

УДК 687.17:620.193

Н.В. МИХАЙЛОВА

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

В.О. ПРИВАЛА

Хмельницький національний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ РОБІТНИКІВ-АПАРАТНИКІВ ТА СЛЮСАРІВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*В статті проаналізовано захисний одяг для працівників, які займаються обслуговуванням ємностей хімічної, коксохімічної, нафтопереробної та інших галузей вітчизняної промисловості. Встановлено, що існуючі засоби індивідуального захисту із суконних матеріалів є неефективними у разі їх використання в закритих ємностях, в яких присутні залишки кислот, лугів та інших хімічно активних речовин.*

*Ключові слова: хімічна промисловість, закриті ємності, безпека життя, умови праці, захисний одяг, шкідливі умови, агресивне середовище.*

N.V. MIHAILOVA

Eastern National University. Volodymyr Dahl, m. Severodonetsk

V.O. PRIVALA

Khmelnysky National University

### RESEARCHING MATERIALS USED FOR MANUFACTURING PROTECTIVE CLOTHING OF APPARATUS AND CLIMATE INDUSTRY WORKERS

*At the domestic enterprises of the chemical industry, the issue of providing special clothing for protection against aggressive factors, is always relevant. This is due to the constant development of the chemical industry and the creation of new compounds and materials. For the normal exploitation of chemical containers at each chemical enterprise, there are brigades of locksmiths and apparatuschiks who, in the presence of gas rescuers, regularly carry out regular and repair work, preparation of containers for receiving and transporting, as well as cleaning from the remains of chemical products. Investigation of the physical, mechanical and protective properties of special materials for the manufacture of acid-proof suits has shown that the fibrous composition, bursting characteristics (output), acid resistance (loss of strength after treatment with acid), acid permeability, etc., differ significantly. This is confirmed by the fact that there is no unique special material with universal properties for action, for example, high concentrations of sulphuric, hydrochloric and nitric acids. Therefore, it is necessary to carry out a detailed analysis of the working conditions of the workers and apparel workers of the chemical industry, and thoroughly investigate materials from which traditional protective clothing is manufactured for chemical production. The disadvantages of these insulating suits include the low chemical resistance of a special material to the effect of highly concentrated mineral acids and low bending resistance at low (up to  $-40^{\circ}\text{C}$ ) temperatures, that is, factors that are one of the most important in domestic production. The conducted researches, analysis of literature, as well as the survey of workers of the chemical industry indicate that the development of effective protective clothing of the insulating type for the cleaning of closed capacities remains relevant.*

*Key words: chemical industry, closed capacities, safety of life, working conditions, protective clothing, harmful conditions, aggressive environment.*

#### Вступ

На вітчизняних підприємствах хімічної промисловості, питання забезпечення спеціальним одягом для захисту від агресивних чинників, завжди є актуальним. Це пов'язано з постійним розвитком хімічної промисловості та створенням нових сполук і матеріалів. Для нормальної експлуатації хімічних ємностей на кожному хімічному підприємстві є бригади слюсарів та апаратників, які в присутності газорятувальників постійно проводять регламентні і ремонтні роботи, підготовку ємностей до прийому і транспортування, а також очищення від залишків хімічної продукції [1–3].

Температура середовища в ємностях може досягати влітку до  $+30^{\circ}\text{C}$  при відносній вологості повітря до 95%, а взимку температура на  $3\text{--}5^{\circ}\text{C}$  є меншою від зовнішньої. Через конструктивні зміни внутрішніх поверхонь після проведення капітального ремонту ємностей, або через інші технічні причини, підготовка об'єкту роботи апаратниками не завжди приводить до бажаних результатів. Тому очищення від забруднень може проводитися за наявності залишків агресивних середовищ різної концентрації. З огляду на можливість присутності небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) вітчизняні слюсарі екіпіровані кислотозахисним суконним костюмом (куртка, штани), рукавицями і гумовими чоботами. Крім зазначених засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), робітник надягає рятувальний пояс, до якого кріпиться страхувальна мотузка, а також дихальний шланг від протигаза ПШ-1 або ПШ-2.

#### Постановка задачі

Зазначені ЗІЗ видаються згідно «Табелю оснащення аварійними засобами ...» і протягом 6–9 місяців повинні перебувати в експлуатації. Однак, як показала практика, вже на 3–4 місяці суконні костюми руйнуються агресивними середовищами мінерального походження, а що стосується їх газової фази (наприклад, пари аміаку, соляної та азотної кислоти), то зазначені куртка і штани, виготовлені з тканого повітропроникного матеріалу, фізично не можуть виконувати газозахисну роль. Дослідження фізико-

механічних і захисних властивостей спеціальних матеріалів, призначених для виготовлення кислотозахисних костюмів показали, що за волокнистим складом, розривними характеристиками (вихідними), кислотостійкістю (втрата міцності після обробки кислотою), кислотопроникністю та інше, істотно відрізняються між собою. Це підтверджує факт відсутності єдиного спеціального матеріалу з універсальними властивостями до дії тільки, наприклад, сірчаної, соляної та азотної кислоти високої концентрації.

Тому є необхідним проведення детального аналізу виробничих умов роботи робітників-апаратників та слюсарів хімічної промисловості, та всебічне ретельне дослідження матеріалів, з яких традиційного виготовляють захисний одяг для хімічного виробництва.

#### Викладення основного матеріалу

Експериментально доведено, що при додаванні до складу пряжі крім вовняного волокна (60–70%) віскози (до 20%) і поліаміду (10–20%), спеціальні тканини арт. 1В-9-1; арт. 1В-9-2 і арт. 51351-СШ після годинної обробки сірчаною кислотою 80% концентрації, зменшують свої розривні характеристики (по основі) на 14,7%; 14,8% і 14,5% відповідно. Однак, незважаючи на те, що умовами стандарту [4] допускається зменшення міцності до 15%, застосування зазначених матеріалів для виготовлення кислотозахисних костюмів, а тим більше призначених для слюсарів з очищення закритих ємностей, є недоцільним. Про це свідчать також і показники за коефіцієнтами повітропроникності. Наприклад, проби матеріалу арт. 1В-9-1 за одну секунду через площу в 1 м<sup>2</sup> пропускають 181,0 дм<sup>3</sup> повітря, а проби арт. 1В-9-2 і арт. 51351-СШ - 112,5 дм<sup>3</sup> / м<sup>2</sup>·с і 92,0 дм<sup>3</sup> / м<sup>2</sup>·с відповідно (табл. 1). Врахувати те, що в процесі проведення очищення закритих ємностей має місце виділення газової фази від залишків летючих кислот (соляна, азотна), аміаку, застосування кислотозахисних костюмів у вигляді куртки і брюк, виготовлених із зазначених спеціальних матеріалів практично є недоцільним.

Інша група спеціальних матеріалів (арт. 6929; арт. 49705 «С» і арт. 49706 «С»), яка також застосовується для виготовлення кислотозахисних костюмів, має деякі суттєві відмінності від попередньої. Наприклад, до складу пряжі, крім вовняного волокна (30–40%) входить від 60% поліпропіленових (ПП) волокон (арт. 6929) до 70% (арт. 49705 «С»), а також 70% поліефірних (ПЕ) волокон (арт. 49706 «С»).

Таблиця 1

#### Деякі фізико-механічні, захисні властивості і гігієнічні показники тканин для кислотозахисного одягу

| Найменування   | Артикули спеціальних тканин  |                              |                              |                  |                  |                  |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|  | 1В-9-1                       | 1В-9-2                       | 51351-СШ                     | 6929             | 49705 «С»        | 49706 «С»        |
| 1  | 2                            | 3                            | 4                            | 5                | 6                | 7                |
| Поверхнева щільність, г / м <sup>2</sup>                               | 662                          | 654                          | 626                          | 600              | 498              | 511              |
| Розвивальне навантаження смужки 50x100 мм, Н:                          |                              |                              |                              |                  |                  |                  |
| по основі  | 691                          | 680                          | 966                          | 637              | 1960             | 1660             |
| по пітканню  | 634                          | 630                          | 453                          | 539              | 880              | 392              |
| Товщина, мм  | 2,0                          | 2,0                          | 2,2                          | 2,2              | 1,6              | 1,5              |
| Поверхнева щільність ниток на 100 мм, шт. :                            |                              |                              |                              |                  |                  |                  |
| по основі  | 110                          | 110                          | 243                          | 259              | 275              | 275              |
| по пітканню  | 116                          | 115                          | 152                          | 190              | 141              | 146              |
| Усадка, % :  |                              |                              |                              |                  |                  |                  |
| по основі  | 2,5                          | 2,7                          | 3,5                          | 3,5              | 3,0              | 3,5              |
| по пітканню  | 1,4                          | 1,6                          | 3,2                          | 3,5              | 3,0              | 3,0              |
| Гігроскопічність, %  | 7,2                          | 7,2                          | 6,3                          | 5,4              | 4,2              | 3,1              |
| Повітропроникність, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с                 | 181,0                        | 112,5                        | 92,0                         | 57,5             | 48,5             | 115,0            |
| Кислотопроникність 80 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , с             | 1200                         | 1200                         | 0.0                          | 23400            | 5700             | 5400             |
| Кислотостійкість до 80 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , по основі, % | -14,7                        | -14,8                        | -14,5                        | -2,3             | -1,6             | -3,4             |
| Вид оздоблення   | ПФЕ                          | ПФЕ                          | ПФЕ                          | ГФ               | ГФ               | ГКЖ-94           |
| Вид переплетення (кількість шарів)                                     | 1,5 саржа                    | 1,5 саржа                    | 1,5 саржа                    | 2,0 саржа        | 1,5 саржа        | 1,5 саржа        |
| Волокнистий склад, % :   | 70 Вов<br>20 ВВіс<br>10 ВПам | 70 Вов<br>20 ВВіс<br>10 ВПам | 60 Вов<br>20 ВВіс<br>20 ВПам | 40 Вов<br>60 ВПП | 30 Вов<br>70 ВПП | 30 Вов<br>70 ВПЕ |

**Примітки:** ПФЕ – парафіно-фталатна емульсія; ГФ – гідрофобна емульсія; ГКЖ-94 – кремнійорганічна рідина.

Наявність ПП і ПЕ-волокон в пряжі призвело до підвищення кислотозахисних властивостей зазначених матеріалів (табл. 1). Експериментально доведено, що після годинної обробки 80% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> проби

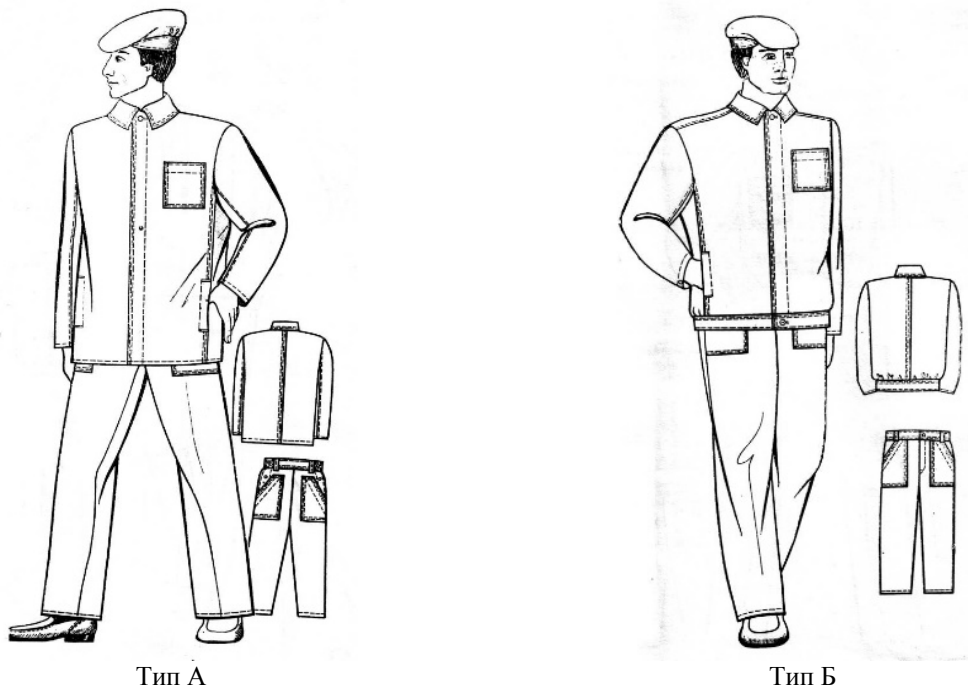
матеріалів арт. 6929; арт. 40705 «С» і арт. 49706 "С" зменшили розривні характеристики тільки на 2,3%; 1,6% і 3,4% відповідно. Що ж стосується інших показників, то необхідно виділити кислотопроникність краплинної фази 80%  $H_2SO_4$  і коефіцієнт повітропроникності. Процес проникнення агресивного середовища через товщу проби арт. 6929 проходив протягом 23400 с, через товщу проби арт. 49705 «С» протягом 5700 с, а через товщу проби арт. 49706 «С» - за 5400 с (табл. 1).

Отже, застосування зазначених артикулів тканин лише для виготовлення кислотозахисних костюмів є доцільним, оскільки вони відповідають вимогам стандарту [5] і умов праці хіміків-апаратників. Проте в процесі очищення закритих ємностей слюсар піддається впливу не тільки крапельної, але і газової фази, за показниками повітропроникності (табл. 1), захисний костюм з тканого матеріалу у вигляді куртки і брюк не відповідає своєму призначенню за умовами праці та характеристикам НШВФ (табл. 2).

Як вже зазначалося раніше, ЗІЗ для слюсарів по очищенню закритих ємностей є куртка і штани (рис. 1), які виготовлені з кислотозахисного сукна різного асортименту, згідно з вимогами стандарту [6]. Дослідження стану застосовуваної спецодягу проводилося за допомогою різних методик, в тому числі і визначення топографії забруднень небезпечних і шкідливих виробничих факторів і диференціації їх розподілів за площею виробу.

Для проведення зазначеної роботи запропоновано ранжування НШВФ за ступенем і виду їх впливу (випадкове, систематичне) на матеріал спецодягу. Вид впливу перерахованих НШВФ визначали за результатами вивчення топографії забруднень 20 костюмів після 30 днів їх експлуатації.

На підставі проведених досліджень підтверджено наявність в закритих ємностях залишків агресивних середовищ (мінеральні кислоти, луги високих концентрацій, а також розчини солей), не дивлячись на ретельне проведення апаратниками підготовчих робіт. Забруднювачі мінерального походження впливають на матеріали спецодягу постійно і тому їх необхідно розглядати як систематичні.



Тип А

Тип Б

Рис. 1. Ескізи загального вигляду костюма чоловічого для захисту від кислот ГОСТ 27652-88 «Костюми чоловічі для захисту від кислот» [7]

Контроль проб матеріалів з захисного одягу показав, що рН розчинів (кислотних і лужних) не зменшується, а рівномірно розподіляється по всій її площі і збільшується, в залежності від часу перебування слюсара в ємності (табл. 2).

Що ж стосується штанів, то при загальній їх площі у 16800  $cm^2$ , з агресивними реагентами контактують 10880  $cm^2$ , тобто 65 %, забруднювачами мінерального і органічного походження контактують 2560  $cm^2$  (15,2 %), механічних впливів при одночасному впливі перших двох – 1200  $cm^2$  (7,1 %), 2160  $cm^2$  (12,9 %) – це їх площа перекрита курткою, а тому дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів не піддається (рис. 2, табл. 3).

Отже, проведений аналіз свідчить про те, що дослідний одяг не відповідає умовам праці робітників, які займаються очищенням закритих ємностей, по показникам захисту.

Таблиця 2

**Небезпечні і шкідливі виробничі фактори при виконанні робіт з очищення закритих хімічних ємностей**

| Вид ОВПФ і природа їх дії                | Концентрація НШВФ, %   | Характер впливу на організм робітника  | Характер впливу на спецодяг               |
|--|------------------------|--|---|
| 1  | 2                      | 3  | 4   |
| Хімічні:<br>сірчана кислота              | До 90 %                | Опіки шкіри, слизової оболонки и дихальних шляхів  | Руйнування матеріалу                      |
| соляна кислота                           | До 35 %                | Опіки шкіри, слизової оболонки и дихальних шляхів, що призводить ларингіту                                   | Руйнування матеріалу                      |
| азотна кислота                           | До 70 %                | Роз'їдаюча дія, ураження шкіри та слизової оболонки. Ймовірне пошкодження полости роту, гортані, стравоходу. | Руйнування матеріалу                      |
| фосфорна кислота                         | До 85 %                | Інтоксикація, опіки, пошкодження кісткової тканини.  | Ймовірне руйнування матеріалу             |
| Аміак                                    | рідкий та газоподібний | Опіки, подразнення, отруєння, емфізема легких, еритремії шкіри.  | Газопроникність                           |
| Розчини лугів (гідроксид натрію и калію) | до 40 %                | Опіки, руйнування живих тканин, небезпечні для очей та дихальних шляхів.                                     | Ймовірне руйнування матеріалу             |
| Фізико-механічні                         | Гострі краї деталей    | Травми, порізи, садни та інше.   | Руйнування матеріалу (механічне)          |
| Підвищена вологість                      | 75–84 %                | Простудні захворювання.  | Намокання спецодягу, збільшення його ваги |



**Рис. 2.** Схема топографії систематичного впливу ОВПФ на спецодяг в процесі проведення робіт з очищення хімічних ємностей

Крім того, конструкція кислотозахисного костюму така, що в процесі механічних впливів (удари, тиск власної ваги, ребристих поверхонь), ліктьові і колінні суглоби не захищені від їх впливу, а виріб в цілому відноситься до типу негерметичних.

Таблиця 3

**Характеристика розподілу НШВФ по площі спеціального костюма**

| Загальна площа куртки 19500 см <sup>2</sup>        |  |                                 | Загальна площа брюк 16800 см <sup>2</sup>          |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|--|--|---------------------------------|
| Вид НШВФ, площа і відсоток забруднення виробів:    |  |                                 |  |  |                                 |
| Забруднювачі мінерального і органічного походження | Мінеральні кислоти, аміак, луги, солі, | Механічний вплив,               | Забруднювачі мінерального і органічного походження | Мінеральні кислоти, аміак, луги, солі, | Механічний вплив,               |
| 5440 см <sup>2</sup> ,<br>27,9 %                   | 12960 см <sup>2</sup> ,<br>66,5 %      | 1100 см <sup>2</sup> ,<br>5,6 % | 2560 см <sup>2</sup> ,<br>15,2 %                   | 10880 см <sup>2</sup> ,<br>65,0 %      | 1200 см <sup>2</sup> ,<br>7,1 % |

На хімічних підприємствах Європи (Німеччина, Франція, Польща та ін.), для проведення робіт з очищення ємностей застосовуються такі захисні костюми ізолюючого типу, як WorkMaster, WorkMaster pro,

TeamMaster pro та ін. (Фірма «Мегера» Німеччина, Трелькем HPS, Трелькем VPS, Трелькем Супер, а також спеціальні костюми типу «Сплеш» до яких необхідно віднести виробу Трелькем Сплеш 100, Трелькем Сплеш 600, Трелькем Сплеш тисячі, Трелькем Сплеш 2000 (фірма «Треллеборг» Швеція). Крім зазначених фірм, аналогічні виробу, наприклад, Vauter Elite 35- L виготовляє фірма «Ауер» (Австрія). Аналогічну продукцію випускають фірми: «Нокія» (Фінляндія), «Такконі» (Італія) та інші. Як спеціальний матеріал для пошиття відповідних захисних костюмів використовується поліамідна тканина з одно- або двостороннім полімерним покриттям (ПВХ, бутилове, «витон» та інші). Перевагою таких виробів є висока технологія виготовлення, наявність герметичної блискавки-застібки, якісної фурнітури, надійна герметизація швів (метод вулканізації), які є міцними на розрив, естетичність і інше, що дає їм можливість бути конкурентоспроможними.

До недоліків зазначених ізолюючих костюмів слід віднести знижену хімічну стійкість спеціального матеріалу до впливу висококонцентрованих мінеральних кислот та низьку стійкість до згинання при низьких (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ) температурах, тобто факторів, які є одними з основних в умовах вітчизняного виробництва.

### Висновки

Таким чином, проведені дослідження, аналіз літератури, а також опитування робітників хімічної промисловості свідчать про те, що розробка ефективної захисного одягу ізолюючого типу для очищення закритих ємностей лишається актуальною задачею.

### Література

1. Иванов Ю.А. Хранение и транспортировка жидкого аммиака. / Иванов Ю.А., Стрижевский И.И. – М. : Химия, 1991. – 72 с.
2. Алелин А.Г. Производство серной кислоты / Алелин А.Г. – М. : Высшая школа, 1980. – 244 с.
3. Постников Н.Н. Термическая фосфорная кислота, соли и удобрения на ее основе / Постников Н.Н. – М. : Химия, 1976. – 336 с.
4. ГОСТ 12.1.005-76. ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Взамен ГОСТ 12.1.005-76 ; Введ. 01.01.89. – Изд-во стандартов, 1988. – С. 72.
5. ГОСТ 16166-80. Ткани полушерстяные для кислотозащитной спецодежды. Технические условия. – Взамен ГОСТ 16166-70 ; Введ. 01.01.82. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 7 с.
6. ГОСТ 27652-88. Костюмы мужские для защиты от кислот. Технические условия. – Взамен ГОСТ 12.4.036-78 ; Введ. 01.01.90. – Изд-во стандартов, 1988. – 23 с.
7. Постников Н.Н. Термическая фосфорная кислота, соли и удобрения на ее основе / Постников Н.Н. – М. : Химия. 1976. – 336 с.

### References

1. Ivanov Yu.A. Storage and transportation of liquid ammonia. / Ivanov Yu.A., Strizhevsky II - Moscow: Chemistry, 1991. - 72 p.
2. Alelin AG Production of sulfuric acid / Alelin AG - Moscow: Higher School, 1980. - 244 p.
3. Postnikov N.N. Thermal phosphoric acid, salts and fertilizers based on it / Postnikov N.N. - M.: Chemistry, 1976. - 336 p.
4. GOST 12.1.005-76. SSBT General sanitary and hygienic requirements for the air of the working area. - In exchange for GOST 12.1.005-76; Enter. 01/01/1969. – Publishing Standards. - 1988. - P. 72.
5. GOST 16166-80. Wool fabrics for acid-protective overalls. Technical conditions. - In exchange for GOST 16166-70; Introduction. 01.01.82. - Moscow: Publishing Standards, 1980. - 7 pp.
6. GOST 27652-88. Men's suits for protection against acids. Technical conditions. - In exchange for GOST 12.4.036-78; Enter. 01.01.90. : Publishing House of Standards, 1988. - 23 p.
7. Postnikov N.N. Thermal phosphoric acid, salts and fertilizers based on it. - Moscow: Chemistry. 1976. - 336 p.

Рецензія/Peer review : 07.11.2017 р.

Надрукована/Printed :20.01.2018 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. Карван С.А.