

The originality. Innovative designs by the Department of Transport Systems and Technologies of the National Mining University help avoid material weaknesses of modern electric locomotives. The technical solutions are supported by protective papers.

Practical implications. Industrial introduction of the facilities makes it possible to improve weight of trains significantly as accelerate them; owing to the fact, it is possible to improve the efficiency of locomotive transport, its operational safety, and reduce its prime cost.

Keywords: *mine, railway, locomotive, electric locomotive, brake, current, voltage, resistance, engine, electromagnet, efficiency, safety*

УДК [622.673+622.647]:539.4

© Д.Л. Колосов, О.І. Білоус, Г.І. Танцура, О.М. Воробйова

ВСТАНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ ЗБУРЕНЬ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГУМОТРОСОВОГО ТЯГОВОГО ОРГАНА

© D. Kolosov, O. Bilous, G. Tantsura, O. Vorobiova

DETERMINATION OF PARAMETERS OF PERTURBATION ZONE OF A STRESS-STRAIN STATE OF A RUBBER-CABLE TRACTIVE BODY

Досліджено механізм локального впливу різноманітних чинників на напружено-деформований стан плоского гумотросового тягового органа. Отримані результати дозволяють визначати умови прийнятності гіпотези про незалежність дії різних чинників збурень напружено-деформованого стану гумотросового тягового органа з урахуванням його конструкції та механічних параметрів складових елементів. Наведені результати мають бути враховані при проектуванні і експлуатації підйомно-транспортних машин з плоскими тягово-несучими органами.

Исследован механизм локального влияния различных факторов на напряженно-деформированное состояние плоского резинотросового тягового органа. Полученные результаты позволяют определять условия приемлемости гипотезы о независимости действия различных возмущающих факторов на напряженно-деформированное состояние резинотросового тягового органа с учетом его конструкции и механических параметров составляющих элементов. Приведенные результаты должны быть учтены при проектировании и эксплуатации подъемно-транспортных машин с плоскими тягово-несущими органами.

Вступ. Плоскі гумотросові канати та стрічки застосовуються як тягові органи на підйомно-транспортних машинах. Конструкція, технічний стан машини, можливі пориви тросів комплексно впливають на напружено-деформований стан (НДС) тягових органів. Відомий НДС дозволяє розробляти заходи їх безпечної експлуатації.

Стан питання та постановка задачі дослідження. Питання впливу багатьох з перерахованих чинників на НДС гумотросового каната, стрічки досліджені в роботах, зокрема в [1-5]. В них не встановлені умови, за яких впливи досліджених чинників на НДС каната можуть розглядатися як незалежні, а отримані результати складатися за принципом суперпозиції. В роботі [6] досліджена залежність протяжності крайового ефекту в шаруватому композиті з трансверсально-ізотропним наповнювачем від механічних характеристик без урахування кількості шарів в конструкції. Таким чином розробка методу визначення напружено-деформованого стану за наявності різних чинників його зміни – **актуальна науково-технічна задача.**

Основний зміст роботи. Вплив конструкції, технічного стану машини, поривів тросів на НДС каната проявляється через взаємний зсув його тросів

$$\frac{d^2 u_i}{dx^2} + \frac{Gdk_G}{(h-d)EF} (u_{i-1} - 2u_i + u_{i+1}) = 0, \quad (1)$$

де u_i – переміщення i -того троса вздовж каната (осі x); G – модуль зсуву матеріалу матриці; k_G – коефіцієнт форми матриці; d – діаметр троса, h – крок укладання тросів; E, F – приведений модуль пружності на розтяг та площа поперечного перерізу троса.

Однаковий механізм локального впливу різноманітних чинників на НДС каната дозволяє розглядати лише вплив одного з них. Конструктивні особливості машини, її технічного стану реалізуються на ділянках деякої довжини. Це впливає на розміри ділянки прояву крайових ефектів. Порив троса практично відбувається в одному перерізі – на безмежно малій довжині. Відповідно, зона впливу поривів тросів на НДС каната залежить лише від властивостей каната.

Розглянемо вплив пориву троса. Сумістимо початок осі координат x з перерізом пориву троса. Прийmemo канат безмежно довгим. Ушкодженим будемо вважати i -тий трос. Для каната, що має M тросів, внутрішні зусилля в i -тому тросі будемо шукати у наступній формі

$$p_i = \sum_{m=1}^{M-1} -B_m D_{m,i} \beta_m EF + p, \quad (2)$$

де

$$D_m = [\exp(-f_k)]^{f_m x} f_n; \quad (3)$$

$$f_m = \sqrt{2 \frac{G b k_G}{h E F}}; \quad f_k = \sqrt{1 - \cos\left(\frac{\pi m}{M}\right)}; \quad f_n = \cos\left(\frac{\pi m}{M}(i - 0,5)\right). \quad (4)$$

У прийнятій формі запису функція f_m залежить лише від механічних параметрів складових каната. Функція f_k залежить від кількості тросів в ньому. Функція f_n – від номера ушкодженого троса. В нашому випадку вона тотожна залежності від номера троса, на який реалізовано локальний вплив.

Сили розтягу тросів, відповідно до залежності (2), змінюються вздовж ка-

ната за показниковим (експоненціальним) законом. Збурення, зумовлені локальним джерелом збурень – в нашому випадку поривом троса, теоретично реалізується на усій безмежній довжині каната.

В прикладному застосуванні розміри ділянки прояву локальних збурень можна оцінювати за значенням параметру, віднесеним до його максимального значення – допустимою відносною величиною похибки, зумовленою нехтуванням якоїсь частини параметру.

Визначена залежність f_k від номера t в сумі з M членів виразу (кількості тросів в канаті) показана на рисунку 1.

Наведений рисунок відтворює практично незначну нелінійну залежність величини f_k від номера члена суми у виразі (4). Разом з тим величина f_k є аргументом експоненти. Її, навіть незначна зміна, призводить до нелінійної зміни параметра (3), що визначає відхилення параметрів напружено-деформованого стану каната.

Параметр f_H не є аргументом експоненти. Він симетрично змінюється зі зміною номера ушкодженого троса. Розглянемо значення параметра для крайніх випадків – ушкоджено крайній ($i = 1$) або середній трос. Номер середнього троса може бути визначеним лише за умови непарності тросів в канаті. В такому випадку його номер $i = \frac{M-1}{2} + 1$. Для крайнього троса $f_H = \cos\left(\frac{\pi t}{2M}\right)$. Залежність його значення від номера t в сумі з M членів виразу (4) показана на рисунку 2.

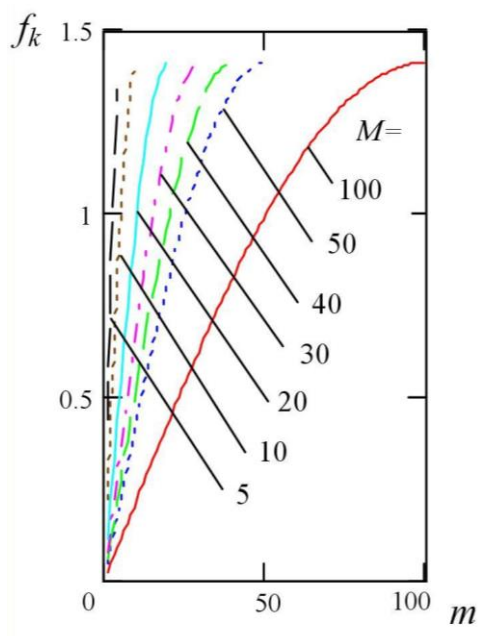


Рис. 1. Залежність f_k від номера t в сумі з M членів виразу (4)

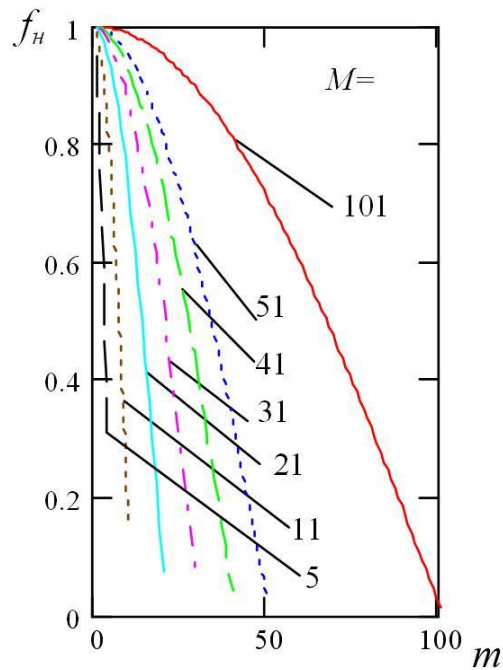


Рис. 2. Залежність f_n від номера m в сумі з M членів виразу (4)

В залежностях (2) сили навантаження тросів, як параметри напружено-деформованого стану, залежать від значення сталої диференціювання. При визначенні залежності параметрів напружено-деформованого стану від відстані до перерізу локального збурення, зіставимо найбільші значення сил розтягу тросів. Вони реалізуються в тому самому тросі, на який впливають локальні збурення. Останнє зумовлює вплив параметру f_n^2 . На рисунку 3 наведено відповідні графічні залежності.

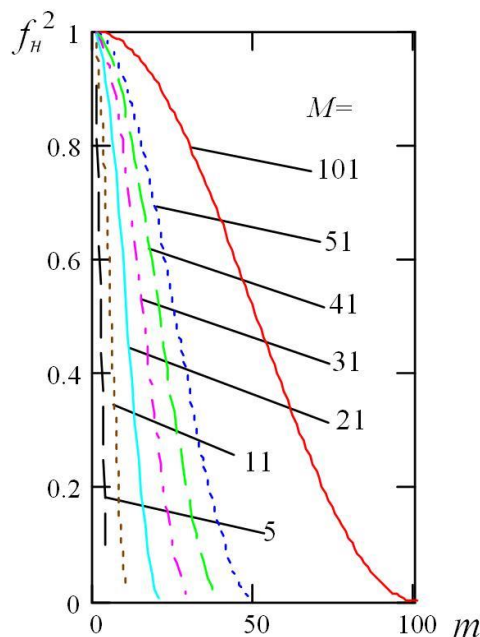


Рис. 1. Залежність f_n^2 від номера m в сумі з M членів виразу (4)
Побудовані функції нелінійні, спадні. Зі зростанням числа членів в сумі їх

вплив зменшується.

Для середнього троса функція $f_n = \cos\left(\frac{\pi}{2}m\right)$. Вона приймає значення $-1, 0, 1$. Відповідно f_n^2 – лише два значення 0 та 1. А $\sum_{m=1}^{M-1} \left(\cos\left(\frac{\pi}{M}m(i-0,5)\right)\right)^2 = \frac{M-1}{2}$ не залежить від номера троса i .

Усі величини, окрім останніх, впливають на значення сум у виразах (2) та (3). Це не дозволяє спростити отримані вирази. Відповідно, довжину ділянки прояву крайових збурень будемо оцінювати шляхом аналізу не окремих елементів, а суми усіх значень D_m .

Межу впливу локального збурення будемо оцінювати величиною $f_M L$. Де L – відстань від перерізу локального збурення, на якій показники напружено-деформованого стану становлять деяку, наперед задану частину від максимального значення. Вказана частина практично становить значення коефіцієнта нерівномірності розподілу параметрів напружено-деформованого стану каната в цьому перерізі. Залежність кількості тросів в канаті M від значення параметру $f_M L$, за якого значення коефіцієнта нерівномірності не перевищують 10, 5, 3, 2, 1%, показана на рисунку 4.

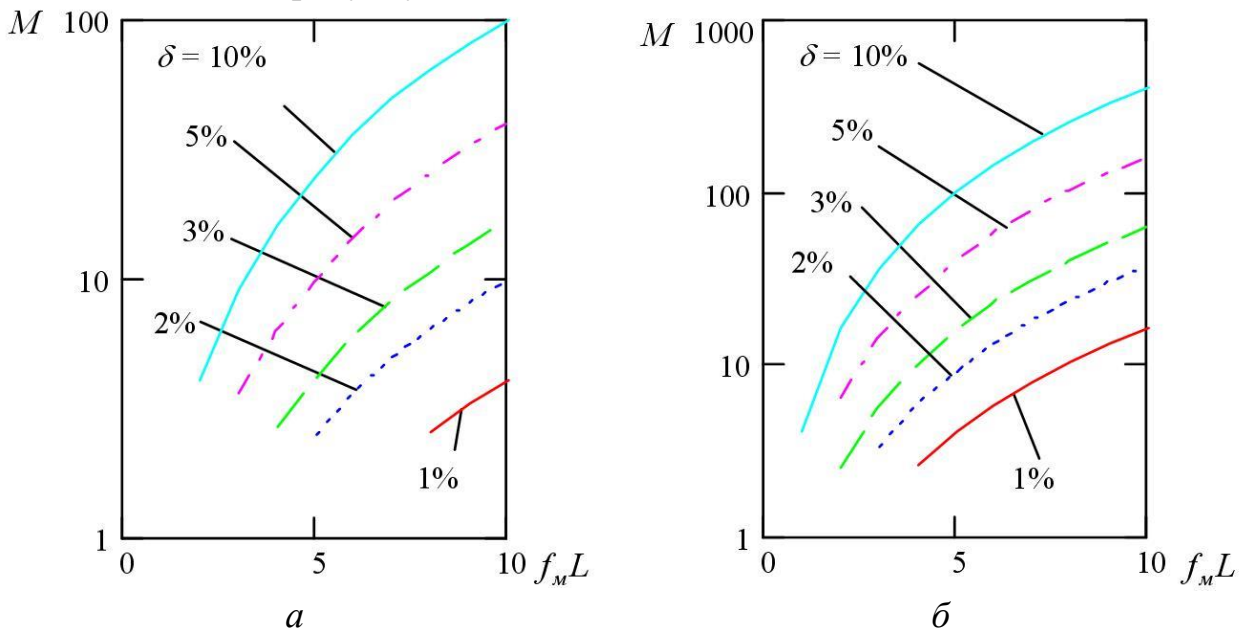


Рис. 4 – Залежності максимальної кількості тросів в канаті від параметра $f_M L$, за якого коефіцієнт нерівномірності розподілу параметрів напружено-деформованого стану каната, зумовленого поривом троса, не перевищує величини δ : a – ушкоджено крайній трос, b – ушкоджено середній трос

Залежності, зображені на рисунках 4, a та 4, b якісно збігаються. Разом з

тим, на наведених графічних залежностях максимальна кількість тросів в канаті з ушкодженим крайнім тросом менша, ніж у разі ушкодження середнього троса каната з відповідною кількістю тросів. Дослідження показують, що зі збільшенням номера ушкодженого троса, але не більше ніж $M/2$ кількості тросів в канаті, максимальні значення параметрів НДС каната наближаються до значень, що відповідають випадку ушкодження середнього троса.

Отримані залежності дозволяють визначати відстані L між перерізами виникнення локальних збурень, за яких взаємний їх вплив не перевищить розглянутих значень коефіцієнтів нерівномірності напружено-деформованих станів канату з M тросів

$$L = \frac{(f_M L)}{\sqrt{2 \frac{G b k_G}{h E F} \sum_m^{M-1} \sqrt{1 - \cos\left(\frac{\pi m}{M}\right)}}}$$

Перерозподіл сил, дотичних напружень, зумовлений дією локального збурення відбувається і по ширині каната. Розглянемо такий перерозподіл. Розірваним тросом, по черзі, будемо вважати перший, другий, третій, четвертий, середній трос. Мінімальна кількість тросів в канаті композитної будови дорівнює двом. З використанням залежності (2) визначимо внутрішні сили в тросах канатів з різною кількістю тросів. Їх значення віднесемо до середнього зусилля розтягу тросів й визначимо коефіцієнти концентрації сил для тросів каната. На рисунку 5 показано розподіл вказаних коефіцієнтів в перерізі каната з різною кількістю тросів M у разі ушкодження крайнього троса.

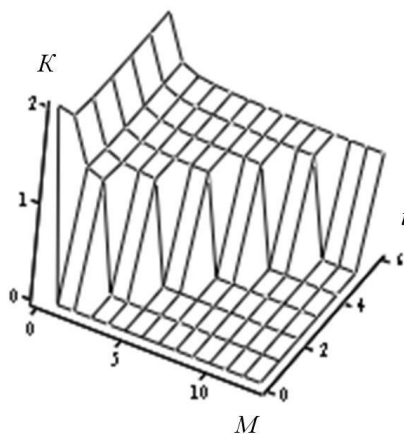


Рис. 5. Розподіл коефіцієнтів концентрації сил K в перерізах ушкодження крайнього троса каната із загальною кількістю тросів M

На рисунку не показані коефіцієнти концентрації сил в крайніх (ушкоджених) тросах, оскільки вони дорівнюють нулю. Нульовими значеннями умовно позначені зусилля для відсутніх в канаті тросів. Так, в канаті з двох тросів ($M = 2$) після пориву одного з них, в перерізі ушкодження залишається лише один цілий трос. Коефіцієнт концентрації сил становить 2. Коефіцієнти концентрації сил в інших тросах умовно позначені нульовими через відсутність тросів з номерами більшими, ніж два.

З наведеного графіку (рис. 5) видно, що суттєво змінюються сили навантаження в тросах, суміжних з ушкодженим. Співвідношення додаткових внутрішніх сил, що виникли в сусідніх тросах суттєво впливає на значення максимального навантаження цілих тросів в перерізі ушкодження одного з них. На рисунку 6 показана різниця часток додаткових зусиль в тросах, суміжних з ушкодженням: другим – *a*, третім – *б* та четвертим – *в*.

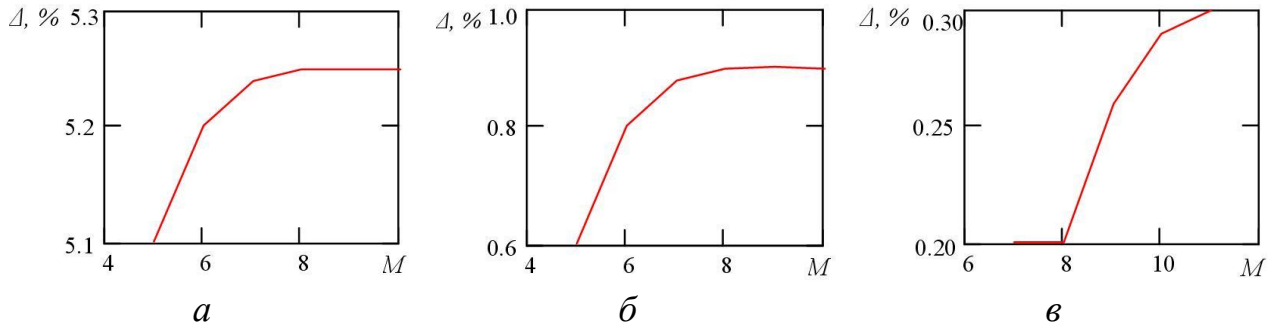


Рис. 6. Різниця частин навантаження, сприйнята двома суміжними тросами у разі пориву другого троса: *a* – ушкоджено другий трос, *б* – ушкоджено третій трос, *в* – ушкоджено четвертий трос

Графіки на рисунку 6 показують суттєвий вплив місця розташування ушкодженого троса. З віддаленням троса від краю каната, величини додаткових максимальних зусиль навантаження тросів, зближуються. Відповідно, з наближенням до середини каната, для каната з будь-якою кількістю тросів, навантаження сусідніх з пошкодженим тросом будуть рівними внаслідок симетрії. Так останній рисунок показує, що різниця сил, сприйнятих двома тросами, суміжними із зруйнованим четвертим, не перевищує 1% при кількості тросів в канаті більшій за вісім. За меншої кількості тросів в канаті четвертий трос від одного краю буде ближчим до протилежного.

Встановлене вище дозволяє зробити наступний висновок. Локальне прикладення сили до тросу, його порив або локальний зсув відносно суміжних тросів призводить до зміни сил навантаження практично лише в двох суміжних тросах. Ширина зони збурень напружено-деформованого стану плоского гумотросового тягового органа дорівнює трьом – чотирьом крокам укладання тросів в канаті. Навантаження змінюються в трьох тросах. Локальні чинники збурення НДС каната по його ширині можна вважати такими, що проявляються як незалежні, коли вказані вище поля збурень не накладаються.

Висновки. Отримані результати дозволяють визначати умови прийнятності гіпотези про незалежність дії різних чинників збурень напружено-деформованого стану гумотросового тягового органа з урахуванням його конструкції та механічних параметрів складових елементів:

- залежність $L = \frac{(f_m L)}{\sqrt{2 \frac{G b k_G}{h E F} \sum_m^{M-1} \sqrt{1 - \cos\left(\frac{\pi m}{M}\right)}}$ дозволяє визначати відстані L

поміж перерізами дії локальних збурень на один трос;

- джерела збурень можна розглядати як незалежні, коли вони діють на троти, поміж якими розташовано три троти.

Можливість застосування вказаної гіпотези дозволяє визначати напружено-деформований стан гумотросового тягового органа при проектуванні для забезпечення безпеки експлуатації підйомно-транспортних машин.

Перелік посилань

1. Бельмас, И. В., Колосов, Д. Л., Танцура, А. И., Конох, Ю. В. (2009). Исследование влияния порыва тросовой основы на прочность каната ступенчатой конструкции. Необратимые процессы в природе и технике: материалы науч. конф. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, Ч. II, 255-257.
2. Бельмас, И. В., Сабурова, И. Т., Задорожна, И. М. (2008). Упередження руйнування тягового органу крутопохилого підіймача. Механізація виробничих процесів рибного господарства, промислових і аграрних підприємств, (9), 132-136.
3. Блохин, С. Е., Колосов, Д. Л., Колосов, А. Л. (2009). Напряженно-деформированное состояние плоского резинотросового тягового органа на барабане. Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна, (30), 88-91.
4. Kolosov, D., Dolgov, O., Bilous, O., Kolosov, A. (2015). The stress-strain state of the belt in the operating changes of the burdening conveyor parameters. *New Developments in Mining Engineering: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*, 585-590.
5. Колосов, Д. Л., Білоус, О. І. (2016). Напружено-деформований стан гумотросового каната трубчастої форми з ушкодженим тросом замка. Гірнична електромеханіка та автоматика, (97), 99-103.
6. Коханенко, Ю. В., Ясінський, В. В., Царипа, І. М. (2001). Дослідження залежності протяжності крайового ефекту в шаруватому композиті з трансверсально-ізотропним наповнювачем від механічних характеристик. Проблеми прочності, (4), 127-137.

ABSTRACT

Objective: Development of a determination method of stress-strain state of rubber-cable tractive body in the presence of different factors that cause its change.

Method of research: definition and subsequent superposition of a few stress and strain states for a rubberized traction body caused by various factors influencing the loss of its tractive capacity.

Results. Obtained results allow determining conditions of acceptability of hypothesis about independence of impact of various perturbation factors of stress-strain state of rubber-cable tractive body considering its design and mechanical parameters of its components.

The originality is in determination of a mechanism of local influence of various factors on a stress-strain state of a rubber-cable tractive body.

Practical significance. A comprehensive account of the impact of various factors on the stress-strain state of the rubberized traction body allows determining the loss of tractive capacity in operation on the hoisting or transporting machine. The results should be taken into account in the design and operation of hoisting and transporting machines with flat traction bodies.

Keywords: *hoisting and transporting machine, flat rubber-cable tractive body, design and mechanical parameters, stress-strain state, complete the impact of various factors, the principle of superposition*

УДК 621.787: 621.7.044.2: 669.018.25

© Ю.В. Савченко

ВЛИЯНИЕ НИКЕЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО ВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВОГО СПЛАВА

© Iu. Savchenko

EFFECT OF NICKEL ON THE STRENGTH OF A REGENERATED TUNGSTEN-COBALT ALLOY

Разработаны твердые сплавы системы карбид вольфрама-никель-кобальт с различным содержанием компонентов по сравнению с традиционно применяемыми вольфрамокобальтовыми сплавами, которые при наличии одинакового процента связки обладают повышенной твердостью и пределом прочности при изгибе и благодаря этому повышенной износостойкостью.

Розроблено тверді сплави системи карбід вольфраму-нікель-кобальт з різним вмістом компонентів у порівнянні з традиційно застосовуваними вольфрамокобальтовими сплавами, які при наявності однакового відсотка зв'язки мають підвищену твердість і межею міцності при вигині і завдяки цьому підвищену зносостійкість.

Определение научной проблемы и ее значение.

Разработка и производство боеприпасов интенсивно велись в военное и послевоенное время. На войсковых складах и в арсеналах страны скопилось громадное их количество, в т.ч. более 1,6 млн. тонн подлежат утилизации [1]. Если устаревшие боеприпасы оказались ненужными, то их компоненты, в частности высококачественные металлы, вполне пригодны для использования (рис. 1.). Разработана промышленная высокоэффективная технология производства режущего, разрушающего и формообразующего инструмента из вольфрамокобальтовых и вольфрамоникелевых сплавов путём прямой регенерации вторичного сырья без использования термохимических и металлургических методов [2].