

БАЗАЛЬТОВІ ВОЛОКНИСТІ МАТЕРІАЛИ ТА КОМПОЗИТИ НА ЇХ ОСНОВІ – МАТЕРІАЛИ ХХІ СТОЛІТТЯ

В. П. Сергєєв

Науково-дослідна лабораторія базальтових волокон

Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ

Надійшла до редакції 15.04.05

Резюме: Проведено аналіз мінерально-сировинної бази гірських порід різних регіонів світу як однокомпонентної сировини для виготовлення базальтоволокнистих матеріалів та композитів на їх основі. Показана важливість організації виробництва базальтоволокнистих матеріалів та перспективність їх використання для вирішення економічних проблем України: будівництво, комунальне господарство, будівництво доріг, спеціальна техніка. Проаналізовані властивості базальтових неперервних волокон в порівнянні із скляними волокнами типу Е та високомодульними волокнами типу УМ-31А. Приведені принципи блоку-схеми способів формування базальтових волокон та визначені сфери їх використання для виготовлення композитів на полімерних та неорганічних в'язучих. Презентована уніфікована тара із склобазальтових композитів для зберігання та транспортування боєприпасів, показані техніко-економічні переваги даної тари в порівнянні із стандартною дерев'яною тарою. Визначено, що базальтоволокнисті матеріали, композити та вироби на їх основі є комерційними об'єктами, які потребують науково-технічного супроводження шляхом проведення фундаментальних та прикладних досліджень з метою оптимізації виробництва за показниками ціна/якість. Науково-технічні розробки мають інноваційний характер.

Ключові слова: гірські породи, базальтові волокнисті матеріали, композити, тара, експлуатаційні характеристики.

В. П. Сергєєв. БАЗАЛЬТОВЫЕ ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОМПОЗИТЫ НА ИХ ОСНОВЕ – МАТЕРИАЛЫ ХХІ СТОЛЕТИЯ.

Резюме: Проведен анализ минерально-сырьевой базы горных пород разных регионов мира как однокомпонентного сырья для изготовления базальтоволокнистых материалов и композитов на их основе. Показана важность организации производства базальтоволокнистых материалов и перспективность их использования для решения экономических проблем Украины: строительство, коммунальное хозяйство, строительство дорог, специальная техника. Проанализированы свойства базальтовых непрерывных волокон в сравнении со стеклянными волокнами типа Е и высокомодульными волокнами типа УМ-31А. Приведены принципиальные блок-схемы способов формирования базальтовых волокон и определены сферы их использования для изготовления композитов на полимерных и неорганических связующих. Представлена унифицированная тара из стеклобазальтовых композитов для сохранения и транспортирования боеприпасов. Показаны технико-экономические преимущества данной тары в сравнении со стандартной деревянной тарой. Определено, что базальтоволокнистые материалы, композиты и изделия на их основе являются коммерческими объектами, которые требуют научно-технического сопровождения путем проведения фундаментальных и прикладных исследований.

дований с целью оптимизации производства по показателям цена/качество. Научно-технические разработки имеют инновационный характер.

Ключевые слова: горные породы, базальтовые волокнистые материалы, композиты, тара, эксплуатационные характеристики.

V. P. Sergeiev. BASALT FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES ON THEIR BASE ARE THE MATERIALS OF THE XXI CENTURY.

Abstract: The analysis of mineral-raw-material base of rocks of different regions of the world, as one component raw material for manufacturing of basalt fibrous materials and composites on their basis is carried out. The main block diagrams of methods of formation of fibres, their assortment, products on their basis are presented. Importance of organization of manufacture of basalt fibrous materials and perspectivity of their use for a solution of economic problems of Ukraine is shown: construction, municipal services, construction of roads, special technical equipment. Properties of basalt continuous fibres in comparison with glass fibres such as "a" and high modulus fibres of type MIND-31A are analysed. Spheres of application of basalt fibres for manufacturing of composites on polymeric and inorganic binding are determined. The unified container from glass-basalt composites for preservation and transportation of ammunition is presented, technical and economic advantages of this container in comparison with standard wooden container are shown. It is determined, that basalt fibrous materials, composites and products on their basis are commercial objects which demand scientific and technical support by carrying out of fundamental and applied investigations with the purpose of optimization of manufacture on parameters price/quality. The thematic direction of scientific and technical development and results of investigations are innovative.

Keywords: rocks, basalt fibrous materials, composites, container for preservation and transportation of ammunition, operational characteristics.

1. ВСТУП

За ринкових умов розвитку економіки в Україні важливого значення набуває практичне використання результатів наукових досліджень шляхом їх комерціалізації.

Перспективними для інновацій і комерційного використання є матеріали, які мають достатній комплекс затребуваних позитивних властивостей як для загального, так і для вузького функціонального призначень. При цьому для успіху комерційного використання нових матеріалів для них мають виконуватись такі вимоги:

- сировинна база для їх виготовлення має бути необмежена або достатня;
- їх виробництво та використання повинні бути екологічно безпечні;
- обсяги споживання та сфери використання широкі;
- матеріали та вироби з них повинні бути конкурентноздатними за показником ціна/якість.

На думку багатьох спеціалістів, матеріалами не тільки нашого часу, але й майбутнього, котрі відповідають наведеним вимогам, є базальтові волокна та вироби з них. Склалося так, що технологія виготовлення базальтових волокон значно випередила наукові розробки.

Технологія одержання базальтових волокон – це яскравий приклад запозичення у природи створених нею екологічно чистих мінеральних складів, які успішно пройшли тривалі кліматичні випробування. А світові запаси їх необмежені. За рахунок унікального багатокомпонентного (як мінерального, так і хімічного) складу вихідної сировини (крім основних оксидів SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , TiO_2 , Na_2O , K_2O гірські породи мають у своєму складі практично всі елементи таблиці Менделєєва, а також їх сполуки) базальтові волокна характеризуються вдалим поєднанням високих експлуатаційних властивостей – температуростійкості, механічної міцності, високого модуля пружності, низької теплопровідності, високої вібростійкості, зносо-

стійкості, стійкості до агресивних середовищ. Для отримання волокон з заданими характеристиками (наприклад, більш високомодульних, температуростійких, луго- або кислото-стійких) існує можливість підбору вихідної сировини або коригування тієї, що є. Базальтові волокна мають перевагу перед мінеральними волокнами, скляними, вуглецевими, синтетичними за показником ціна/якість.

Майже 98 % маси поверхневого шару земної кори складають вісім елементів: кисень, кремній, алюміній, залізо, кальцій, натрій та магній, а вміст решти елементів становить близько 2 %. Із аналізу складу земної кори видно, що будівельними матеріалами майбутнього будуть силікати, які складають основу гірських порід типу базальту. Гірські породи – це однокомпонентна сировина для отримання базальтоволокнистих матеріалів.



Рис. 1. Принципова схема виготовлення базальтових волокон та їх асортимент

На сьогоднішній день практично єдиною організацією в Україні, де проблема створення і використання базальтоволокнистих мате-

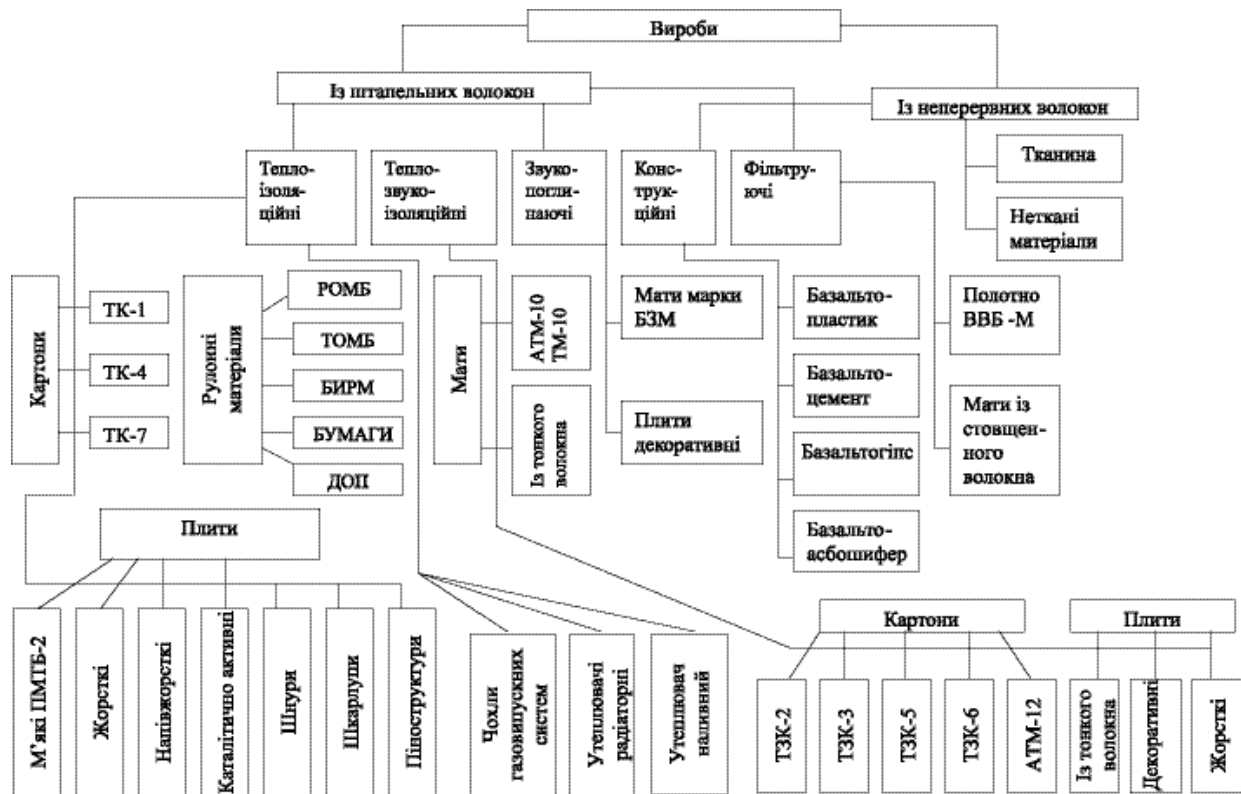


Рис. 2. Асортимент виробів із базальтових волокон

ріалів з заданими характеристиками вирішується в комплексі – від підбору сировинних джерел до створення промислових технологій, тестування та атестації готової продукції – є Науково-дослідна лабораторія базальтових волокон (НДЛБВ) Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України (ІПМ). Співробітниками лабораторії накопичений великий досвід – досліджено більш як 1 200 лабораторних і дослідно-промислових проб гірських порід країн СНД, Китаю, Кореї, Японії, В'єтнаму, Канади, США, Югославії, Болгарії та ін. В лабораторії досліджені властивості розплавів, виготовлені волокна, вивчені їх властивості, формується банк даних. Аналіз та узагальнення отриманих результатів дали можливість розробити критерії придатності гірських порід як вихідної однокомпонентної сировини для виробництва різноманітних видів базальтових волокон. Україна має світовий пріоритет у створенні базальтоволокнистих матеріалів, виробів з них та промислового впровадження відповідних технологій і обладнання. Асортимент базальтових волокон та виробів з них представлені на рис. 1 та рис. 2.

Сфери використання матеріалів із базальтових волокон – це, в першу чергу:

- промислове та житлове будівництво;
- тепло-, енергозбереження;
- міське комунальне господарство;
- будівництво доріг;
- атомна енергетика;
- виробництво композиційних матеріалів загального та вузького функціонального призначення.

Наразі постала необхідність створення сучасної галузі виробництва базальтоволокнистих матеріалів, композитів та виробів з них. Наявність нагальної потреби в таких матеріалах не лише в Україні, а і за її межами дає можливість збільшити експортний потенціал держави та вирішити ряд важливих техніко-економічних проблем.

У НДЛБВ ІПМ вивчена та узагальнена мінерально-сировинна база гірських порід України для виробництва базальтових волокон [1]. Визначено, що вона практично необмежена для виробництва різних їх типів. Розроблено та введено в дію реєстр технічних вимог до гірських порід як однокомпонентної сировини для виробництва базальтових волокон, а також технічні вимоги до продукції з них – загалом 16 технічних вимог.

На даний час в Україні вжиті деякі організаційні та фінансові заходи по організації виробництва і використання базальтоволокнистих матеріалів та виробів з них, а саме:

1. На виконання Постанови Колегії Київської міської державної адміністрації (КМДА) і Президії НАН України від 15.06.2001 за № 1211 Головним управлінням промислової політики та Асоціацією підприємств "Київміськбудматеріали" разом з Інститутами НАН України – проблем матеріалознавства, хімії поверхні, хімії високомолекулярних сполук і НТУ "Київський політехнічний інститут" була розроблена Комплексна програма "БАЗАЛБ" виробництва та застосування в міському господарстві м. Києва нових базальтоволокнистих матеріалів та виробів на 2002–2006 рр. У рамках цієї Програми на базі будівельної індустрії міста планується запровадити технологію промислового виробництва високоякісного вітчизняного базальтового волокна та виробів з нього для потреб будівельного комплексу та комунального господарства міста.
2. На замовлення Головного управління промислової науково-технічної та інноваційної політики КМДА в НДЛБВ ІПМ НАНУ були виконані науково-дослідні роботи по створенню тепло-, звукоізоляційних, вогнезахисних та армуючих матеріалів з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Розроблені технології виготовлення високоефективної екологіч-

Науково-технічні проекти

Таблиця 1. Порівняльні властивості неорганічних неперервних волокон

Показник	Одиниці виміру	Скляні волокна типу В	Базальтові волокна	Високомодульні волокна типу УМ-31А
Діаметр	мкм	9 ± 1	8 ÷ 14	9 ± 1
Густина	кг/м ³	2 550	2 750	2 890
Міцність на розтяг	МПа	2 000 ÷ 2 800	2 000 ÷ 3 500	3 300 ÷ 3 500
Модуль Юнга	ГПа	70 ± 2	80 ÷ 110	121 ± 5
Температура застосування	°С	450	700	900
Гігроскопічність, не більше	%	20	1	10
Втрата міцності після 1 год. термообробки при 400 °С	%	48,0 ± 1	18,0 ± 1	37,0 ± 1

но чистої теплоізоляції з густиною 70–150 кг/м³. В лабораторії розроблені пропозиції по створенню потужностей виробництва вказаних матеріалів в системі НАН України з метою їх комерційного використання.

3. Згідно з держзамовленням в НДЛБВ була розроблена уніфікована тара із склобазальтоволоконних матеріалів для зберігання та транспортування боєприпасів.
4. За відомчою тематикою НАН України НДЛБВ виконує тему: "Дослідження механізму формування структури і власти-

востей композиційних матеріалів на основі базальтових волокон, неорганічних та органічних зв'язок" з метою розробки науково-технічних основ виготовлення композитів різного функціонального призначення.

Нижче наведені деякі конкретні результати виконаних робіт з питань розробки, дослідження властивостей та використання конкретних базальтоволоконних матеріалів і виробів з них. Найбільш перспективними і комерційно привабливими об'єктами є ба-

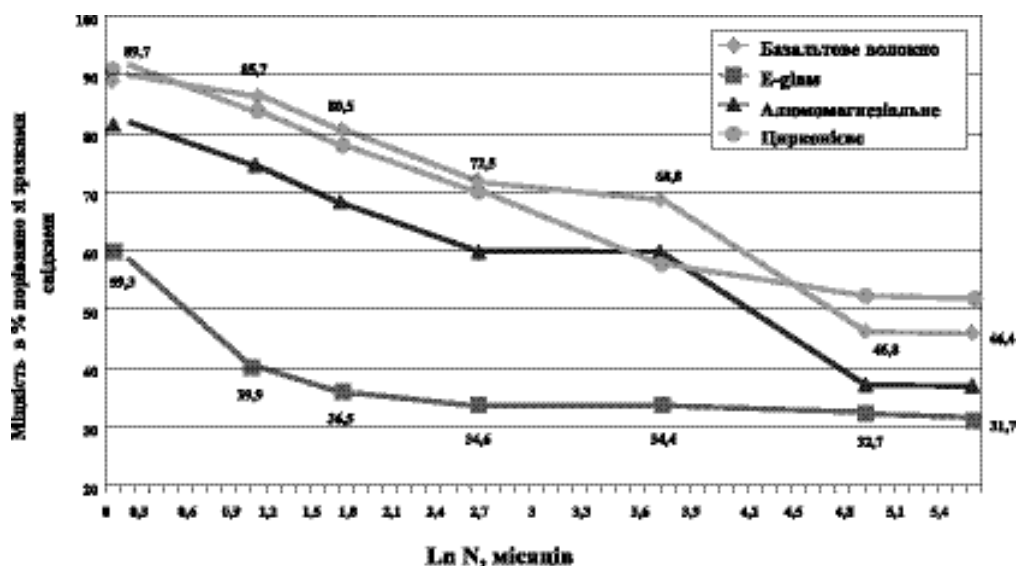


Рис. 3. Втрата міцності базальтових і скляних волокон в середовищі твердіючого портландцементу в залежності від часу

зальтові неперервні волокна, а також тара для зберігання та транспортування боеприпасів.

2. БАЗАЛЬТОВІ НЕПЕРЕРВНІ ВОЛОКНА

Базальтові неперервні волокна (БНВ) – це новий клас волокнистих матеріалів, які за параметром ціна/якість виявляються кращими, ніж скляні, арамідні і вуглецеві волокна, тому вони починають витісняти в ряді застосувань поширене скляне волокно. За фізико-хімічними властивостями (кислото- і лугостійкість, гігроскопічність, опір стиранню, величина модуля пружності, діапазон робочих температур та ін.) БНВ істотно перевершують скляне волокно Е-класу (e-glass), що зумовлює широкі сфери їх застосування.

В табл. 1 і на рис. 3 наведені характеристики базальтових волокон у порівнянні з іншими неорганічними волокнами.

З наведених даних можна зробити висновок, що БНВ за характеристиками міцності, модуля пружності та температури застосування займають проміжне місце між склово-



Рис. 4. Базальтові неперервні волокна виготовлені із гірських порід різних регіонів світу

локном типу Е і високомодульним волокном типу УМ-31А. Встановлено також, що за хімічною стійкістю в середовищі портландцементу, що твердіє, БНВ перевершують алюомагнезійні волокна і скляні волокна марки Е. Це дає можливість стверджувати, що завдяки фізико-хімічним і механічним властивостям базальтові неперервні волокна мають величезну перспективу як армуючий матеріал для виробництві спеціальних бетонів і композитів на полімерній матриці, що працюють в агресивних середовищах. На рис. 4 представлені базальтові неперервні волокна, виготовлені із гірських порід різних регіонів світу.

Крім вивчення процесів утворення базальтових волокон, їх експлуатаційних, економічних та інших характеристик нами вперше, з метою виявлення впливу базальтових волокон на людину були експериментально досліджені морфологічні зміни в органах та тканинах щурів при імплантації їм базальтових волокон, а також проведені інші біологічні дослідження (електроліти, білки, ферменти, продукти обміну) на цих тваринах. Виконано 21 серію дослідів на 42 статевозрілих щурах. Морфологічному дослідженню підлягали ділянки м'язів, імплантованих волокном, печінка, селезінка та легені. В результаті досліджень встановлено, що виражених паталогічних змін у паренхіматозних органах (печінка, селезінка, легені) щурів на протязі 21 доби після імплантації різних видів базальтових волокон не виявлено. Приймаючи до уваги, що процеси інкапсуляції та реактивні зміни не завершуються протягом 21 доби, доцільно вивчити морфологічні зміни в терміни 3–6–12 місяців та 1,5–2 роки. Планується подальше вивчення впливу базальтових волокон на організми досліджуваних тварин з прогнозуванням на цій основі можливого впливу і на людину.

Технологія виготовлення базальтових волокон, склади гірських порід та обладнання захищені патентами України та Росії [2–5].

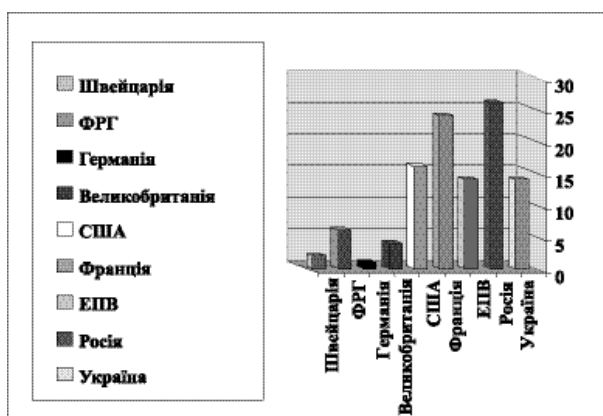


Рис. 5. Графік патентно-ліцензійної активності провідних країн світу в галузі розробки тари для зберігання та транспортування боєприпасів

3. УНІФІКОВАНА ТАРА ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ БОЄПРИПАСІВ

Традиційно склалося так, що тара для зберігання та транспортування боєприпасів у Радянському Союзі і державах Варшавського договору та стратегічних партнерів СРСР виготовлялася з дефіцитної ділової деревини високої якості. Але вказана дерев'яна тара має відносно невисокий термін експлуатації на відкритих майданчиках – 5–7 років, що значно менше (в 5–6 разів), ніж сама придатність боєприпасів. Крім того, вказана тара не відповідає критеріям безаварійної експлуатації

Таблиця 2. Порівняльні тактико-технічні характеристики існуючої штатної дерев'яної тари та розробленої тари із склобазальтоволокнистих композиційних матеріалів для зберігання та транспортування боєприпасів

№ пор.	Показники, які порівнюються	Порівняльна оцінка з продукцією підприємств-конкурентів ("+" – краще, "0" – однаково, "-" – гірше)			
		ШТАТНА ДЕРЕВ'ЯНА ТАРА ЗЯ43 ГОСТ 1704-80		СКЛОБАЗАЛЬТО-ПЛАСТИКОВА ТАРА ЗЯ43Б	
1	Габаритні розміри, мм	960×400×210	0	960×400×210	0
2	Маса тари, кг	18	0	18	0
3	Кількість типорозмірів боєприпасів	1	-	7	+
4	Температура експлуатації, °С	- 60 до +60	0	-60 до +60	0
5	Стійкість до зовнішніх кліматичних факторів	стійка 5 + 7 років *	-	стійка не менше 30 років **	+++
6	Стійкість до сонячної радіації	стійка	0	стійка	0
7	Пиловологозахисність	немає	-	захищена	+
8	Водостійкість	не стійка	-	стійка	+
9	Категорія горючості	горюча	-	ІВ-1 ГОСТ 28157	+
10	Горючість після прострілу	горюча	-	ІВ-1 ГОСТ 28157	+
11	Біостійкість	не стійка	-	стійка	+
12	Стійкість до дезактивації	не стійка	-	стійка	+
13	Скидання з висоти 1,5 м	можливе	+	втримус	+
14	Штабелювання	можливе	0	можливе	0
15	Вантажно-розважувальні роботи	можливе	0	можливе	0
16	Транспортування	можливе	0	можливе	0
17	Авіадесантування	можливе	0	можливе	0
18	Корозійна стійкість металевих виробів	відсутня	-	стійка	+
19	Термін експлуатації, років, не менш	5	-	30	+++
20	Вартість, грн. з ПДВ	250	+	390	-

та безпеки через можливість пожеж. Це підтверджується аваріями на арсеналах Міністерства оборони СРСР та останніми подіями в Україні в м. Артемівську та с. м. т. Ново-Богданівка.

Держави НАТО тара для зберігання та транспортування боеприпасів виготовляють із полімерних композиційних матеріалів з використанням термо-, та реактопластів. Це стало основою для створення контейнерної структури зберігання та транспортування боеприпасів у футлярах. У такому разі терміни експлуатації тари та придатність боеприпасів практично узгоджені.

Слід відмітити, що належна тара є важливим чинником для забезпечення надійності зберігання та транспортування боеприпасів на арсеналах озброєння і тому вона постійно вдосконалюється. На рис. 5 наведені дані патентно-ліцензійної діяльності провідних країн світу в сфері розробки нової тари для зберігання та транспортування боеприпасів.

Аналіз патентної діяльності вищезазначених держав дає можливість зробити висновок, що найбільш перспективними партнерами (конкурентами) України в науковому та практичному плані по розробці тари для боеприпасів можуть бути фірми таких країн, як

Росія, США та Франція, де інтерес до цієї проблеми підтверджується великою кількістю патентів.

З метою вирішення питання підвищення надійності, терміну використання тари для зберігання та транспортування боеприпасів, зменшення трудомісткості обслуговування, виключення аварійних ситуацій, підвищення пожежобезпеки на арсеналах МО України в НДЛБВ розроблена уніфікована тара ящиківого типу із склобазальтоволоконних композиційних матеріалів. У табл. 2 наведені порівняльні тактико-технічні характеристики дерев'яної тари та тари із композиційних матеріалів.

Розробка уніфікованої ящиківого тари для зберігання і транспортування боеприпасів базується на науково-технічних рішеннях і орієнтована на вітчизняну сировинну базу. А конструкція елементів тари передбачає їх використання як для спеціальної військової техніки, так і в народному господарстві, тобто має подвійне призначення. Тара та спосіб її виготовлення захищені патентами [6, 7] та мають елементи "ноу-хау".

В цілому виробництво тари із композиційних матеріалів є аналогом відомих виробництв склопластиків, гетинаксів та інших матеріалів, де екологія і шкідливість виробниц-

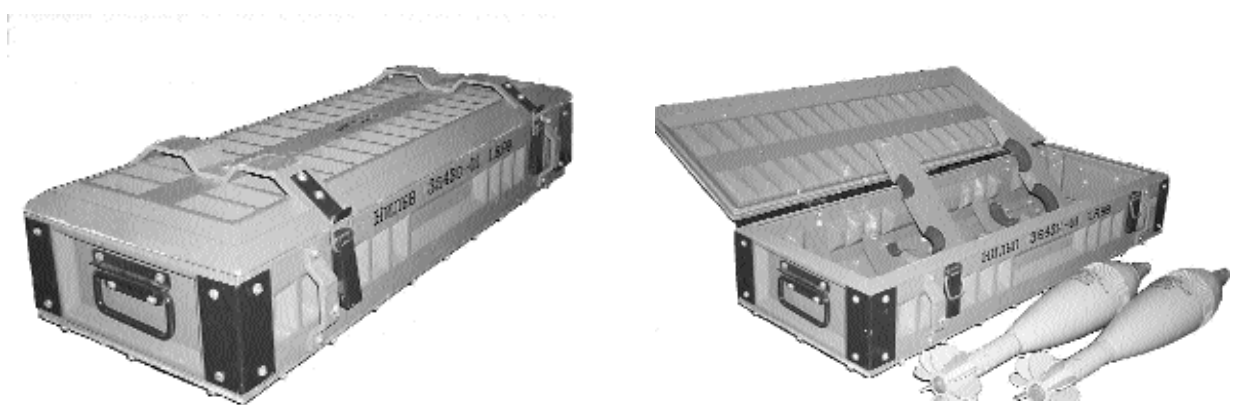


Рис. 6. Тара для зберігання та транспортування мін калібру 120 мм

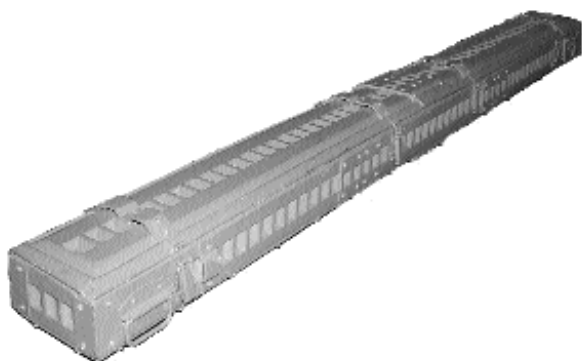


Рис. 7. Тара для зберігання та транспортування реактивних снарядів калібру 122 мм

тва визначаються шкідливістю в'яжучих і розчинників.

На рис. 6 і 7 представлені дослідні зразки уніфікованої тари із композиційних матеріалів.

НДЛБВ, спираючись на установи МО України, розробила попереднє порівняльне техніко-екологічне обґрунтування зберігання боєприпасів у дерев'яній тарі і тарі із компо-

зиційних матеріалів, яке вказує на вищий рівень економічної ефективності останньої. Порівняльні витрати (ціни наведені за станом на 2000 р.) на зберігання боєприпасів видно з рис. 8.

На сучасному етапі економічних та політичних перетворень в Україні великі запаси боєприпасів, які зберігаються на арсеналах МО України, варто розглядати в двох аспектах:

- боєприпаси як арсенал необхідних бойових засобів, які забезпечують реалізацію військової доктрини України на даному етапі;
- боєприпаси як матеріальні цінності, які користуються попитом на світовому ринку озброєння і реалізація яких може стати одним із джерел прибутку в економіці України.

Тара із композиційних склобазальтоволокнистих матеріалів для боєприпасів є важливим елементом переоснащення арсеналів МО. Використання уніфікованої тари для

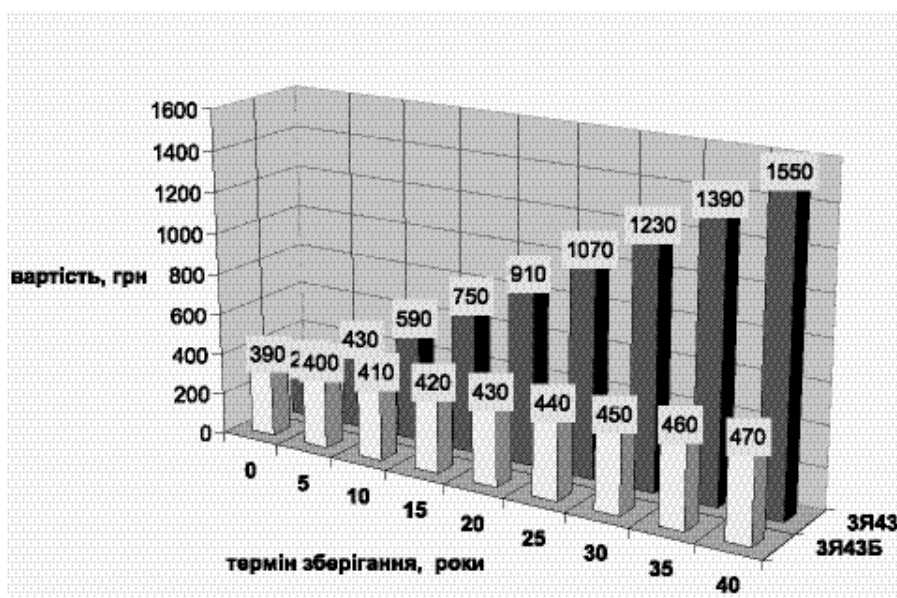


Рис. 8. Порівняльні витрати на зберігання боєприпасів у штатній дерев'яній тарі індексу 3Я43 та в композиційній склобазальтопластиковій тарі індексу 3Я43Б

боєприпасів із склобазальтвоволокнистих матеріалів передбачається як на стадії виробництва нових боєприпасів, так і на стадії переоснащення арсеналів.

Виходячи із стратегії розвитку промислового впровадження прогресивних технологій, у перші роки з початку серійного виробництва склобазальтвоволокнисті матеріали та вироби з них будуть виготовлятися тільки для потреб МО України. В зв'язку з аналогічною проблемою – необхідністю заміни деревини при виготовленні тари для боєприпасів в Україні – існує загальна потреба в тарі із склобазальтвоволокнистих композиційних матеріалів в країнах СНД (Росія, Казахстан, Узбекистан, Білорусія), а також в країнах далекого зарубіжжя (Китай, Пакистан, Іран, Індія), які експортували боєприпаси з СРСР.

Події останнього часу в Україні (катастрофічні вибухи на складах боєприпасів) свідчать про гостру необхідність оперативного вирішення проблеми безпечного зберігання боєприпасів. На сьогодні ринок тари для боєприпасів слабо конкурентний і недостатньо насичений. Тому з урахуванням якісних характеристик і ціни на вироблену продукцію можна очікувати повної реалізації всього об'єму виробленої тари.

Тара із композиційних матеріалів дасть можливість уникнути пожеж, підвищити надійність і термін зберігання боєприпасів, значно зменшити обсяги і вартість ремонтних робіт на арсеналах. Таким чином, технічна і економічна ефективність виготовлення тари з базальтвоволокнистих матеріалів не викликає сумнівів. Виходячи з вищенаведеного, можна констатувати, що запропонована тара експортноспроможна і може стати конкурентоздатним товаром на ринку озброєння, якщо врахувати інтеграційні процеси при можливому вступі України в НАТО.

Базальтвоволокнисті матеріали, композити та вироби на їх основі є комерційними об'єктами, які на стадії їх створення, промислово-

го виробництва, використання потребують науково-технічного супроводження шляхом проведення досліджень з урахуванням походження гірських порід, властивостей розплавів, умов формування, апаратурного обладнання, масштабного фактору, специфіки використання базальтових волокон, формування структури композитів і т. ін. з метою оптимізації виробництва за показником ціна/якість.

4. ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ БАЗАЛЬТОВИХ ВОЛОКОН У ВИРОБИ

Всі види базальтових волокон використовуються як у чистому вигляді (вата, прошивні мати, текстильні структури, трикотаж, фільтри тощо), так і у складі композиційних матеріалів (тепло-, звукоізоляційні плити, картони, фібробетони, арматура, тара та ін.).

На всіх стадіях переробки базальтових волокон безумовно є відходи. Але виходячи з того, що базальтові волокна є складовою частиною композиційних матеріалів, де за армуючі елементи можуть слугувати як кондиційні, так і некондиційні волокна, ці відходи можуть легко утилізуватися.

Одним із способів використання некондиційних волокон (відходів) є виробництво нетканих полотен з відходів текстильної переробки базальтових та інших волокон. Залежно від способів скріплення структурних волокнистих елементів між собою технологія виробництва нетканих матеріалів може бути механічною, фізико-механічною та комбінованою.

Таким чином, виробництво базальтвоволокнистих матеріалів, композитів та виробів з них є перспективним, безвідходним та економічно доцільним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трефилов В. И., Махова М. Ф., Джигирис Д. Д., Сергеев В. П., Мищенко Е. С., Горбачев Г. Ф.,

Науково-технічні проекти

- Козловский П. П., Бочарова И. Н.** Промышленность строительных материалов. Сер. 6. Промышленность полимерных, мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов. Минерально-сырьевая база горных пород Украины для производства волокон // ВНИИЭСМ. – М., 1992. – Вып. 2.
2. **Трефілов В. І., Сергєєв В. П., Махова М. Ф. та ін.** Скло для скловолокна // Патент № 11017 (СОЗС) від 24.02.1993 р.
3. **Трефілов В. І., Сергєєв В. П., Махова М. Ф.** Спосіб виготовлення неперервного волокна із розплаву гірських порід // Патент № 21887 (СОЗС 37/01) від 24.02.1993 р.
4. **Трефілов В. І., Сергєєв В. П., Евгеньев В. М. та ін.** Ванна піч для одержання розплаву із гірських порід // Патент № 19367 (СШЗВ 5/04) від 24.02.1993 р.
5. **Трефілов В. І., Польовий Р. П., Сергєєв В. П.** Спосіб одержання неперервних волокон із розплаву базальтових гірських порід // Патент № 5377 (СОЗВ 37/01) від 20.05.2000 р.
6. **Сергєєв В. П., Клипов В. Д., Лужанський Г. О.** Тара для виробів складної форми // Патент № 7771 UA (F42B39/00) від 29.01.1999 р.
7. **Сергєєв В. П., Клипов В. Д., Лужанський Г. А.** Тара для изделий сложной формы // Патент № 2198832 RU (F42B39/00) от 29.01.2001 г.