периметру даного «сандвічу», який фіксують по периметру в робочій камері промислової установки для подальшої обробки аміаком. Після того, як час відліку (2400 с) минув, «сандвіч» з матеріалів виймають з установки і виконують нейтралізацію дії аміаку. Потім, за допомогою індикаторного полотна з бавовняної тканини, визначають наявність (або

відсутність) агресивного середовища, що проникло через товщину проби. Відсутність зміни білого кольору індикаторної тканини вказують на те, що аміак не проник через захисний матеріал.

Наступним важливим кроком досліджень стало визначення оптимального хімічного складу індикаторного розчину для бавовняної тканини. Для цього експериментальним шляхом виконано добір хімічних реагентів, сполучення яких при контакті з аміаком утворювало б яскравий блакитний колір. Результати досліджень наведено в табл.1.

При дослідженні різних хімічних компонентів для індикаторного розчину (табл.1), визначено, що найоптимальніша кількість речовин повинна бути в такому співвідношенні: сульфат міді (мідний купорос) – 6,0 - 17,0 %, хлорид магнію – 22,0 - 45,0 %, карбонат калію – 0,025 - 0,15 %, вода - решта. Експериментально встановлено, що сульфат міді служить індикатором для аміаку (рідкого і газоподібного), хлорид магнію необхідний як наповнювач, а карбонат калію - регулятор рівня рН.

Таблиця 1

Варіанти компонентів для індикаторного рішення

№ Хімічного складу	Склад компонентів, %				Колір індикаторної тканини		Інтенсивність окрасу індикаторної тканини через 60 хв обробки аміаком	
	Сульфат міді	Хлорид магнію	Карбонат калію	Вода	До обробки аміаком	Після обробки аміаком		
1.	3,0	25,0	-	решта	світло-салатний	блакитна	світло-салатна	
2.	4,0	25,0	-	решта	світло-салатний	блакитна	світло-салатна	
3.	5,0	25,0	-	решта	світло-салатний	блакитна	дуже бліда	
4.	6,0	25,0	-	решта	салатний	блакитна	бліда	
5.	7,0	25,0	-	решта	салатний	блакитна	бліда	
6.	8,0	25,0	-	решта	салатний	блакитна	бліда	
7.	17,0	25,0	-	решта	салатний	блакитна	бліда	
8.	18,0	25,0	Не розчиняється					
9.	13,0	15,0	-	решта	жовто-зелений	блакитна	бліда	
10.	13,0	20,0	-	решта	світло-жовтий	блакитна	бліда	
11.	13,0	22,0	-	решта	світло-жовтий	блакитна	бліда	
12.	13,0	24,0	-	решта	жовтий	блакитна	бліда	
13.	13,0	30,0	-	решта	жовтий	блакитна	бліда	
14.	13,0	40,0	-	решта	жовтий	блакитна	бліда	
15.	13,0	45,0	-	решта	жовтий	блакитна	бліда	
16.	8,0	25,0	0,01	решта	салатний	блакитна	бліда	
17.	8,0	25,0	0,02	решта	салатний	блакитна	середня	
18.	8,0	25,0	0,025	решта	салатний	блакитна	яскрава	
19.	8,0	25,0	0,10	решта	салатний	блакитна	яскрава	
20.	8,0	25,0	0,15	решта	салатний	блакитна	яскрава	

Індикаторний розчин готують таким чином: розчиняють 8,0 г мідного купоросу в 60 мл дистильованої води і додають 22,0 г хлористого магнію; потім розчиняють 0,1 г карбонату калію в 40 мл дистильованої води і додають до раніше отриманого розчину мідного купоросу і хлориду магнію. Отриманою хімічною рідиною обробляють бавовняну тканиною з 100% бавовняних волокон (наприклад, кора, атлас). При цьому тканина повинна бути білого кольору і не оброблена за допомогою апретів. Обробка індикаторної тканини здійснюється зазначеною речовиною на основі банного модуля 1:20, 60 - 120 с з подальшим пресуванням і сушінням при температурі 20 - 100°C.

Потім зразок матеріалу з полімерним покриттям і індикаторним полотном розміром 600 × 300 мм складають в одну упаковку «сандвіч», і, за допомогою швейної машини (номер голки - 130, довжина стібка - 3 мм) та 100% бавовняної пряжі (лінійної щільності 100 текс) з чотирьох сторін з'єднують між собою, відступаючи від країв на 10 мм. Утворений шов герметизують за допомогою спеціального клею «4508» і спеціальної ущільнювальної смужки «393». Після 24 годин витримання при кімнатній температурі повітря, підготовлений зразок «сандвіч» піддають випробуванням в робочій камері установки з аміаком протягом 2400 с.

Після експозиції зазначеної тривалості, зразки обробляють проточною водою протягом 5-10 хв задля нейтралізації залишків аміаку. Потім вилучають із «сандвіча» індикаторну тканину і досліджують її наявність зміни білого кольору. Якщо колір не змінився на блакитний, то зразок захисного матеріалу вважають непроникним для аміаку. Потім визначають хімічну стійкість дослідних матеріалів за стандартними методами на розривальне навантаження, жорсткість, цілісність полімерного покриття, тощо. При цьому початкові значення (A_0) порівнюють з тими, які стали після перебування матеріалів (A_1) в аміачному середовищі. Можливу зміну цих значень за кожним показником визначають за формулою (1):

$$X_{\text{уст.}} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де A_0 – значення вихідного стану проби;

A_1 – значення проби після випробувань.

Якщо значення показника зменшились не більше ніж на 10% від початкового, то матеріал вважається хімічно стійким і може бути рекомендованим для виготовлення ізолюючих захисних костюмів.

Висновки

В результаті проведених досліджень запропоновано методику визначення хімічної стійкості та проникності проб спеціальних матеріалів до впливу аміаку. Експериментально доведено, що розроблена методика, на відміну від існуючої, є практично безпечною для експериментатора при проведенні досліджень, та метрологічно і екологічно чистою. Повторні дослідження забезпечують низьку розбіжність результатів - в межах 3%. При цьому методика дозволяє за один сеанс експозиції випробування отримувати данні як стосовно проникності дослідних спеціальних матеріалів, так і отримувати точкові проби для подальших досліджень з визначення їх фізико-механічних властивостей.

Література

1. Михайлова Н.В., Привала В.О. Дослідження матеріалів, які використовують для виготовлення захисного одягу робітників-апаратників та слюсарів хімічної промисловості. Вісник Хмельницького національного університету, 2018. № 1. С. 124-129.
2. Михайлова Н.В., Привала В.О. Аналіз умов праці робітників, які виконують очищення закритих ємностей від хімічно агресивних речовин. Вісник Хмельницького національного університету, 2017. № 2. С. 96-103.
3. Ukrprofzashchita. [https:// http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity](https://http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity).
4. Types of overalls for protection against chemically aggressive environments. <https://pcgroup.ru/blog/vidy-specodezhdy-dlya-zaschity-ot-himicheski-agressivnyh-sred>.
5. Костюми захисні в Україні. <https://prom.ua/Kostyummy-izoliruyuschie.html>.
6. Обґрунтування вибору показників для вивчення і оцінки захисних властивостей спеціальних матеріалів ізолюючого костюма працівників хімічної промисловості. Вісник Хмельницького національного університету, № 5, 2018. С. 50-54.
7. Mychko A.A. Development of methods of evaluation of protective properties and selection of textile materials for special products in extreme conditions. Disertation of doc. techn. sciences: 05.19.01. S-Petersburg, 1997. 394 p.

References

1. Mikhailova N.V., Privala V.O. Research of materials used for the manufacture of protective clothing for workers-apparatchiks and locksmiths of the chemical industry. Herald of Khmelnytskyi National University, 2018, No. 1. P. 124-129.
2. Mikhailova N.V., Privala V.O. Analysis of working conditions of workers performing cleaning of closed containers from chemically aggressive substances. Herald of Khmelnytskyi National University, 2017, No. 2. S. 96-103.
3. Ukrprofzashchita. <http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity>.
4. Types of overalls for protection against chemically aggressive environments. <https://pcgroup.ru/blog/vidy-specodezhdy-dlya-zaschity-ot-himicheski-agressivnyh-sred>.
5. Protective suits in Ukraine. <https://prom.ua/Kostyummy-izoliruyuschie.html>.
6. Justification of the choice of indicators for the study and assessment of the protective properties of special materials of the insulating suit of workers in the chemical industry. Herald of Khmelnytskyi National University. No. 5, 2018. S. 50-54.
7. Mychko A.A. Development of methods of evaluation of protective properties and selection of textile materials for special products in extreme conditions. Disertation of doc. techn. sciences: 05.19.01. S-Petersburg, 1997. 394 p.