



## CHARAKTERYSTYKA TERRORYSTYCZNYCH MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH I ZWIĄZANYCH Z NIMI PROBLEMÓW

### *CHARACTERIZATION OF TERRORISTIC EXPLOSIVE MATERIALS AND RELATED PROBLEMS*

Judyta REĆKO, [reckoj@witu.mil.pl](mailto:reckoj@witu.mil.pl), ORCID: 0000-0003-0909-7104

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Pr. St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka  
*Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszyńskiego St., 05-220 Zielonka, Poland*

DOI 10.5604/01.3001.0016.1164

**Streszczenie:** Improvizowane ładunki wybuchowe (IED) są śmiertelnym zagrożeniem dla żołnierzy w działaniach wojennych. Do tej pory ich stosowanie było charakterystyczne dla konfliktu zbrojnego w Iraku i Afganistanie. Aktualnie materiały tego typu są także wykorzystywane w wojnie na Ukrainie. Ich popularność wynika przede wszystkim ze względu na łatwy dostęp do materiałów wybuchowych i pirotechniki (np. z niewybuchów), odczynników chemicznych, a także specjalistycznej wiedzy, którą można pozyskać w Internecie. Wymienione czynniki przyczyniają się do powstawania skutecznych środków walki, zdolnych do rażenia siły żywej oraz niszczenia sprzętu wojskowego przeciwnika, przy minimalnym koszcie i niewielkich nakładach pracy. Obecnie problem improwizowanych materiałów wybuchowych jest szczególnie poważny przez wzgląd na fakt, iż praktycznie każdy jest w stanie wykonać materiały wysokoenergetyczne we własnym domu, przy wykorzystaniu ogólnodostępnych odczynników chemicznych lub pozyskać je z niewybuchów z użyciem prostych narzędzi [4]. Sprawę dodatkowo komplikuje fakt, że na skutek eksperymentów, w „domowych laboratoriach” powstają coraz to nowsze materiały wybuchowe, które nie są jeszcze znane i przebadane, co potęguje zagrożenie związane z IED. W artykule przeanalizowano i scharakteryzowano materiały wybuchowe stosowane przez grupy terrorystyczne oraz amatorów pirotechniki. Poruszono również problem powszechnego dostępu do wiedzy i materiałów niezbędnych do skonstruowania materiałów wybuchowych.

**Słowa kluczowe:** materiały wybuchowe, terrorystyczne materiały wybuchowe, materiały wybuchowe produkcji domowej, IED

**Abstract:** Improvised Explosives Devices (IEDs) are a lethal threat to soldiers in hostilities. Until now, their use has been characteristic of the military conflict in Iraq and Afghanistan. Currently, IEDs are also used in the war in Ukraine. Their popularity is mainly due to easy access to explosives and pyrotechnics (e.g. from unexploded bombs), and chemical reagents, as well as specialistic knowledge that can be obtained online. These factors contribute to creation of effective means of combat, capable of destroying manpower and enemy's military equipment at a minimal cost and amount of work. Currently, problem of improvised explosives is particularly serious due to the fact that virtually everyone is able to make high-energy materials at home, using commercially available chemical reagents or obtaining them from unexploded explosives, and using simple tools. The matter is further complicated by the fact that, as a result of experiments, newer and newer explosives are created in "home laboratories". Those explosives are not yet widely known and tested, which increases the risk associated with IED. In this article, explosives used by terrorist groups and amateurs of pyrotechnics have been analyzed and characterized. The problem of universal access to knowledge and materials necessary to construct explosives was also discussed.

**Keywords:** explosive materials, terroristic explosive materials, home-made explosives, IED

## 1. Wstęp

IED (*ang. improvised explosive device*) czyli improwizowane urządzenia wybuchowe wykonane w sposób niestandardowy, zawierające materiały wybuchowe, pirotechniczne oraz elementy zwiększające siłę rażenia [1-6]. Są one tworzone i wykorzystywane przez środowiska terrorystyczne, przestępcze oraz tzw. „chemików amatorów”. Cele wytwarzania tego typu ładunków mogą być różne, najczęściej są to zamachy terrorystyczne, chęć dokonania zniszczeń, próby zastraszenia, obezwładnienia lub zranienia, a także zabawa, czy chęć zaimponowania innym.

## 1. Introduction

Improvised explosive devices (IED) are fabricated in nonstandard ways using explosive and pyrotechnical materials, and components increasing the hitting power [1-6]. They are prepared and used by terrorist and criminal environmental, and by unprofessional chemists. There are different reasons for fabrication of such devices such as terrorist or destructive acts, or attempts of threatening, incapacitating, and injuring, and even the fun or a will for impressing the others.

### **Tworzenie IED z wykorzystaniem przedmiotów i materiałów codziennego użytku, daje dużą przewagę zamachowcom nad służbami i wojskiem.**

### ***Preparation of IED by using articles and materials of everyday use creates great gains for terrorists over the services and the military.***

Do wykonania IED można wykorzystać praktycznie każdy przedmiot. I tak materiały wybuchowe elaboruje się do listów, paczek, rur, samochodów, zabawek czy puszek. W przypadku krajów arabskich IED zazwyczaj umieszczane są przy groblach, przepustach, w barierkach przy drogach, na znakach drogowych, mostach, kamienistych terenach itp. [1,2]. Najpowszechniej wykorzystywanymi materiałami wybuchowymi są nadtlenki organiczne (TATP), mieszaniny azotanu (V) amonu (ANFO), plastyczne materiały wybuchowe (C4, Semtex), a także pirotechnika [5]. IED stanowią ogromne zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi.

Zamachowcy mają szeroki dostęp do materiałów wybuchowych i wiedzy specjalistycznej, a biorąc pod uwagę specyfikę tworzenia IED, przy wykorzystaniu przedmiotów codziennego

Practically, everything can be used for preparation of IED. Hence, the explosive materials are put into the letters, packages, tubes, cars, and toys, or cans. In Arabic countries the IED are usually planted at dykes, passages, road barriers, bridges, stony terrains, etc. [1,2]. The most commonly used explosive materials are organic peroxides (TATP), mixtures of ammonium nitrate(V) (ANFO), plastic explosive materials (C4, Semtex), and the pyrotechnics, as well [5]. The IEDs create high threat for people's life and health.

Terrorists have a wide access to explosive materials and specialistic knowledge, and regarding the speciality of IED preparation by using everyday use articles, they also have great gains over the services and the military. Practically, there is no protec-

użytku, zyskują dużą przewagę nad służbami i wojskiem. Ochrona przed takimi ładunkami właściwie nie istnieje, a przeciwdziałanie opiera się na możliwie najszybszym wykryciu IED przez wykwalifikowany personel i służby, psy policyjne, monitoring czy detektory śladowych ilości materiałów wybuchowych. Należy jednak zaznaczyć, że w praktyce nie jest możliwe wykrycie ładunku w miejscach publicznych o dużym natężeniu ruchu pieszych i samochodów. W dobie Internetu i dynamicznie rozwijającej się technologii specjalistyczna wiedza związana z otrzymywaniem materiałów wybuchowych i przygotowaniem ładunków jest ogólnodostępna.

W czasach przed rozwojem Internetu informacje można było pozyskiwać głównie z branżowych książek i instrukcji, a wiedza specjalistyczna była dostępna jedynie w zakładach pracy, wojsku czy uczelniach wyższych. Dostęp do niej był bardzo ograniczony i chroniony. W dobie rozwoju sieci internetowej uzyskanie potrzebnych informacji nie stanowi żadnego problemu. Wiele publikacji naukowych z zakresu materiałów wybuchowych dostępnych jest w Internecie, co więcej powstają specjalistyczne portale internetowe, a także fora internetowe, gdzie użytkownicy dzielą się pozyskaną wiedzą teoretyczną, np. w formie wymiany posiadanych skanów książek czy artykułów naukowych, jak również wiedzą praktyczną i własnymi doświadczeniami z zakresu „eksperymentów” w „domowym zaciszu”.

Na portalach typu YouTube czy CDA można znaleźć wiele filmów pokazujących syntezy oraz metody konstrukcji ładunków wybuchowych i środków inicjowania. Ponadto od-tajnione książki i stare instrukcje można nabyć w księgarniach i antykwariatach, zarówno stacjonarnych jak i internetowych, a nawet na bazarach. Łatwy dostęp do takich informacji napędza powstawanie specjalnych książek i publikacji dedykowanych dla terrorystów. Publi-

tion against such charges and counteraction is based on possibly quick detection of IED by qualified personnel and services, police dogs, monitoring, or detectors of traces of explosive materials. But it has to be noted that it is not possible virtually to detect the charge in public sites with high intensity of car or public traffic.

In the times of internet and dynamical progress of technology, the specialistic knowledge connected with receiving of explosive materials and preparation of charges is commonly accessible. In the times before internet the information could be generally acquired from the branch books and manuals, and the specialistic knowledge was only accessible in the working places, the military, or high universities. Any access to it was very limited and protected. In the times of internet the acquisition of needed information is not a problematic question. A lot of scientific publications on explosive materials is available in internet, and more than that some specialistic internet portals are created with internet fora where the users can share the owned theoretical knowledge, for instance by exchanging the scans of owned books or scientific papers, and the practical knowledge and own experience on “experiments carried out at home”.

Such portals as YouTube, or CDA can provide many movie pictures showing the syntheses and methods of designing explosive charges and initiating devices. Moreover, the disclosed books and old manuals can be bought on bookshops and second-hand bookshops, both of stationary and internet character, and even in the markets. Easy access to such information drives preparation of special books and publications dedicated to terrorists. Such publications include

kacje te zawierają np. opis procesu tworzenia bomb czy zapalników, a przedstawione tam informacje często uwzględniają cały proces technologiczny - od syntezy prekursorów materiałów wybuchowych po konstrukcje ładunków, bomb i zapalników. Kontrola i blokada przepływu informacji jest utrudniona, a wręcz niemożliwa. W przypadku dostępu do odczynników chemicznych, materiałów i przedmiotów służących do syntezy lub konstrukcji ładunku wybuchowego sytuacja jest analogiczna, tj. dostęp do takich substancji jest możliwy przy niewielkim nakładzie sił i środków.

for instance descriptions for fabrication of bombs or detonators, with data on complete technological processes from synthesis of precursory explosive materials to designs of charges, bombs and detonators. Any control and ban of information flow is difficult, or even impossible. Regarding the access to chemical reagents, and materials and instruments needed for synthesis or designing of an explosive charge, the situation is identical, i.e. the access to such articles is possible at low effort and expenditures.

**Pomimo istnienia rozporządzeń ograniczających handel pewną grupą substancji chemicznych, przedsiębiorcy nie zawsze ich przestrzegają, albo znajdują „furtki” umożliwiające ominięcie prawa.**

*Despite existing regulations limiting the trade of a specific group of chemical substances, the traders do not always stick to them tightly, or can find “sideways” for omitting the law.*

Pomimo, że istnieją rozporządzenia ograniczające handel pewną grupą substancji chemicznych, to przedsiębiorcy nie zawsze ich przestrzegają, albo znajdują „furtki” umożliwiające ominięcie prawa. Czyste substancje chemiczne są zanieczyszczane, zamieniane w mieszaniny lub roztwory i sprzedawane jako substancje neutralne, nieujęte w rozporządzeniach. Jednakże zabiegi te nie wpływają na użyteczność docelowej substancji niezbędnej do wytworzenia ładunku typu IED. Nawet osoba posiadająca podstawową wiedzę z zakresu chemii lub posiadająca odpowiednią literaturę, czy dostęp do Internetu, może oczyścić lub przekształcić kupioną substancję chemiczną o statusie neutralnym w substancję docelową, potrzebną do produkcji ładunku. Takie zabiegi umożliwiają wprowadzenie na rynek „substancji zakazanych”. Ponadto wiele materiałów można kupić w sklepach spożywczych, aptekach, marketach budowlanych i branżowych,

Despite existing regulations limiting the trade of a specific group of chemical substances, the traders do not stick to them tightly, or can find sideways for omitting the law. Pure chemical substances are subject of contamination, or are changed into mixtures or solutions to be sold as natural substances not restricted by regulations. Nevertheless, such actions do not affect the usefulness of the objective substance needed for fabrication of IED. Even a person possessing elementary education on chemistry, or relevant literature, or access to internet, may purify or reprocess the bought chemical substance with neutral status into the objective substance needed for preparation of charge. Such actions facilitate introduction of restricted substances into the market. Moreover, a great number of materials may be bought in grocery shops, pharmacies, building and

sklepach ogrodniczych, czy stacjach benzynowych, a także w Internecie.

Dostęp do prekursorów, mimo zakazu prawnego jest nadal powszechny. Próby zablokowania dostępu do wiedzy i potrzebnych materiałów są praktycznie niemożliwe. Policja przechwytuje coraz większe ilości materiałów służących do konstruowania ładunków wybuchowych [7]. CBŚP w ciągu roku potrafi skonfiskować kilkaset kilogramów odczynników chemicznych i mieszanin pirotechnicznych. Jak wynika z najnowszych danych, w ciągu ostatnich 10 lat ilość chemikaliów i mieszanek pirotechnicznych, które zostały skonfiskowane przez CBŚP, wzrosła 15-krotnie. Warty uwagi jest fakt, że w oficjalnych komunikatach Policja podaje, że coraz częściej, w zamachach terrorystycznych, w Europie, używa się mieszanin pirotechnicznych.

## **2. Charakterystyka najpopularniejszych terrorystycznych materiałów wybuchowych**

### **2.1. Nadtlenki organiczne**

Nadtlenki są to związki chemiczne, w których strukturze występuje wiązanie pomiędzy atomami tlenu, tzw. mostek tlenowy  $-O-O-$ , który bardzo łatwo ulega rozerwaniu generując wolne rodniki [8]. Powoduje to bardzo silne właściwości utleniające, a także w niektórych przypadkach nadaje właściwości wybuchowe. Własności te wynikają z niestabilności chemicznej grupy  $-O-O-$ , która rozkładając się wytwarza rodniki oraz generuje duże ilości ciepła, a tworzące się w trakcie rozkładu pary w kontakcie z powietrzem stwarzają zagrożenie pożarowe. Nadtlenki w swojej cząsteczce zawierają zarówno paliwo (węgiel) oraz utleniacz (tlen), co przyczynia się do ich łatwopalności, szybkości i intensywności palenia się.

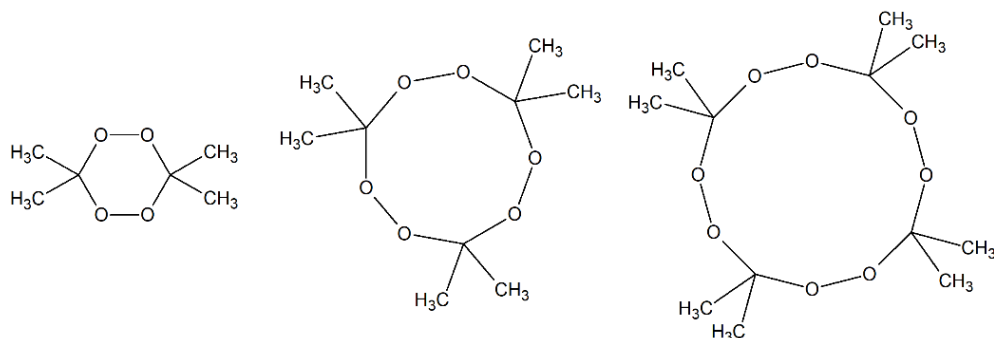
branch markets, garden ware shops, or petrol stations, and also in internet.

Access to the precursors is still open despite legal bans. Any attempts of preventing access to the knowledge and needed materials are practically impossible. Police are intercepting increasing quantities of materials used for fabrication of explosive charges [7]. The Central Police Investigation Office (CPIO) confiscates a few hundred kilograms of chemical reagents and pyrotechnical mixtures per year. The newest records show that amount of chemicals and pyrotechnical mixtures confiscated by Police within last 10 years increased 15 times. It is worth to note that according to official Police reports the rate of use of pyrotechnical mixtures in terroristic acts in Europe is increasing steadily.

## **2. Characteristics of Commonly Used Terroristic Explosive Materials**

### **2.1. Organic Peroxides**

Peroxides are the chemical compounds having a structural linkage between atoms of oxygen, the so called oxygen bridge  $-O-O-$ , which can be easy broken out to generate free radicals [8]. It causes very strong oxidating effects, and at some cases explosive ones, as well. These effects are caused by chemical instability of group  $-O-O-$  which produces both the radicals and great amount of heat at its decomposition, and the fumes produced at decomposition create a threat of fire in contact with the air. Structure of peroxide molecule contains both the fuel (carbon) and oxidiser (oxygen) what contributes to their flammability, and to the rate and intensity of burning.



**Rys. 1. Nadtlenek acetonu, odpowiednio od lewej strony: dimer, trimer, tetramer**

*Fig. 1. Acetone peroxide, from the left: dimer, trimer, tetramer*

Niektóre nadtlenki wykazują właściwości wybuchowe i pod wpływem bodźca zewnętrznego detonują. Najpopularniejszym i najczęściej wytwarzanym oraz stosowanym nadtlenkiem przez terrorystów i amatorów materiałów wybuchowych jest nadtlenek acetonu [9-14]. Materiał ten może występować w trzech formach cyklicznych: dimerycznej (DADP, CDAP), trimerycznej (CTAP, TATP), tetramerycznej oraz jako monomer, z których najbardziej trwała jest forma trimeryczna. Dimeryczny nadtlenek i monomer są tak bardzo niestabilne termodynamicznie, że samorzutnie przechodzą w formę trimeryczną lub wybuchają już w trakcie syntezy.

TATP występuje w postaci bezbarwnych kryształów [12]. Materiał rozkłada się w temperaturze 145 °C, a jego proces topnienia rozpoczyna się powyżej 70 °C [45]. Właściwość ta często jest wykorzystywana przez terrorystów do stapiania materiału i dość często kończy się wybuchem. TATP jest materiałem inicjującym o wrażliwości na uderzenie 0,3 J i wrażliwości na tarcie 0,1 N. W zamkniętej obudowie bardzo szybko przechodzi z procesu palenia się w proces detonacji. Na powietrzu spala się tworząc kulę ognia, usypany luzem pali się bez przechodzenia w detonację. Jego siłę porównuje się do trotylu. Zmierzona prędkość detonacji dla ładunku TATP o średnicy 6,3 mm i gęstości 1,2 g/cm<sup>3</sup> wynosi 5290 m/s, zaś dla gęstości 0,92 g/cm<sup>3</sup> wynosi 3750 m/s.

Some peroxides have the explosive properties and can detonate at external stimuli. Acetone peroxide is the most commonly used peroxide which is fabricated by terrorists and unprofessional users of explosive materials [9-14]. It can exist in three cyclic forms: dimeric (DADP, CDAP), trimeric (CTAP, TATP), tetrameric, and as a monomer, and the trimeric form is the most stable of them. Dimeric superoxide and the monomer are so highly thermodynamically unstable that they pass by themselves into the trimeric form, or explode just during the synthesis.

TATP exists in the form of colourless crystals [12]. It is decomposed at 145 °C and its process of melting starts above 70 °C [45]. This feature is often exploited by terrorists for fusing the material what sometimes ends in explosion. TATP is the initiating material with the impact sensitivity 0.3 J and friction sensitivity 0.1 N. It very rapidly passes from combustion into detonation in a closed container. It burns in the air as a fireball, and piled up loosely burns without detonation. Its power is comparable to TNT. The measured velocity of detonation for a charge of TATP with diameter 6.3 mm and density 1.2 g/cm<sup>3</sup> is 5290 m/s, and for density 0.92 g/cm<sup>3</sup> it is 3750 m/s.



Oprócz wysokiej wrażliwości TATP bardzo łatwo sublimuje, co zdecydowanie utrudnia jego przechowywanie i użytkowanie, a niejednokrotnie prowadzi do wybuchu przy samym otwieraniu opakowania, w którym się znajduje. Synteza TATP jest nieskomplikowana, ale bardzo niebezpieczna. Związek otrzymuje się w reakcji pomiędzy acetonem i nadtlentkiem wodoru, w środowisku kwaśnym, ściśle zachowując reżim temperaturowy (12 °C). Nieznaczne ogrzanie próbki może doprowadzić do powstania dimeru lub wybuchu. Prowadząc syntezę w obecności jonów cyny (np. SnCl<sub>2</sub>) tworzy się forma tetrameryczna. Otrzymany produkt musi być oczyszczany wodą oraz rekrytalizowany z benzenu lub 50% roztworu acetonu w wodzie, w celu oddzielenia tworzącego się w niewielkich ilościach TATP. Synteza nadtlentku acetonu jest więc prosta i tania, a odczynniki są łatwo dostępne i można je zakupić choćby w sklepach budowlanych.

Forma tetrameryczna nadtlentku jest odporniejsza na wysokie temperatury niż trimeryczna. Wytrzymuje on 4 godzinne ogrzewanie w 120 °C oraz 120-godzinne gotowanie w rozpuszczalnikach z dodatkiem substancji katalizujących rozkład. Związek wykazuje dużą wrażliwość na tarcie i uderzenie, a jego moc pobudzająca jest zbliżona do TATP. Topi się w temperaturze ok. 93 °C bez rozkładu. Właściwość ta jest wykorzystywana przez terrorystów do wytwarzania spłonek. W kontakcie z metalami rozkłada się wybuchowo. Forma dimeryczna (DADP) jest materiałem wrażliwszym na uderzenie i tarcie od TATP. Jest substancją bardziej lotną i o mniejszej sile wybuchu. Otrzymuje się go analogicznie do TATP prowadząc proces syntezy w temperaturze powyżej 12 °C. TATP prawdopodobnie po raz pierwszy do celów terrorystycznych został użyty na początku lat 80. XX wieku w Izraelu, a od połowy lat 90. był już powszechnie sto-

Apart of the high sensitivity TATP sublimates very easily what hinders its storage and usage, and in many cases leads to explosion when a packing of it is opened. The synthesis of TATP is not complex but very dangerous. The compound is received in the reaction between acetone and hydrogen peroxide in acid environment holding the temperature strictly to 12 °C. Any slight overheating of the mixture may lead to creation of dimer or to explosion. When the synthesis is conducted in the presence of tin ions (e.g. SnCl<sub>2</sub>) then tetrameric form is created. The received product has to be cleaned by water and recrystallised from benzene, or 50% acetone water solution, in order to separate TATP received in small quantities. Synthesis of acetone peroxide is thus simple and cheap, and the reagents are easy accessible and can be bought in shops with building materials.

The tetrameric form of the peroxide has a greater resistance against high temperatures than trimeric form. It can withstand 4 hours of heating at 120 °C and 120 hours of boiling in solvents with addition of substances catalysing decomposition. The compound indicates high sensitivity to friction and impact, and its initiating power is similar to TATP. It melts at temperature ca. 93 °C without decomposition. This feature is used by terrorists for production of caps. In contacts with metals it undergoes an explosive decomposition. The dimeric form (DADP) is more sensitive to impact and friction than TATP. The substance is more volatile and has a lower power of explosion. It is synthesised in the same way as TATP at temperature above 12 °C. It is highly likely that TATP was first time used in Israel for terroristic purposes in the beginning of 80-ties of the 20<sup>th</sup> century, and

sowany na świecie przez terrorystów [5]. Stał się najpopularniejszym materiałem wybuchowym przez wzgląd na wspomnianą prostotę i niskie koszty procesu produkcji. TATP został okrzyknięty „matką szatana”, gdyż wytwarzany i używany w postaci zanieczyszczonej, bardzo często powodował przypadkowe wybuchy. Materiał ten jest wykorzystywany przez terrorystów w zapalnikach różnego typu, a także w tzw. „pasach szahida” [5]. Wielokrotnie był wykorzystywany w zamachach terrorystycznych.

Przykładem może być sytuacja z 2001 r., gdy zamachowiec Richard Reid ukrył materiał wybuchowy w bucie i chciał wysadzić samolot, zaś Umar Farouk Abdulmutallab (2009 r.) ładunek wybuchowy zaszył w bieliźnie. Obaj zamachowcy jako materiału inicjującego użyli TATP. Tej samej substancji użyto w bombach w zamachu w Londynie (2005 r.), zaś w Paryżu i Brukseli nadtlenuk został użyty przy zamachach terrorystycznych przy użyciu „pasów szahida”. Bardzo często pasy te wypełniane były dodatkowymi elementami np. gwoźdźmi, czy drobnymi metalowymi przedmiotami mającym zwiększyć ilość generowanych odłamków. Kamizelki i pasy były dopasowane do ciała zamachowców, ich ciężar wahał się w przedziale 5-20 kg i z łatwością można było je ukryć pod ubraniem. TATP jest substancją lotną, co czyni go związkiem łatwym do wykrycia, jednakże musi się znaleźć w pobliżu odpowiedniego urządzenia, co sprawia duże problemy w przypadku dużych przestrzeni czy większych skupisk ludzi. Wykorzystywanie psów do wykrywania również jest niemożliwe ze względu na ich bezpieczeństwo. Pies trącając nosem pojemnik wypełniony materiałem mógłby go zdetonować, dlatego materiał ten jest praktycznie niewykrywalny na dużych przestrzeniach.

Kolejnym niebezpiecznym nadtlenukiem organicznym jest HMTD (HeksaMetylenoTriperoksoDiamina), czyli nadtlenuk heksaminy

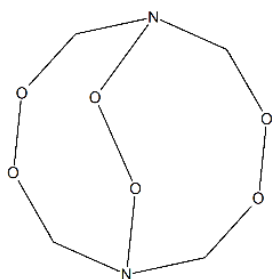
since the middle of 90-ties it has been commonly used in the world by terrorists [5]. It has become the most popular explosive material due to its simplicity and low costs of production. TATP was named as “devil’s mother” as it was produced and used in contaminated form and very often exploded randomly. The material is used by terrorists in different types of detonators and also in the form of so called “Shahid’s belts” [5]. It was used many times in terrorist acts.

An example can be situation from 2001 when terrorist Richard Reid concealed explosive material in the shoe and tried to blast the plane, and Umar Farouk Abdulmutallab in 2009 sewed the explosive charge in underwear. Both terrorists used TATP as the initiating material. The same substance was used in bombs in attempts in London (2005), and in Paris and Brussels the peroxide was used in terroristic acts in form of “Shahid’s belt”. The belts were often filled with additional components, e.g. nails, or tiny metal articles, to increase the number of created fragments. Jackets and belts were matched to terrorists bodies and their weight was between 5-20 kg, so they could be easy covered by the clothes. TATP is the volatile substance and for that it can be easy detected, but first it has to be in the vicinity of the relevant device, what is a problematic question at large areas and a greater number of people. The use of dogs for its detection is also impossible because of their safety. The dog nuzzling a box filled with the material could make it detonate, and for that the material is virtually undetectable in large areas.

The next dangerous organic peroxide is HMTD (Hex-Methylene-Tri-peroxinDiamine), or hexamine peroxide, commonly known as urotropine peroxide [15-19].



zwany potocznie nadtlentkiem urotropiny [15-19]. Jest to związek heterocykliczny o strukturze klatkowej. Pomimo iż urotropina jest odczynnikiem wpisanym na listę substancji objętych zakazem dystrybucji jej pozyskanie nie jest trudne. Heksaminę można otrzymać, np. z kuchenek turystycznych, w których jest wykorzystywana jako paliwo. Wszystkie odczynniki można dostać w sklepie budowlanym, spożywczym czy nawet na stacji benzynowej. Jako przykład można podać kwas siarkowy w stężeniu ok. 37,5%, który występuje jako elektrolit do akumulatorów. Synteza nadtlentku nie jest skomplikowana i przypomina syntezę TATP. HMTD otrzymuje się w reakcji pomiędzy urotropiną, nadtlentkiem wodoru i kwasem jako katalizatorem w temperaturze poniżej 5 °C [19]. W syntezie można wykorzystać typowe kwasy nieorganiczne jak siarkowy(VI) lub solny, jednakże istnieje ryzyko okluzji kwasu w kryształach związku, co sprawia, że konieczne jest przemywanie otrzymanego materiału roztworem wodorowęglanu sodu w celu neutralizowania kwasu. Dlatego preferowana jest metoda z użyciem kwasu cytrynowego, który nie wymaga dodatkowych operacji i nie stwarza zagrożenia podczas syntezy i obchodzenia się z zanieczyszczonym związkiem.



HMTD jest materiałem inicjującym o mocy większej niż piorunian rtęci. Jest związkiem wrażliwym na ciepło, płomień, iskrę, wstrząsy i tarcie. Jego wrażliwość jest duża, jednakże mniejsza niż typowych inicjujących materiałów wybuchowych. Jest niestabilny

It is a heterocyclic compound with a cage structure. Even if urotropine is in the list of substances of restricted distribution the acquisition of it is not difficult. Hexamine may be received for instance from tourist stoves which use it as a fuel. All reagents can be bought in a building materials shop, grocery, or even petrol station. The sulfuric acid may be given as an example as it is used as electrolyte for batteries with intensity ca. 37.5%. Synthesis of peroxide is not complicated and is similar to synthesis of TATP. HMTD is received in the reaction between urotropine, hydrogen peroxide, and the acid as the catalyst at temperature below 5 °C [19]. Typical inorganic acids can be used in the synthesis, such as sulfuric(VI) or chloric, but there is a risk of the acid occlusion in crystals of the compound, what causes that the received material has to be washed through by a solution of sodium carbonate-hydrogen to neutralise it. For this reason a method using the lemon acid is recommended as any additional processing is not required, and there is no risk during the synthesis and at handling the contaminated compound.

**Rys. 2. Nadtlenek heksaminy**

**Fig. 2. Hexamethylene triperoxide diamine**

HMTD is the initiating material with greater power than mercury fulminate. It is sensitive to heat, flame, sparks, vibrations and friction. Its sensitivity is high, but lower than for typical initiating explosive materials. It is unstable and undergoes

i ulega powolnej dekompozycji, rozkłada się także pod wpływem światła oraz w zetknięciu z metalami. Te wady dyskryminują go jako potencjalny inicjujący materiał wybuchowy. HMTD jest dość silnym materiałem [19]. Zmierzona prędkość detonacji dla gęstości  $0,88 \text{ g/cm}^3$  i  $1,1 \text{ g/cm}^3$  wynosi odpowiednio  $4510 \text{ m/s}$  i  $5100 \text{ m/s}$ . Obliczone parametry detonacji dla HMTD są bardzo duże. Wyznaczone ciśnienie detonacji dla gęstości  $1,597 \text{ g/cm}^3$  wynosi  $218 \text{ kbar}$ , prędkość detonacji  $7777 \text{ m/s}$ , temperatura wybuchu  $3141 \text{ K}$ , a ciepło wybuchu  $5612 \text{ kJ/kg}$ , zaś dla usypanego o gęstości  $0,4 \text{ g/cm}^3$ ,  $3000 \text{ m/s}$  i  $15 \text{ kbar}$ . Poniżej gęstości  $0,7 \text{ g/cm}^3$  HMTD nie detonuje. Jest związkem lotnym, nieodpornym na podwyższone temperatury, wybuchu powyżej  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ .

HMTD w porównaniu do pozostałych nadtlenków organicznych, jest bezpieczniejszym materiałem wybuchowym, jednakże fakt powolnego, samorzutnego rozkładu eliminuje go jako materiał wybuchowy. Wśród amatorów materiałów wybuchowych bardzo często dochodzi do niebezpiecznych zdarzeń podczas pracy z HMTD. Kończą się one najczęściej mocno zranionymi rękoma lub amputacją palców. Bardzo często dochodzi do wypadków na skutek potarcia także podczas np. odkręcania pojemników w których przechowywany jest materiał. Pomimo swojej wrażliwości HMTD jest bardzo popularnym materiałem na tzw. „zapalniki domowej roboty”. Jest używany przez domorosłych pirotechników i terrorystów jako inicjujący materiał spłonek pobudzających, w których występuje jako samodzielny materiał wybuchowy pobudzany np. lontem prochowym.

## 2.2. Tetraazotan erytrytolu

Tetraazotan erytrytu / nitroerytryt (ETN) to kruszący materiał wybuchowy chemicznie podobny do PETN, należący do grupy związ-

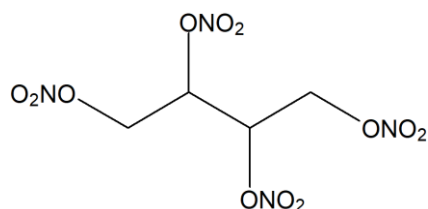
a steady decomposition, it also decomposes under the action of light and in contacts with metals. These drawbacks discriminate it as potential initiating explosive material. HMTD is relatively strong material [19]. The measured velocities of detonation for densities  $0.88 \text{ g/cm}^3$  and  $1.1 \text{ g/cm}^3$  are respectively  $4510 \text{ m/s}$  and  $5100 \text{ m/s}$ . Calculated parameters of detonation for HMTD are very high. The identified pressure of detonation for density  $1.597 \text{ g/cm}^3$  is  $218 \text{ kbar}$ , velocity of detonation  $7777 \text{ m/s}$ , detonation temperature  $3141 \text{ K}$ , and heat of detonation  $5612 \text{ kJ/kg}$ , and for the piled up material of density  $0.4 \text{ g/cm}^3$ ,  $3000 \text{ m/s}$  and  $15 \text{ kbar}$ . For densities below  $0.7 \text{ g/cm}^3$  HMTD does not detonate. It is a volatile compound, without resistance to higher temperatures, exploding above  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ .

HMTD is a safer explosive material than other organic peroxides but cannot be used as safe explosive material due to steady self-decomposition. Among unprofessional users of explosive materials hazardous events often take place at working with HMTD. They usually end in seriously injured hands or in amputation of fingers. Very often there are accidents caused by friction, for instance at unscrewing containers with stored material. Despite its sensitivity, HMTD is the popular material for so called “homemade detonators”. It is used by unprofessional pyrotechnicians and terrorists as the initiating material of detonating caps where it is present as individual explosive material activated for instance by a powder delay fuse.

## 2.2. Erythritol Tetranitrate

Erythritol tetranitrate / (ETN) is the high explosive material with chemical likeness to PETN belonging to group

ków O-nitrowych. Po raz pierwszy został zsyntezowany już w 1849 r. przez Stenhouse poprzez nitrowanie kwasem azotowym erytrytu i wytrąceniem go za pomocą kwasu siarkowego(VI) [20].



Erytryt (erytrytol) należy do grupy cukrów, powszechnie jest wykorzystywany jako dodatek do żywności jako substancja słodząca. Podobnie do innych estrów azotanowych, ETN jest środkiem rozszerzającym naczynia krwionośne, co wykorzystano w lekach na nadciśnienie o przedłużonym działaniu. Dostęp do niego jest nieograniczony, można go nabyć w każdym sklepie spożywczym. ETN otrzymywany jest analogicznie do innych estrów kwasu azotowego poprzez nitrowanie erytrytoli mieszaniną nitrującą lub mieszaniną stężonego kwasu siarkowego i soli azotanowej [20-24]. Materiał jest bardziej wrażliwy od PETN, a jego wrażliwość na uderzenie wynosi 3,6 J, tarcie 54 N oraz iskrę elektryczną 0,0625 J. Jego trwałość chemiczną i wrażliwość porównuje się do nitrogliceryny. Związek posiada dużą gęstość kryształu 1,827 g/cm<sup>3</sup>, topi się w 61 °C, a rozkłada w 160 °C. Niska temperatura topnienia umożliwia stapianie go i odlewanie. Nie rozpuszcza się w wodzie, ale typowych rozpuszczalnikach organicznych, reaguje z zasadami. Wyznaczone parametry detonacji ETN wynoszą odpowiednio: prędkość detonacji 8015 m/s, ciśnienie 27,21 GPa oraz ciepło wybuchu 3,257 kJ/kg. ETN posiada dodatni bilans tlenowy, co oznacza, że posiada więcej niż wystarczającą ilość tlenu w swojej strukturze, aby w pełni utlenić cały węgiel i wodór po detonacji. Uwalniany

of O-nitro compounds. It was synthesised first time just in 1849 by Stenhouse through nitration of erythrite by nitric acid and its deposition by sulfuric(VI) acid [20].

**Rys. 3. Tetraazotan erytrytu**

**Fig. 3. Erythritol tetranitrate**

Erythrite (erythritol) belongs to a group of sugars and is commonly used as a sweetener added to food. Similarly as other nitrate esters, ETN is an agent widening the blood vessels and is used in pills against hypertension with extended action. The access to it is not limited and it can be bought in every grocery. ETN is received in identical way as other esters of nitric acid by nitration of erythritol with a nitrating mixture or a mixture of concentrated sulfuric acid and a nitrate salt [20-24]. The material is much more sensitive than PETN, and its sensitivity to impact is 3.6 J, and to friction 54 N, and to electric spark 0.0625 J. Its chemical stability and sensitivity is compared to nitroglycerine. The compound has a high density of crystals 1.827 g/cm<sup>3</sup>, and melts at 61 °C, and decomposes at 160 °C. The low temperature of fusion facilitates its melting and moulding. It is not solvable in water but it solves in typical organic solvents and reacts with the bases. Determined parameters of ETN detonation are: velocity of detonation 8015 m/s, pressure 27.21 GPa, and heat of explosion 3.257 kJ/kg. ETN has a positive balance of oxygen what means that it has a greater amount of oxygen in its structure than is needed for complete oxidation of carbon and nitrogen after detonation. Additionally released oxygen

dodatkowy tlen może utleniać dodane do kompozycji paliwo, np. w postaci pyłu metalowego lub materiału wybuchowego o ujemnym bilansie tlenowym. W Internecie jest wiele wzmianek o mieszaninach plastycznych na bazie ETN, które składem i proporcjami przypominają C4 [42-44]. Mieszaniny te są nietoksyczne i zbliżone parametrami do najsilniejszych plastycznych materiałów wybuchowych. Informacje o tych kompozycjach są pod ścisłą kontrolą służb jako potencjalnych materiałach terrorystycznych.

### 2.3. Plastyczne materiały wybuchowe

Plastyczne materiały wybuchowe (PBX, *ang. plastic bonded explosives*) to mieszaniny najczęściej o plastycznej konsystencji, która umożliwia formowanie ładunków o dowolnym kształcie i rozmiarze [25]. Są to kompozycje najsilniejszych materiałów wybuchowych oraz innych dodatków modyfikujących ich parametry użytkowe i fizykochemiczne. Najczęściej wykorzystuje się w nich takie związki wybuchowe jak heksogen, oktogen i pentryt oraz lepiszcza i plastyfikatory, które nadają mieszaninie określone właściwości. Jako lepiszcza wykorzystuje się przeróżne oleje, smary, żywice, zaś nitrocelulozę, polimery i kopolimery, kauczuki jako plastyfikatory. PBX charakteryzują się mniejszą wrażliwością na bodźce mechaniczne i większym bezpieczeństwem oraz wygodą użytkowania w porównaniu do klasycznych materiałów wybuchowych. Posiadają wysokie parametry detonacji, dużą zdolność do pobudzenia oraz możliwość detonowania w ładunkach o małej średnicy lub warstwie rzędu nawet kilku milimetrów. Plastyczność PBX umożliwia tworzenie ładunków o dowolnej wielkości i kształcie, dlatego też znalazły one nie tylko szerokie zastosowanie w przemyśle zbrojeniowym, górnictwie czy inżynierii materiałowej, ale również w działaniach terrory-

can oxidise a fuel added to the composition, e.g. in the form of metallic dust or explosive material with negative oxygen balance. Internet provides many pieces of information on plastic mixtures based on ETN which have similar ingredients and their percentage as C4 [42-44]. These mixtures are nontoxic and have similar parameters to the strongest plastic explosive materials. Information about these compositions are under strict control of the services as potential terroristic materials.

### 2.3. Plastic Explosive Materials

Plastic explosive materials (PBX - Plastic Bonded Explosives) are usually the mixtures of malleable consistency facilitating creation of charges with any shape and size [25]. These are the compositions of the strongest explosive materials with other additives modifying their physicochemical and application performance. Usually such explosive compounds as hexogen, octogen, and penthrite are used with binders and plasticisers defining specific properties of the mixture. Various oils, lubricants and resins are used as binders, and nitrocellulose, polymers and copolymers and rubbers as the plasticisers. The PBX are characterised by a lower sensitivity to mechanical stimuli and a higher safety and comfort of use than classic explosive materials. They have high parameters of detonation, great capability for initiation, and possibility for detonation in charges with low diameter, or with a layer of only a few millimetres thickness. The plasticity of PBX facilitates preparation of charges with various size and shape, and for that reason they are widely used not only in the defence or mining industries, or material engineering,

stycznych [5]. Liczne zamachy terrorystyczne z drugiej połowy XX wieku przyczyniły się do wprowadzenia znakowania materiałów wybuchowych przy wykorzystaniu określonych substancji jak: diazotanu glikolu etylenowego, 2,3-dimetylo-2,3-dinitrobutanu, p-nitrotoluenu oraz o-nitrotoluenu w celu zwiększenia łatwości wykrycia plastycznych materiałów wybuchowych oraz ograniczenia ich wykorzystania w zamachach terrorystycznych.

Mieszanina C4 to przedstawiciel tzw. „kompozycji C” opracowanych w USA. Jest to mieszanina RDX, poliizobutyleny jako lepiszcza, sebacynianu di(2-etyloheksylu) jako plastyfikatora oraz niewielkich ilości oleju silnikowego [26-32]. Materiał ten jest tak plastyczny i bezpieczny w użytkowaniu, że można umieścić go w każdej szczelinie, ciąć nożem, podpalać, a nawet przestrzeliwać pociskiem małokalibrowym (z broni palnej). Wykorzystywany jest także jako ładunek pośredni do pobudzania ładunków trudnych do pobudzenia. „Semtex”, czyli tzw. „czeski plastik” określany jest jako odpowiednik amerykańskiego C4 [33-36]. Jako kruszący materiał wybuchowy stosuje się w nim PETN, ale istnieją też warianty, w których używa się RDX lub mieszaninę PETN i RDX. Kompozycje te różnią się między sobą właściwościami fizykochemicznymi, wybuchowymi oraz przeznaczeniem ich stosowania. Parametry detonacyjne są bardzo wysokie i pokrywają się z C4. Semtex bardzo często był wykorzystywany przez terrorystów do produkcji trudno wykrywalnych ładunków, dlatego od lat 90-tych do materiału dodawane są substancje lotne umożliwiające jego detekcję przez urządzenia wykrywające.

W Internecie można znaleźć sporo informacji na temat wytwarzania C4 oraz Semtexu. Istnieje wiele procedur otrzymywania plastycznych materiałów wybuchowych, które bazują na ich składzie lub proporcjach, ale zawierają inne kruszące materiały wybuchowe.

but in terroristic actions, as well [5]. Numerous terroristic attempts from the second half of the 20<sup>th</sup> century caused the introduction of marking for explosive materials with the use of specific substances such as: ethylene glycol dinitrate, 2,3-dimetylo-2,3-dinitro-butane, p-nitrotoluene, and o-nitrotoluene to increase detectability of plastic explosive materials and limit their use in acts of terrorism.

Mixture C4 is a representant of the so called „composition C” developed in the US. It is a mixture of RDX, polyisobutylene as the binder, di(2-etylohexyl) sebacate as the plasticiser and small amounts of a motor oil [26-32]. The material is so malleable and safe in use that it can be stuck into every crevice, cut by knife, inflamed, and even shot through by a small arms round. It is also used as an intermediary charge for detonation of charges which are difficult for initiation. „Semtex”, or the so called “Czech plastic” is named as an equivalent of the US C4 [33-36]. PETN is used in it as the high explosive material, but there are also options using RDX, or a combination of PETN and RDX. These compositions can be discerned by physicochemical and explosive properties, and by designated applications. Detonation parameters are very high and similar to C4. Semtex was used very often by terrorists to produce difficult-detectable charges, and for that reason some volatile substances have been added to the material since the 90-ties to facilitate its detection by detecting devices.

There is a lot of information in internet on fabrication of C4 and Semtex. Moreover, there are numerous procedures for receiving plastic explosive materials which are based on their composition or proportions but include other high explosive ma-

Najczęściej proponowanym i wytwarzanymi mieszaninami są te oparte na ETN. Przykładem może być poniższy skład mieszaniny znaleziony na jednym z portali pirotechnicznych: ETN 91%, poliizobutylen 2,1%, olej silnikowy 1,6%, sebacynian di(2-etyloheksylu) 5,3%, który jedynie różni się zamianą RDX na ETN [42]. Autor tej mieszaniny podaje, że jest ona bardziej niebezpieczna od klasycznej kompozycji, tj. C4 czy Semtex-u, a prawdopodobieństwo jej wybuchu podczas użytkowania jest o wiele większe.

#### 2.4. Azotan(V) amonu

Jednym z najpopularniejszych materiałów wybuchowych stosowanych przez terrorystów jest azotan(V) amonu, czyli saletra amonowa [25]. Jest to bardzo powszechny w rolnictwie nawóz azotowy o najwyższej zawartości azotu (34%) zawierający dwie formy aktywne – amonową i anionową uwalniającą do gleby azot w różnym czasie. Azotan(V) amonu jest składnikiem wielu kompozycji wybuchowych (np. amonale, amonity, itp.). Azotan był przyczyną wielu katastrof i zamachów terrorystycznych jak, np. na World Trade Center (WTC) (26.02. 1993), w którym to pod północną wieżą WTC wybuchła zaparkowana w podziemnym garażu ciężarówka wypełniona ok. 700 kg materiału. Na skutek wybuchu zginęło 6 osób a ponad tysiąc zostało rannych. Innym przykładem jest użycie 2,3 t ANFO w zamachu w Oklahoma City w 1995 roku.

Najpopularniejszym materiałem wybuchowym opartym na azotanie(V) amonu jest ANFO (*ang. Ammonium Nitrate Fuel Oil*) [25,37-39]. Jest to górniczy materiał, który powstał na skutek coraz większych wymagań stawianych górniczym materiałom wybuchowym pod kątem efektywności urabiania górotworu oraz bezpieczeństwa produkcji, transportu i pracy. W roku 1943 opracowano me-

terials. The mixtures based on ETN belong to those which are most often proposed and fabricated. Following composition of the mixture from one of pyrotechnical portals can be an example of it: ETN 91%, polyisobutylene 2.1%, motor oil 1.6%, di(2-etylohexyl) seba-cate 5.3%, and here only RDX is replaced by ETN [42]. Author of this mixture communicates that it is more dangerous than the classic compositions of C4, or Semtex, and chance of its blast at handling is significantly higher.

#### 2.4. Ammonium Nitrate(V)

Ammonium nitrate(V), or ammonium saltpetre, is one of most popular explosive materials used by terrorists [25]. It is a nitric fertiliser commonly used in agriculture with the highest percentage of nitrogen (34%) existing in two active forms – ammoniac and anionic, releasing nitrogen into the soil at different time. Ammonium nitrate(V) is a part of many explosive compositions (e.g. ammonals, ammonites, etc.). The nitrate was the cause of many disasters and terroristic attempts such as for instance in World Trade Centre (WTC) (02 Feb.,1993) where a truck packed with ca. 700 kg of the material blasted in the underground garage placed under centre's northern tower. In effect of explosion 6 persons were killed and more than one thousand injured. Another example is the use of 2.3 tons of ANFO in Oklahoma City attempt in 1995.

The most popular explosive material based on ammonium nitrate(V) is ANFO (*Ammonium Nitrate Fuel Oil*) [25,37-39]. It is the material used in mining industry which was developed to meet increased requirements for the mining explosive materials concerning their efficiency at coal mining practice and safety of use at production,



tootę otrzymywania porowatej saletry amonowej, co przyczyniło się do oddania pierwszych strzałów przemysłowych w kopalniach rud żelaza z użyciem saletroli (1955 r.). ANFO jest powszechnie uważany za bezpieczny, łatwy do przygotowania i ekonomiczny materiał wybuchowy. Ze względu na te zalety oraz nieograniczony dostęp do odczynników, ANFO jest bardzo popularny nie tylko wśród górników, ale także terrorystów. Aby wykonać mieszaninę wybuchową z nawozu należy go wcześniej odpowiednio przygotować. W Internecie można znaleźć wiele informacji na ten temat. Najczęściej azotan ten występuje w postaci granulek, więc trzeba go rozdrobnić, a następnie ogrzewać przez kilka godzin w celu sporowacenia saletry. Kolejnym krokiem jest wymieszanie jej z olejem i odstawienie na kilka godziny w celu nasączenia porowatego azotanu. Jako paliwo wykorzystuje się najczęściej benzynę, olej napędowy, naftę, a także inne rozpuszczalniki organiczne.

Najlepszą proporcją azotanu(V) amonu do paliwa pod względem parametrów jest stosunek masowy 94% do 6%, a dokładniej 94,3% do 5,7%. ANFO jest materiałem trudnym do pobudzenia, dlatego też do jego pobudzenia wykorzystuje się detonatory z kruszących materiałów wybuchowych jak, np. dynamity. Aby zwiększyć jego wrażliwość i zdolność do pobudzenia dodaje się paliwa stałe, jak np. pył aluminiowy czy związki nitrowe. Mieszanki te charakteryzują się małą zdolnością do pobudzenia, dlatego należy do nich dodać sensybilizatory, czyli substancje uwrażliwiające. Prędkość detonacji tego typu materiałów mieści się w zakresie 3000-4000 m/s. Zmierzona jej wartość dla ładunku o średnicy 130 mm wynosi 3200 m/s. Niewątpliwą wadą ANFO są niskie parametry detonacyjne, toksyczne produkty rozkładu, oraz brak wodoodporności. Mieszanka ta jest tak higroskopijna, że chłonie wodę z powietrza.

transport and mining. A method of receiving the porous ammonium saltpetre was developed in 1943 what resulted in first industrial shots in the mines of iron ore with the use of saltpetre derivatives in 1955. ANFO is commonly deemed as unexpensive and safe and easy for preparation. Due to these advantages and unlimited access to reagents ANFO is popular not only among miners but the terrorists, as well. The fertiliser has to be suitably treated before preparation of the explosive composition. There is a lot of information in internet on that subject. The nitrate has usually the form of granules, so it has to be fragmented and next heated within a few hours to get the porous saltpetre. In the next step it is mixed with oil and left for a few hours for oil migration into the porous nitrate. The petrol, and oil petrol, and kerosene, and other organic solvents are used as the fuel.

The best proportion of ammonium nitrate(V) to the fuel is the mass ratio 94% to 6%, and more precisely 94.3% to 5.7%. ANFO is difficult for detonation and for this reason detonators containing high explosive materials such as dynamite are used for its initiation. In order to increase its sensitivity and ability for detonation there are added solid propellants such as aluminium dust, or nitric compounds. These mixtures are characterised by a low ability of initiation and for that the sensibilization agents increasing the sensitivity have to be added. The velocity of detonation of that kind of materials is in the range 3000-4000 m/s. The measured value for a charge with 130 mm diameter was 3200 m/s. Undoubtedly, low detonating performance, toxic products of decomposition, and the lack of waterproofness are the drawbacks of ANFO. The mixture is so hygroscopic that it accepts the water from the air.

Odmianą ANFO jest „heavy ANFO”, czyli wieloskładnikowa mieszanina azotanu(V) amonu z olejem i dodatkiem paliwa, np. w postaci pyłu Al [37]. Jako trzeci składnik w mieszaninach tych najczęściej wykorzystuje się paliwa organiczne, takie jak guar-gum, mączka drzewna, stearynian wapnia, poliakryloamid, mielony węgiel, sadza. Pył aluminiowy dodaje się w celu zwiększenia energetyczności ładunków. Jego 8% dodatek zwiększa ciepło wybuchu o ok. 40% (przy zachowaniu zerowego bilansu tlenowego). Substancje proponowane jako modyfikatory podwyższające wodoodporność saletroli to np.: guar-gum, pochodne poligalaktomannozy, karboksymetyloceluloza oraz inne polimery. Związki te pęcznią w kontakcie z wodą, tworząc szczelną otoczkę chroniącą przez zawilgoceciem. Wprowadzenie guar-gum do mieszaniny powoduje izolację ziaren saletry od wody poprzez zżelowanie guar-gum na skutek kontaktu z wodą. 8% dodatek guar-gum powoduje, że 20% zawartość wody nie wpływa na wartość prędkości detonacji, a zdolność do niej zanika dopiero przy zawartości ok. 30% wody.

Ważnym aspektem jest zachowanie odpowiedniego rozdrobnienia składników „heavy ANFO”, ponieważ wpływa to znacząco na zdolność do detonacji oraz parametry detonacji. Mieszaninę skomponowaną z odpowiednio rozdrobnionych składników można zainicjować samym zapalnikiem, nie używając detonatora. Zaletą tego typu mieszanin jest niski koszt surowców, łatwość wykonania, niska wrażliwość na bodźce mechaniczne, możliwość składowania oraz mechanizacji wytwarzania i załadunku bezpośrednio do otworów strzałowych. Do wad „heavy ANFO” należy zaliczyć konieczność inicjowania przy użyciu detonatorów, niską wodoodporność oraz niskie parametry energetyczne.

„Heavy ANFO”, another version of ANFO, is a multi-ingredient mixture of ammonium nitrate(V) with oil and addition of fuel, e.g. in the form of Al dust [37]. The organic fuels such as guar-gum, wood powder, calcium stearate, polyacrylamide, powdered carbon, and black carbon are used as a third ingredient of these compositions. Aluminium dust is added to increase the energetic performance of charges. Addition of 8% of it increases the heat of explosion by ca. 40% (at preservation of neutral oxygen balance). The substances proposed as modifiers to increase water resistance of saltpetre compounds are for instance: guar-gum, derivatives of poly-galactose-mannose, carboxymethyl cellulose, and other polymers. These compounds swell in contact with water and create a tight coat protecting against moisture. Introduction of guar-gum to the mixture insulates the grains of saltpetre from water due to gelation of guar-gum contacting with water. Addition of 8% of guar-gum effects that 20% content of water does not affect the value of detonation velocity until the content of water is ca. 30% when material cannot detonate.

A suitable level of fragmentation of „heavy ANFO” ingredients is important as it affects significantly the capacities and performance of detonation. The mixture composed of suitably fragmented ingredients may be initiated only by a fuse without using a detonator. Low cost of raw materials, simplicity of fabrication, low sensitivity to mechanical stimuli, and possibility for storing, and mechanisation of production, and feeding directly into shot holes belong to benefits of these mixtures. Deficiencies of „heavy ANFO” include a need for initiation by detonators, low waterproofness, and low energetic performance.

## **2.5. Mieszanki pirotechniczne**

Coraz częściej uwaga „domorosłych” pirotechników i terrorystów skierowana jest w stronę wyrobów pirotechnicznych [5, 7, 40]. Możliwość ich nabycia i potrzebnych odczynników jest legalna i ogólnodostępna. Dopóki substancje chemiczne – składniki mieszanin pirotechnicznych - nie są ze sobą zmieszane, są bezpieczne i legalne. Osoby wytwarzające mieszanki pirotechniczne i ładunki wybuchowe nie zdają sobie sprawy jakie zagrożenie mogą powodować. Źle przygotowane mieszanki, zanieczyszczone odczynniki, nieznanne źródła pochodzenia, brak atestów, uszkodzone opakowania i wyroby, majsterkowanie przy produktach, złe warunki przechowywania oraz duża ilość wyrobów stwarzają potencjalne zagrożenie pożarem, a nawet wybuchem. Przykładem może być zdarzenie z 17.03.2022 r. w Opolu [40]. W pomieszczeniu, w którym były przechowywane wyroby pirotechniki widowiskowej w ilości ok. 20 kg nastąpił wybuch. Konstrukcja ścian i dachu uległy naruszeniu, a z okien wyleciały szyby. Innym przykładem może być zdarzenie spowodowane przez mężczyznę, który kupił ok. 1000 sztuk petard, wysypał z nich zawartość i zrobił ładunek wybuchowy, aby zabić żonę [7]. W trakcie wykonywania tych czynności mężczyźni temu wybuch „urwał ręce”. Policja przechwytuje coraz większe ilości materiałów służących do konstruowania ładunków wybuchowych [7]. CBŚP w ciągu roku konfiskuje kilkaset kilogramów odczynników chemicznych i mieszanin pirotechnicznych. W oficjalnych komunikatach Policja podaje, że coraz częściej w zamachach terrorystycznych w Europie używa się mieszanin pirotechnicznych. Materiały przechowywane są w garażach, piwnicach, szopach, mieszkaniach. Dopóki nie tworzą materiału wybuchowego lub mieszanki wy-

## **2.5. Pyrotechnic Mixtures**

A greater attention of “home pyrotechnicians” is also turned to pyrotechnical articles [5, 7, 40]. They are commonly accessible and can be legally acquired together with needed reagents. As long as chemical substances – ingredients of pyrotechnical mixtures – are not mixed together, they are safe and legal. Persons dealing with preparation of pyrotechnical mixtures do not realise what risk of threat they can create. Wrongly prepared mixtures, contaminated reagents, unknown sources of origin, missing certificates of attestation, damaged packings and articles, tampering with the articles, poor conditions of storing, and great amount of the articles create potential threat of a fire, or even blast. The event occurring in Opole on 17 March, 2022 may be an example [40]. Fireworks stored in a room in amount of ca. 20 kg went off. The structure of walls and roof suffered and windows were broken. Another example may be the case of a man who bought ca. 1000 items of petards and removed their content to prepare an explosive charge to assassinate his wife [7]. The blast “took his hands” at these activities. Police are intercepting more and more greater amounts of materials for designing the explosive charges [7]. The Central Police Investigation Office (CPIO) confiscates yearly a few hundred kilogram of chemical reagents and pyrotechnical mixtures. Police inform in official communicates that the pyrotechnical mixtures have been used more often in terroristic attempts in Europe. These materials are kept in garages, basements, annexes, and homes. As soon as they do not create any explosive material, or explosive mixture, they are legal. There is a lot of proceedings, instruc-

buchowej, są legalne. W Internecie jest wiele opracowań, instrukcji oraz stron podających składy mieszanin, opisy ich działania oraz procedury tworzenia ładunków wybuchowych.

Takie instrukcje w Internecie szybko znikają, są blokowane, jednakże na ich miejsce powstają nowe. Służby zapewniają, że monitorują osoby wytwarzające oraz instytucje sprzedające wyroby pirotechniczne oraz chemikalia. Bardzo dużym zainteresowaniem na licznych forach internetowych cieszą się mieszaniny zapalające, które pod wpływem bodźca zewnętrznego spalają się, generując duże ilości ciepła [5]. Jest to bardzo liczna grupa materiałów, z których najpopularniejszymi są napalm i termit ze względu na prostotę otrzymywania i spektakularny efekt palenia się. Napalm to inaczej zżelatynizowana benzyna, która pali się o wiele dłużej niż benzyna i wydziela większe ilości ciepła. Cechą charakterystyczną tej mieszaniny jest to, że jest ona gęsta, przyczepia się do każdej powierzchni (np. oblepia przedmioty), jest bardzo trudna do zagaszenia. Najprostszy sposób wykonania napalmu, to zmieszanie benzyny z mydłem lub styropianem. Kolejną bardzo często wytwarzaną mieszaniną jest termit, czyli mieszanina tlenku metalu z innym metalem. Spala się ona dość gwałtownie z wydzieleniem stałych produktów spalania w postaci rozżarzonego metalu. Towarzyszy im bardzo wysoka temperatura sięgająca nawet 3000 °C. Najpopularniejszą taką mieszaniną jest Al z tlenkiem żelaza. Innym rodzajem mieszanin zapalających są mieszaniny samozapalające się [5]. Przykładem może być gliceryna z manganianem(VII) potasu. Jej wytworzenie jest bardzo proste i polega na naniesieniu kilku kropeł gliceryny na powierzchnię drobno utartego nadmanganianu. Na skutek generowania dużych ilości ciepła, powstałego w wyniku zachodzącej reakcji, następuje samozapłon

tions, and pages providing compositions of the mixtures, description of their operation, and procedure for preparation of explosive charges.

Such internet's instructions are rapidly removed, but are replaced by the new ones. The services reassure they monitor the persons who produce and institutions which trade the pyrotechnical articles and chemicals. Inflammable mixtures which burn, when an external stimulus is applied and generate great amount of heat, are very popular at numerous internet forums [5]. It is a group of great number of materials and the most popular of them are napalm and thermit due to simplicity of their preparation and spectacular effect of burning. Napalm is the gelatinized petrol which burns much longer than petrol and produces greater amount of heat. The specific feature of this composition is its density, and ability for sticking into every surface (it sticks around the objects), and difficult for extinguishing. The simplest method for napalm preparation is to mix the petrol with a soap or Styrofoam. Thermit, mixture of metal's oxygen with the metal, is a next mixture which is often fabricated. It burns relatively rapidly releasing solid products of combustion in the form of glowing-hot metal. It is accompanied with very high temperature up to 3000 °C. The mixture of Al with ferric oxide is the most popular. Another type of inflammable mixtures are the self-inflammable compositions [5]. Glycerine with potassium permanganate(VII) may be an example. Its preparation is very simple and relies on dropping a few drops of glycerine onto the surface of tiny powdered permanganate. In effect of generation of great amounts of heat in the reaction, the self-inflammation of the mixture takes place. The reagents needed for its prepara-

mieszaniny. Odczynniki do jej sporządzenia można kupić w aptece. Kolejnym przykładem może być azotan(V) srebra i magnez, które zmieszane ze sobą w obecności niedużych ilości wody zaczynają reagować, gwałtownie się paląc. Kompozycja ta jest bardzo niebezpieczna, ponieważ niewielkie ilości wilgoci mogą spowodować jej samozapłon. Podobną mieszaniną jest azotan(V) amonu lub potasu z cynkiem, która pod wpływem niewielkiej ilości wody zaczyna reagować, czemu towarzyszy efekt dźwiękowy, płomień, dym, a nawet może dojść do wybuchu. Warto również przyjrzeć się solom kwasu chlorowego V i VII. Mimo iż zakup tych substancji jest utrudniony, wciąż można je dostać w innej formie, np. zmieszane z substancją, którą łatwo oddzielić lub pod postacią roztworu. Osoby mającej podstawową wiedzę z zakresu techniki laboratoryjnej bez problemu będą potrafiły odzyskać potrzebną substancję. Przykładem mieszaniny tzw. „zapalanej chemicznie” jest mieszanina składająca się z chloranu(VII) potasu oraz cukru, która w obecności kwasu siarkowego(VI) zapala się gwałtownie i przechodzi do wybuchu [5]. Kwas reaguje z chloranem, tworząc dwutlenek chloru, który wybuchu po utworzeniu, spalając cukier. „Miedziankit” to już zapomniana kompozycja wybuchowa, która była wykorzystywana w kopalniach rud miedzi, skąd wywodzi się jej nazwa [42]. Ze względu na swoją dostępność, niską cenę oraz łatwość produkcji była także wykorzystywana w improwizowanych materiałach wybuchowych. Jest to kruszący materiał wybuchowy oparty na chloranie(V) potasu oraz nafcie lub innym oleju, występujących w stosunku molowym 9:1. Jest to stosunkowo słaby materiał, którego prędkość detonacji wynosi ok. 3600 m/s przy gęstości 1,3 g/cm<sup>3</sup>. W literaturze niewiele jest dostępnych informacji na ten temat. Mieszanina ta jest łatwa do pobudzenia, z łatwością można ją pobudzić

tion may be bought in every drugstore. The next example may be silver nitrate (V) and magnesium which after mixing together at presence of small amounts of water enter into violent reaction and burn out. The composition is very dangerous as some level of humidity may trigger its self-ignition. Similar mixture is a combination of ammonium nitrate (V) or potassium with zinc entering into reaction in the presence of small quantity of water followed by acoustic effect, flame, smoke, and sometimes even by a blast. It is also worth to note the meaning of salts of chloric acid V and VII. Despite some difficulties in acquisition of these substances they are still available in other form, e.g. mixed with a substance which can be easily separated, or in the form of solvent. Persons with basic qualifications on laboratory technique could receive the demanded substance. The mixture consisting of potassium chlorate(VII) and sugar can be an example of the so-called “chemically inflammable” mixture as in the presence of sulfuric(VI) acid it starts to burn rapidly and next it explodes [5]. The acid reacts with chlorate producing chloric dioxide which explodes after it by burning the sugar. „Miedziankit” is a forgotten explosive composition which was used in cuprite mines, and was named after that [42]. Due to its accessibility, low price and simple production it was also used in the improvised explosive materials. It is secondary explosive based on potassium chlorate(V) and kerosene or other oil existing in the molar ratio 9:1. It is relatively weak material with velocity of detonation ca. 3600 m/s at density 1.3 g/cm<sup>3</sup>. There is not too much information available in literature on this subject. The mixture can be easily initiated, it can be easily initiated by improvised fuse based on

improvizowanym zapalnikiem opartym na HMTD (0,3 g.) Bardzo często wykorzystywana jest do pobudzania trudno detonujących materiałów wybuchowych.

Należy również wspomnieć o tzw. „butelce zapalającej”, czyli butelce wypełnionej do ok. 2/3 swojej objętości łatwopalną cieczą, np. benzyną, naftą, ropą lub innym rozpuszczalnikiem oraz niewielką ilością kwasu siarkowego(VI) [5]. Butelka musi być szczelnie zamknięta, by nie doszło do przypadkowego wycieku cieczy. Wokół butelki przyczepiony jest papierowy pasek, zawierający mieszaninę chloranu(V) potasu oraz cukru. Jest miotana ręcznie. W momencie rozbicia butelki, kwas reaguje z mieszaniną pirotechniczną i następuje wybuch. Butelka ta była używana podczas powstania warszawskiego oraz wojny hiszpańskiej.

## 2.6. Kompleksowe materiały wybuchowe

Coraz więcej informacji pojawia się w przestrzeni internetowej o kompleksowych materiałach wybuchowych. Tak zwane „kompleksy”, to stosunkowo nowa grupa materiałów wybuchowych [41]. Pierwsze takie związki otrzymywano już w XIX wieku, jednak nie zwróciły one szczególnej uwagi naukowców. Dopiero badania nad otrzymywaniem niskotoksycznych materiałów inicjujących przyspieszyły rozwój tej dziedziny. Przygotowanie takich związków jest bardzo proste. Niezbędny sprzęt można zakupić w sklepie spożywczym, budowlanym czy w Internecie, zaś ich synteza jest bardzo prosta i szybka.

Diazotan(V) tetraaminamiedzi(II)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$  (TACN) to związek kompleksowy, zawierający w swojej strukturze amoniak jako ligand [41]. Charakteryzuje się dużą wrażliwością na uderzenie (4 J) oraz małą średnicą krytyczną, mniejszą niż

HMTD (0.3 g.) It is used very often to initiate explosive materials which do not detonate easy.

It is also worth to mention the so-called “inflammable bottle” which is a bottle filled to ca. 2/3 of its capacity by a flammable liquid, e.g. petrol, kerosene, diesel oil, or another solvent, and a small amount of sulfuric(VI) acid [5]. The bottle has to be accurately tightened to prevent any casual leaking out of the liquid. Around the bottle is attached a slip of paper containing the mixture of potassium chlorate(V) and sugar. It is thrown out by hand. When the bottle breaks out the acid reacts with the pyrotechnical mixture and it goes off. Such bottles were used at the Warsaw’s uprising and during the Spain war.

## 2.6. Complex Explosive Materials

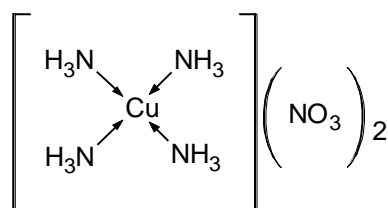
Information on complex explosive materials has been appear in internet more frequently. The so-called “complexes” belong to a relatively new group of explosive materials [41]. The first such compounds were already received in the 19<sup>th</sup> century but they did not catch any special attention of scientists. Merely the first investigations on receiving low-toxic initiating materials speeded the development of this domain. Preparation of such compounds is very simple. The required equipment may be bought in a grocery or in a shop with building materials, or in internet, and their synthesis is very simple and quick.

Tetra-amine-copper(II) dinitrate(V)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$  (TACN) is the complex compound containing ammonia in its structure as the ligand [41]. It is characterised by high sensitivity to impact (4 J) and low critical diameter below 4 mm. Its velocity of detonation measured experimentally in a steel



4 mm. Jego zmierzona eksperymentalnie prędkość detonacji w stalowej rurze wynosi 3500 m/s przy gęstości 0,87 g/cm<sup>3</sup>, zaś dla ładunku bez otoczki - 3117 m/s, a ciśnienie detonacji wynosi 3,53 GPa. Dodany do azotanu(V) amonu w ilości 16% wagowych, zmniejsza jego średnicę krytyczną w stalowej rurze do 2 mm (1480 m/s, 0,91 g/cm<sup>3</sup>). Przyczynia się do ułatwienia pobudzenia do detonacji azotanu(V) amonu i zmniejszenia masy potrzebnego detonatora [41]. Obliczone parametry detonacji kompleksu dla gęstości 0,9 g/cm<sup>3</sup> i 1,91 g/cm<sup>3</sup> wynoszą odpowiednio: prędkość detonacji – 3422 m/s i 7541 m/s, ciśnienie – 2,72 GPa i 21,5 GPa, ciepło wybuchu – 2970 kJ/kg, 3178 kJ/kg. Związek otrzymuje się w jednoetapowej syntezie pomiędzy azotanem(V) amonu i amoniakiem.

tube is 3500 m/s at density 0.87 g/cm<sup>3</sup>, and for the charge without any containment - 3117 m/s, and the pressure of detonation is 3.53 GPa. When it is added to ammonium nitrate(V) in amount of 16% of weight it reduces its critical diameter in the steel tube to 2.0 mm (1480 m/s, 0.91 g/cm<sup>3</sup>). It takes effect in facilitation of ammonium nitrate (V) detonation and reduces the mass of required detonator [41]. Calculated parameters of detonation for the complex with density 0.9 g/cm<sup>3</sup> and 1.91 g/cm<sup>3</sup> are respectively: velocity of detonation – 3422 m/s and 7541 m/s, pressure – 2.72 GPa and 21.5 GPa, heat of explosion – 2970 kJ/kg, 3178 kJ/kg. The compound is received in a single-stage synthesis between ammonium nitrate(V) and ammonia.



Rys. 5. Diazotan(V) tetraaminamiedzi(II) – TACN

Fig. 5. Tetraamminecopper(II) nitrate - TACN

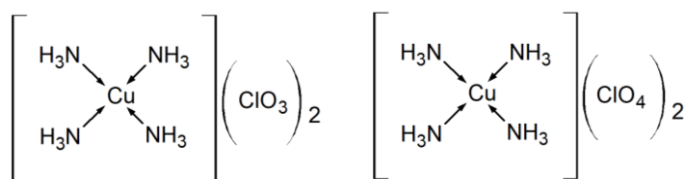
W Internecie można znaleźć także opisy innych kompleksowych materiałów wybuchowych zawierających amoniak jako ligand. Przykładem takich związków mogą być TACC i TACuP. Dichloran(V) tetraaminamiedzi(II) (TACC) to inicjujący materiał wybuchowy, który zaprasowuje się „na martwo”, dlatego zalecane jest elaborowanie go do metalowych miseczek bez prasowania. Jest to materiał wrażliwy na uderzenie (3 J), detonujący z prędkością 4300 m/s. W kontakcie z płomieniem deflagruje. Podczas przechowywania powoli rozkłada się, nie jest odporny na wodę. TACuP, czyli dichloran(VII) tetraaminamiedzi(II), to kruszący materiał wybuchowy o mniejszej wrażliwości niż TACC.

W kontakcie z płomieniem związek ulega szybkiemu spalaniu, zaś w zamkniętej prze-

There can be also found in internet descriptions of other complex explosive materials containing ammonia as the ligand. Such exemplary compounds are TACC and TACuP. Tetraamminecopper(II) dichlorate(V) (TACC) is an initiating explosive material which is “self-pressed”, and for that reason it is recommended to fill it into metallic cups without pressing. The material is sensitive to impact (3 J) and it detonates with velocity 4300 m/s. In contact with the flame it deflagrates. During storing it decomposes steadily, it is not water resistant. TACuP, i.e. tetraamminecopper(II) dichlorate(VII) is the high explosive material with lower sensitivity than TACC.

In contact with the flame it burns rapidly and in contained space the burning

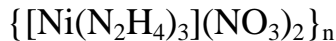
strzeni jego spalanie przechodzi w detonację. Pod wpływem wody hydrolizuje. Otrzymuje się go z azotanu(V) miedzi(II), amoniaku i chloranu(VII) amonu. Materiał rozkłada się w temperaturze 243 °C. Wrażliwość na uderzenie i tarcie wynosi odpowiednio 2,5 J i 130 N, zaś flegmatyzowanego woskiem (5 %) - 4,5 J i 150 N. Jest silnym materiałem wybuchowym, o czym świadczy wynik badania kruszości w próbie Hessa (14,5 mm) zbliżony do TNT (16 mm).



**Rys. 6. TACC (lewy) oraz TACuP (prawy)**

**Fig. 6. TACC (left) and TACuP (right)**

Kolejnym bardzo często otrzymywanym i wykorzystywanym kompleksowym materiałem wybuchowym jest NHN, czyli diazotan(V) trihydrazynaniklu(II) o wzorze:



Związek ten otrzymywany jest poprzez powolne wkroplenie roztworu hydrazyny do wodnego roztworu azotanu niklu [41]. Jest to polimer koordynacyjny, w którym jony niklu, cząsteczki hydrazyny oraz aniony azotanowe(V) tworzą heksagonalną strukturę krystaliczną. NHN posiada wysokie parametry detonacyjne [23-29]. Przy gęstości 1,7 g/cm<sup>3</sup> detonuje z prędkością 7000 m/s, zaś przy 0,8 g/cm<sup>3</sup> z 4300 m/s. Zmierzone ciśnienie detonacji wynosi 20,8 GPa, a ciepło wybuchu 4200 kJ/kg. Materiał rozkłada się w 218 °C. Wrażliwość na uderzenie wynosi 10 J, na tarcie - 24 N, zaś na iskrę elektryczną - 0,02 J [26]. Wykazuje zdolność do zaprasowywania „na martwo”. Detonuje także w stanie zawilgoconym. W masie powyżej 250 mg pobudza do detonacji pentryt zaprasowany w spłonce TAT nr 8. Jego zdolność inicjująca jest lepsza niż obecnie stosowanych materiałów inicjują-

comes into detonation. Under the influence of water it hydrolyses. It is received from copper(II) nitrate(V), ammonia, and ammonium chlorate(VII). Material is decomposed at temperature 243 °C. Sensitivity to impact and friction is respectively 2.5 J and 130 N, and after phlegmatization by wax (5 %) - 4.5 J and 150 N. It is strong explosive material as the brisance test in the Hess trial gives the result (14.5 mm) similar to TNT (16 mm).

Tri-hydrazine-nickel(II) dinitrate(V), or NHN, is next complex explosive material which is very often fabricated and employed, and has the following formula:

The compound is received by a slow dropping of hydrazine solution to aqueous solution of nickel nitrate [41]. It is a coordination polymer where the ions of nickel, and molecules of hydrazine, and nitrate(V) anions create a hexagonal crystal structure. NHN has high detonating performance [23-29]. At density 1.7 g/cm<sup>3</sup> it detonates with velocity 7000 m/s, and at 0.8 g/cm<sup>3</sup> with 4300 m/s. The measured pressure of detonation is 20.8 GPa, and the heat of explosion is 4200 kJ/kg. Material decomposes at 218 °C. Sensitivity to impact is 10 J, to friction - 24 N, and to electric spark - 0.02 J [26]. It can be pressed into capsules. It also detonates in conditions of wetness. Having the mass above 250 mg it initiates the detonation of penthrite pressed in the cap TAT nr 8. Its initiating capabilities are better than presently used initiating ma-

cych. [41]. NHN ma zdecydowanie wyższe parametry detonacyjne niż azydek ołowiu ( $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ ). NHN charakteryzuje się mniejszą wrażliwością na ww. bodźce mechaniczne oraz iskrę elektryczną, a także niższą temperaturą rozkładu i gęstością kryształów niż azyddek ołowiu.

### 3. Podsumowanie

W dobie Internetu wiedza związana z otrzymywaniem materiałów wybuchowych oraz konstrukcją ładunków jest ogólnodostępna. Stare książki, odtajnione wojskowe skrypty znajdziemy w antykwariatach i na bazarach, zaś w Internecie znajdziemy wiele specjalistycznych książek i publikacji naukowych.

Dostęp do odczynników chemicznych, materiałów i przedmiotów służących do syntezy i konstrukcji nadal jest bardzo łatwy. Pomimo istniejących rozporządzeń ograniczających handel, przedsiębiorcy nie zawsze je przestrzegają. Bardzo często zakazane substancje są zanieczyszczane, tworzy się ich mieszaniny lub roztwory i sprzedaje jako materiały o innych właściwościach (niewybuchowe).

Osoby posiadające minimalną wiedzę z zakresu technik laboratoryjnych są w stanie bez problemu oczyścić zakupione materiały. Wiele potrzebnych substancji chemicznych do syntezy substancji wybuchowych można nabyć w sklepie chemicznym, aptece, sklepie ogrodniczym, czy budowlanym. W przypadku materiałów wybuchowych pozyskanie jest możliwe na wiele sposobów, np. z zakładów pracy, uczelni, laboratoriów, magazynów itp.

Problem improwizowanych materiałów wybuchowych jest szczególnie ważny ze względu na fakt, iż praktycznie każdy jest w stanie wykonać tego rodzaju MW we własnym, domowym laboratorium przy wykorzystaniu ogólnodostępnych odczynników. Sytuację komplikuje fakt, że na skutek eksperymen-

terials. [41]. NHN has distinctly higher detonating parameters than lead azide ( $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ ). NHN is characterised by lower sensitivity to the above mentioned mechanical stimulations and to the electric spark, and the lower temperature of decomposition and density of crystals than lead azide.

### 3. Summary

In the era of internet the knowledge connected with preparation of explosive materials and the design of charges is commonly accessible. Old books and disclosed military handbooks can be found in second-hand bookshops and markets, and a lot of specialistic books and scientific publications are available in internet.

Access to chemical reagents, materials, and devices needed for synthesis and design is still easy. Despite existing regulations restricting the trade the traders do not follow them at each time. Very often the banned substances are contaminated, or their mixtures or solutions are prepared to sell them as materials with other properties (non-explosive).

Persons with minimal knowledge on laboratory techniques can relatively simply refine the purchased materials. A lot of chemical substances needed to synthesis of explosive materials may be bought in a shop with chemical articles, at chemist's, or in a shop with gardening or building materials. In the case of explosive materials the acquisition can be made in many different ways, e.g. from production plants, universities, laboratories, or magazines, etc.

Problem of improvised explosive materials is especially important regarding the fact that almost everyone can fabricate such explosive material in own home la-

tów powstają coraz to nowsze materiały, które nie są znane i przebadane, co potęguje zagrożenie.

Jak wynika z komunikatów policyjnych uwaga środowiska przestępczego coraz częściej skierowana jest w stronę pirotechniki, gdyż można ją legalnie nabyć. Na rynku jest wiele wyrobów, które nie przeszły badań i certyfikacji, mają wadliwą konstrukcję, są uszkodzone, czy wykonane z odczynników o małej czystości. Stwarza to ogromne zagrożenie już podczas przechowywania. Wiele takich wyrobów jest sprzedawanych bez pozwolenia przez osoby lub firmy niemające do tego uprawnień. Nie sposób kontrolować jest wszystkie wyroby i instytucje zajmujące się ich obrotem, dlatego też należy spodziewać się coraz większej liczby zamachów i wypadków z użyciem mieszanin pirotechnicznych. Warto również zwrócić uwagę na kompleksowe materiały wybuchowe jako potencjalne terrorystyczne materiały, które można zsyntezować z odczynników ogólnodostępnych. Swoimi parametrami i właściwościami nie ustępują klasycznym materiałom wybuchowym. Ich produkcja jest łatwiejsza, szybsza, bezpieczniejsza i ekonomiczniejsza. Kolejnym materiałem godnym uwagi jest ETN oraz materiały pokrewne. Związek ten bardzo przypomina swoimi parametrami PETN, jednakże jest nieco bardziej wrażliwy i niebezpieczny w użytkowaniu. W przestrzeni internetowej jest coraz więcej informacji o jego mieszaninach, zwłaszcza tych plastycznych. Można się spodziewać, że za jakiś czas plastyczne mieszaniny wybuchowe oparte na ETN będą główną przyczyną zamachów. Należy zwrócić uwagę na to, że IED-y w zależności od przeznaczenia i miejsca detonacji bardzo różnią się od siebie. Są to urządzenia wykonane w sposób bardzo niestandardowy z materiałów i produktów ogólnodostępnych, bardzo często zawierających elementy zwią-

boratory by using the commonly available reagents. Situation is complicated by the fact that in effect of experiments the newer materials are prepared, and they increase the threat as they were not tested.

According to police records the attention of criminal circles has been focused more often into the pyrotechnics as it can be legally acquired. There is a lot of articles in the market which were not tested and certified, and have a faulty design, are damaged, or were manufactured from reagents of low purity. It creates an immense threat at storing. A lot of such articles are sold without any permission by unauthorised persons or companies. It is not possible to examine every article and institution dealing with their trade, so it can be expected that the number of attempts and incidents with the use of pyrotechnical mixtures could increase. Moreover, it is worth to pay attention into the complex explosive materials which can be used by terrorists and may be synthesised with commonly available reagents. Their parameters and properties are not worse than for classical explosive materials, and their production is easier, quicker, and safer, and cost effective. ETN and its derivatives is next popular material. The compound has very similar performance to PETN but it is a bit more sensitive and danger at use. There is increased number of information in the internet media about its mixtures, especially plastic ones. It may be expected that plastic mixtures based on ETN would be soon commonly used in attempts. It has to be noted that the IEDs are very different depending on designation and place of detonation. They are the devices which were fabricated in an off-standard way from generally available materials and products, and often contain parts increasing the hit-

szające efekt rażenia, jak śruby, gwoździe, kawałki przedmiotów metalowych o ostrych krawędziach a nawet amunicję. To zamachowcy dyktują zasady dobierając miejsce, czas i sposób przeprowadzenia zamachu oraz ładunek wybuchowy.

Mimo kontroli, jaka jest prowadzona przez różnego rodzaju służby, terroryści będą zawsze „o krok przed nimi”. Służby monitorują osoby, które interesują się materiałami wybuchowymi i wymieniają się informacjami na forach i innych stronach tematycznych. Czuwają nad tym, co jest aktualnie publikowane w Internecie. Coraz więcej jest przeszukań i przejęć niebezpiecznych materiałów, zwłaszcza wyrobów pirotechnicznych.

Pomimo, że od 2015 r. obrót substancjami chemicznymi jest rejestrowany, nie przeszkadza to w bezproblemowym nabywaniu odczynników. Pomimo rozporządzeń i wszelkich ograniczeń związanych ze sprzedażą odczynników chemicznych, wyrobów pirotechnicznych oraz materiałów wybuchowych, zawsze pojawią się możliwości pozyskania ich inną drogą.

Aby zapobiec lub zminimalizować przestępczość z tym związaną należy zwiększyć kontrolę nad dostępem do wiedzy i możliwością pozyskania odpowiednich materiałów. Fachowa literatura powinna być dostępna tylko dla specjalistów, przemysłu i służb. Książki, które można nabyć w księgarniach i antykwariatach powinny zostać wycofane, a strony internetowe zawierające informacje o materiałach wybuchowych powinny być zamykane.

Należy nadzorować możliwość zakupu prekursorów oraz innych niezbędnych odczynników do wykonania materiałów wybuchowych, czy zapalających. Osoby fizyczne nie powinny mieć dostępu do tego typu materiałów. Obserwując sposoby wykonania zamachów, wykonanie ładunków, użyte materiały wybuchowe czy ogólnodostępną wiedzę

ting effect such as bolts, nails, bits of metal with sharp edges, and even ammunition. There are the assassins who dictate the rules by choosing a place, time and way of the attempt, and the explosive charge.

Despite of the control conducted by different types of services, terrorists will always be “a step” in front of them. The services monitor persons interesting in explosive materials and exchanging information on forums and other objective pages. They survey current publications in the internet. There is increasing number of searches and interceptions of dangerous materials, especially pyrotechnical articles.

Despite of the fact that since 2015 the trade of chemical substances has been recorded it does not prevent unproblematic acquisition of reagents. Despite regulations, and all restrictions connected with selling of chemical reagents, pyrotechnical articles, and explosive materials they could always be acquired in other ways.

The surveillance over the access to the knowledge and relevant materials has to be tightened to prevent or minimise criminal activities connected with it. Professional literature has to be accessible only for specialists, and the industry, and services. Books which can be acquired in bookshops and second-hand bookshops have to be withdrawn, and the internet sites containing information about explosive materials have to be closed.

Possibilities of purchase of precursors and other reagents needed for fabrication of explosive or inflammatory materials have to be monitored. Real persons shall be deprived of any access to materials of such type. Observing the ways of execution of attempts, fabrication of charges, used explosive materials, or the commonly available knowledge, it may be unfortunately

można wnioskować, że niestety następuje rozwój w tym zakresie.

Świat przestępczy wykorzystuje najnowsze osiągnięcia technologiczne i zwraca uwagę na materiały, które łatwo pozyskać, wytworzyć, których charakterystyki wybuchowe są podobne do klasycznych materiałów wybuchowych. Przestępcy będą zawsze „o krok” przed służbami, ponieważ działają niestandardowo, a ich działanie jest dostosowane do panujących warunków i celu zadania.

concluded that there have been progress in this domain.

Criminal world employs the newest technological achievements and pays its attention into materials with explosive performance conformable to classical explosive materials, and which can be easy acquired and fabricated. The criminals are always “a step” before the services as they act beyond standards and their actions are matched to existing conditions and to the purpose.

### Literatura / Literature

- [1] Saska P., *Improwizowane urządzenia wybuchowe stosowane w konflikcie irackim*, Szybkie Pojazdy Gąsiennicowe, Nr 1/24/2009.
- [2] Saska P., Klimentowski F., Kowalczyk P., *Charakterystyka improwizowanych urządzeń wybuchowych stosowanych w konflikcie irackim*. Zeszyty Naukowe WSOWL, Nr 1/147/ 2008.
- [3] Wilgucki K., Urban R., Baranowski G., Grądzki P., Skarżyński P., *Możliwości i ograniczenia systemu ochrony przed RCIED*, 2016.
- [4] Tomaszycycki B., *Poradnik. Działania taktyczne w środowisku zagrożenia improwizowanymi urządzeniami wybuchowymi*, Polskie Siły Zadaniowe w Afganistanie VIII Zmiana, 2011.
- [5] Kasprzak P., *Przeciwdziałanie zagrożeniom wynikającym z użycia ładunków wybuchowych wykonanych z elementów dostępnych w sprzedaży niekoncesjonowanej*, Wydawnictwo Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia, Zielonka 2022.
- [6] Orzechowski D., *Taktyka wykorzystania IED przez rebeliantów na terenie Afganistanu*, Centrum Szkolenia Wojsk Inżynieryjnych i Chemicznych we Wrocławiu, Nr 4/2012.
- [7] <https://www.rp.pl/sluzby/art10969611-rosnie-liczba-mieszanek-pirotechnicznych-przechwytywanych-przez-policje>, 18.09.2022,
- [8] Grojos P., Flasińska P., *Niebezpieczne właściwości nadtlenków organicznych na przykładzie nadtlenu di-tert-butylu oraz nadbenzoesanu tert-butylu*, High Energy Materials, Nr 9/2017.
- [9] Matyas R., Selesovsky J., Musil T., *Decreasing the friction sensitivity of TATP DADP and HMTD*, Central European Journal of Energetic Materials, Nr 10/2/2013.
- [10] Matyas R., Selesovsky J., Musil T., *Study of TATP: mass loss and friction sensitivity during ageing*, Central European Journal of Energetic Materials, Nr 9/3/2012.
- [11] Matyas R., Zeman S., Trzciniński W., Cudziło S., *Detonation Performance of TATP/AN-Based Explosives*, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, Nr 33/4/2008.
- [12] Encyclopedia of Explosives and Related Items, Dover: Picatinny Arsenal, 1999, A44.
- [13] Rudolf M., Josef K., Axel Homburg: Explosives, Nr. 6/2007.
- [14] Jiang H., Chu G., Gong H., Qiao Q., *Tin Chloride Catalysed Oxidation of Acetone with Hydrogen Peroxide to Tetrameric Acetone Peroxide*, Journal of Chemical Research, Synopses, Nr 4/1999.
- [15] Schaefer W.P. , Fourkas J.T. , Tiemann B.G. , *Structure of hexamethylene triperoxide diamine*, Journal of the American Chemical Society, Nr 107/1985.



- [16] Legler, L, Ueber Producte der langsamen Verbrennung des Aethyläthers, Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschat., Nr 18/2/1885.
- [17] Schaefer W. P., Fourkas J.T., Tiemann B.G., Structure of hexamethylene triperoxide diamine, Journal of the American Chemical Society, 107 (8), 1985: 2461–2463.
- [18] Taylor C. A, Rinckenbach W. H, Army Ordnance, Nr 5/1924.
- [19] Liebman J.F., Greer A., Rappoport Z., Marek I., Patai S., The Chemistry of Peroxides, Willey, Nr 3/2015.
- [20] Urbański T., *Chemia i technologia materiałów wybuchowych*, tom 2, Wyd. MON, 1955.
- [21] Lease N., Kay L.M., Brown G.W., Chavez David E., Robbins David, Byrd Edward F. C., Imler Gregory H., Parrish Damon A., Manner V.W., Synthesis of Erythritol Tetranitrate Derivatives: Functional Group Tuning of Explosive Sensitivity, Journal of Organic Chemistry, Nr 85/2020.
- [22] Bezemer K., McLennan L., Hessels R., Schoorl J., Elshout J., Heijden A., Hulsbergen Anne-mieke, Koeberg Mattijs, Busby Taylor, Yevdokimov Alexander, de Rijke Eva, Schoenmakers Peter, Smith James, Oxley Jimmie, Asten Arian van, Chemical attribution of the homemade explosive ETN - Part II: Isotope ratio mass spectrometry analysis of ETN and its precursors, Forensic Science International, Nr 313/2020.
- [23] Martin K., Robert M., Vodochodsky O., Pachman J., Explosive Properties of Melt Cast Erythritol Tetranitrate (ETN), Central European Journal of Energetic Materials, Nr 14/2/2017.
- [24] Manner V.W., Preston D.N., Tappan B.C., Sanders V. E., Brown G.W., Hartline E., Jensen B., Explosive Performance Properties of Erythritol Tetranitrate (ETN), Propellants Explosive Pyrotechnics, Nr 40/2015, 460.
- [25] Cudziło S., Maranda A., Nowaczewski J., Trębiński R., Trzciński W., *Wojskowe materiały wybuchowe*, Wydawnictwo Wydziału Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2000.
- [26] Elbeih A., Pachman J., Zeman S., Trzciński W., Akštejn Z., Advanced plastic explosive based on BCHMX compared with Composition C4 and Semtex 10, New Trends in Research of Energetic Materials, 2011.
- [27] <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/explosives-compositions.htm>, 18.09.2022.
- [28] Lezica P., *Composition C-4*, 2014.
- [29] Meyer R., Köhler J., Homburg A., *Explosives*, Wiley-VCH, 2007.
- [30] Headquarters, Department of the Army Technical Manual – Military Explosives, U.S. Department of the Army, Nr 323/1990.
- [31] *"US Patent 3,018,203"*, 2014.
- [32] Harris Tom, *How C-4 Works. How Stuff Works*, 2014.
- [33] Elbeih A., Pachman J., Zeman S., Akštejn Z., Replacement of PETN by Bicyclo-HMX in Semtex 10, str. 7.
- [34] Cardoso A. A., Selesovsky J., Künzel M., Kucera J., Pachman J., Detonation Parameters of PISEM Plastic Explosive, Central European Journal of Energetic Materials, Nr 16/4/2019.
- [35] **Brief history of plastic explosive Semtex – explosia. cz**, 18.09.2022.
- [36] Hobbs J.R., *Analysis of Semtex Explosives, Advances in Analysis and Detection of Explosives*, 1993.
- [37] Cetner Z., Maranda A., *Wybrane parametry materiałów wybuchowych typu heavy-ANFO*,

- Materiały Wysokoenergetyczne, Nr 6/2014.
- [38] Žganec S., Bohanek V., Dobrilovic M., Influence of a Primer on the Velocity of Detonation of ANFO and Heavy ANFO Blends, *Central European Journal of Energetic Materials*, Nr 13/3/2016.
- [39] Maranda A., Paszula J., Zawadzka Małota I., Kuczyńska B., Witkowski W., Nikolczuk K., Wilk Z., Aluminum Powder Influence on ANFO Detonation Parameters, *Central European Journal of Energetic Materials*, Nr 8/4/2011.
- [40] <https://wiadomosci.onet.pl/opole/wybuch-skladu-pirotechniki-w-opolu-uzywala-go-grupa-rekonstrukcyjna/dddg4ef>, 18.09.2022.
- [41] Rećko J., Otrzymywanie i badanie koordynacyjnych związków wybuchowych zawierających 4,4',5,5'-tetranitro-1H,1H'-2,2'-biimidazol, Rozprawa doktorska, Wojskowa Akademia Techniczna, 2021.
- [42] <http://www.sciencemadness.org/talk/viewthread.php?tid=27042>, 19.09.2022.
- [43] [https://www-sciencemadness-org.translate.goog/talk/viewthread.php?tid=21222&\\_x\\_tr\\_sch=http&\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pl&\\_x\\_tr\\_hl=pl&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-sciencemadness-org.translate.goog/talk/viewthread.php?tid=21222&_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pl&_x_tr_hl=pl&_x_tr_pto=sc) 19.09.2022
- [44] <http://www.sciencemadness.org/talk/viewthread.php?tid=21222> 19.09.2022
- [45] Matyas R., Pachman J., Thermal stability of triacetone triperoxide, *Science and Technology Energetic Materials*, Nr 68/4/2007.

**Biuletyn naukowy PROBLEMY TECHNIKI UZBROJENIA - Nr ISSN 1230-3801** jest wydawany przez Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia od 1960 roku. Biuletyn PTU stanowi forum do prezentacji oryginalnych wyników badań naukowych i prac rozwojowych dotyczących uzbrojenia:

- w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinach: automatyka, elektronika i elektrotechnika, informatyka techniczna i telekomunikacja, inżynieria chemiczna, inżynieria lądowa i transport, inżynieria materiałowa, inżynieria mechaniczna, inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka,
- w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie nauki o bezpieczeństwie,
- w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych (w dyscyplinach informatyka, nauki fizyczne, nauki chemiczne).

Ponadto w PTU, można prezentować wyniki własnych badań obejmuje szerszy kontekst problematyki związanej z uzbrojeniem (B+R, wytwarzanie, produkcję, pozyskiwanie, eksploatację, obrót, transport, wycofanie z użytkowania) i uwzględniające aspekty techniczne, organizacyjne, jakościowe, ekonomiczne, prawne, polityczne, logistyczne, mieszczące się w dziedzinie nauk społecznych lub humanistycznych (np. ekonomia i finanse, nauki o polityce i administracji, nauki o zarządzaniu i jakości, nauki prawne, historia).

Tematyka czasopisma obejmuje całość uzbrojenia ujętego we „Wspólnym wykazie uzbrojenia Unii Europejskiej przyjęty przez Radę w dniu 26 lutego 2018 r. (sprzęt objęty wspólnym stanowiskiem Rady 2008/944/WPZiB określającym wspólne zasady kontroli wywozu technologii wojskowych i sprzętu wojskowego) - Dz.U. C 98/1, a w szczególności w szerokim aspekcie zagadnień naukowych, technicznych, technologicznych i eksploatacyjnych w następującym zakresie techniki wojskowej:

- uzbrojenie artyleryjskie,
- uzbrojenie strzeleckie,
- uzbrojenie raketowe,
- systemy rozpoznania, dowodzenia i kierowania walką,
- środki bojowe,
- systemy szkolno – treningowe.

Wersję referencyjną czasopisma Problemy Techniki Uzbrojenia stanowi wersja papierowa, ukazująca się 4 razy w roku.

Biuletyn naukowy Problemy Techniki Uzbrojenia jest indeksowany w Bazie danych o zawartości polskich czasopism technicznych BazTech (<http://baztech.icm.edu.pl>) oraz Index Copernicus Journal Master List

Publikowane materiały dostępne są na stronach internetowych:  
[www.witu.mil.pl](http://www.witu.mil.pl) oraz <https://ptu-biuletyn.pl>

### **Procedura recenzowania artykułów**

Autorzy przysyłając pracę do publikacji w biuletynie Problemy Techniki Uzbrojenia wyrażają zgodę na proces recenzji. Nadesłane prace są poddawane ocenie w pierwszej kolejności przez redakcję, a następnie kierowane są do recenzji przez przynajmniej dwóch recenzentów. Recenzentów uzgadnia sekretarz redakcji po konsultacji z redaktorami tematycznymi. Przy wyborze recenzentów redakcja kieruje się zasadą, że powinni to być niezależni, obiektywni specjaliści, posiadający dużą wiedzę z zakresu tematyki artykułu. Prace recenzowane są z zachowaniem wzajemnej anonimowości recenzenta i autora. Preferowany układ recenzji zawarty jest w formularzu recenzenckim, który jest przekazywany przez recenzenta do redakcji.

Recenzenci zobowiązani są do niewykorzystywania wiedzy na temat recenzowanej pracy przed jej publikacją.

Autor główny jest informowany o wynikach recenzji bez podawania danych personalnych recenzentów. Do publikacji kwalifikowane są prace, które uzyskały pozytywne recenzje. W przypadku uwag recenzentów i konieczności wprowadzenia zmian, korespondencję z autorem prowadzi redakcja. Możliwa jest konieczność ponownej recenzji, jeżeli dokonane zmiany były istotne, jak również powołanie dodatkowego recenzenta. Ostatecznej kwalifikacji do druku dokonuje redaktor naczelny.

Redaktor naczelny może odmówić opublikowania pracy, jeżeli:

- praca otrzymała negatywne recenzje,
- autor nie wyraża zgody na wprowadzenie poprawek zaproponowanych przez recenzenta lub redakcję,
- tematyka jest niezgodna z zakresem tematycznym biuletynu PTU,
- otrzymane przez redakcję materiały nie spełniają wymagań technicznych dla artykułu zawartych w instrukcji dla autorów,
- praca była już wcześniej publikowana,
- treść pracy narusza obowiązujące przepisy prawne (ochrona informacji niejawnych, prawo autorskie, inne).

### **Instrukcja dla autorów zgłaszających teksty do publikacji w biuletynie *Problemy Techniki Uzbrojenia***

#### **I. Informacje podstawowe**

Przyjmujemy oryginalne, niepublikowane wcześniej teksty w języku polskim i angielskim w postaci wydruku (A4) oraz w wersji elektronicznej w programie MS Word, w formatach doc lub docx.

Do materiałów należy załączyć **Deklarację** głównego autora (załącznik 1) zawierającą informację nt. wcześniejszej prezentacji materiałów oraz wkładu poszczególnych autorów w powstanie publikacji oraz **Oświadczenia** (załącznik 2) o przekazaniu autorskich praw majątkowych do publikacji na rzecz wydawcy tj. Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia.

Złożenie deklaracji ma na celu przeciwdziałanie zjawisku „ghostwriting” i „guest authorship”. Z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji. Z „guest authorship”, „honorary authorship” mamy do czynienia wówczas, gdy udział autora jest znikomy lub w ogóle nie miał miejsca, a pomimo to jest autorem/współautorem publikacji.

Obydwa zjawiska są przejawem nierzetelności w nauce, a wszelkie wykryte przypadki będą demaskowane, włącznie z powiadomieniem odpowiednich podmiotów /instytucji zatrudniających autorów, towarzystw naukowych, itp.

Materiały (jednostronny wydruk A4 + nośnik elektroniczny) należy przysyłać na adres Redakcji:

Redakcja „Problemy Techniki Uzbrojenia”  
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia  
ul. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka

Możliwe jest przekazanie wersji elektronicznej pocztą elektroniczną na adres: [oniw@witu.mil.pl](mailto:oniw@witu.mil.pl) lub [pawlowskiw@witu.mil.pl](mailto:pawlowskiw@witu.mil.pl).

W celu szerszego upowszechnienia dorobku naukowego Autorów w środowisku międzynarodowym, każdy artykuł w PTU publikowany jest w dwóch językach - polskim i angielskim (równoległe w dwóch kolumnach na każdej stronie). Decyzja o podstawowej wersji językowej publikacji należy do Autorów. Domyślnie redakcja przyjmuje, że o podstawowej wersji językowej decyduje język, w jakim złożony został manuskrypt (o ile Autorzy nie zaznaczą inaczej).

W trosce o jak najwyższą jakość tłumaczenia i wiernie odzwierciedlenie myśli Autorów, szczególnie w przypadku artykułów z bardzo specjalistycznym słownictwem, wskazane jest dostarczenie przez Autorów obu wersji językowych. Na wybraną, podstawową wersję językową wskazuje kolejność i układ tekstu w kolumnach.

Publikowanie artykułów w PTU jest bezpłatne. Koszty związane z recenzją złożonych artykułów, korektą redakcyjną, tłumaczeniem na język angielski/polski oraz wydaniem każdego numeru w formule Open Acces ponosi redakcja. Przed ostatecznym zakwalifikowaniem do druku każdy artykuł będzie poddany procedurze antyplagiatowej. Redakcja PTU zaleca, stosowanie odwołań do literatury oraz opisu bibliograficznego wg stylu (standardu) APA (American Psychological Association). Aktualnie obowiązujące jest szóste wydanie Publication Manual of the American Psychological Association (APA style 6th ed.). Źródłowe informacje dot. zasad stosowania tego stylu dostępne są w wersji oryginalnej na stronie <https://apastyle.org>. Wiele informacji nt. zasad stosowania stylu APA można znaleźć również w polskich opracowaniach, np. J.Harasimczuk, J.Cieciuch „Podstawowe standardy edytorskie naukowych tekstów psychologicznych w języku polskim, na podstawie reguł APA” ([www.pwsz.konin.edu.pl/userfiles/files/IN\\_PWSZ/Wydawnictwo/APA-PL.pdf](http://www.pwsz.konin.edu.pl/userfiles/files/IN_PWSZ/Wydawnictwo/APA-PL.pdf)).

Teksty publikowane w PTU udostępniane są na licencji „Creative Commons Uznanie autorstwa Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 3.0” (CC.BY-NC-ND 3.0). Oznacza to, że czytelnicy mogą kopiować i rozpowszechniać utwory w dowolnej formie, tworzyć na ich podstawie własne prace, z wyłączeniem wykorzystania komercyjnego, z koniecznością odpowiedniego ich oznaczenia, wskazania autorstwa i określenia zakresu zmian. Z zasadami stosowania licencji można zapoznać się na stronach internetowych <https://creativecommons.org> lub <https://creativecommons.pl>. Autorzy, którzy nie akceptują warunków licencji proszeni są o zaznaczenie tego faktu w momencie składania pracy do druku.

Redakcja zastrzega sobie prawo odrzucenia tekstów oraz dokonywania korekty. Teksty, które nie będą miały formy zgodnej z wymaganiami technicznymi, zostaną odrzucone przed recenzją.

## II. Wymagania techniczne

### 1. Struktura artykułu:

- imię i nazwisko autora/autorów, nazwa instytucji, adres e-mail, ORCID,
- tytuł i streszczenie oraz słowa kluczowe w języku polskim,
- tytuł i streszczenie oraz słowa kluczowe w języku angielskim,
- treść artykułu z zamieszczonymi w nim rysunkami, tabelami i fotografiami; zalecany jest, szczególnie w przypadku publikacji oryginalnych, układ artykułu zgodny ze strukturą IMRAD (Introduction, Methods, Results and Discussion),
- bibliografia,
- ewentualne informacje na temat finansowania pracy, na podstawie której powstał artykuł, informacje o możliwych konfliktach interesów, podziękowania i inne.

### 2. Tworzenie i formatowanie tekstu (patrz - Schemat Artykułu)

**Ustawienia strony** – rozmiar strony A4, orientacja pionowa, marginesy: lewy, prawy - 2,5 cm, górny, dolny – 2 cm, nagłówek – 1,5 cm, stopka - 1 cm.

**Autorzy** – tytuły, imiona i nazwiska, nazwy instytucji umieszcza się pod tytułem na środku tekstu.

**Streszczenie** – w języku polskim i angielskim powinno zawierać od 100 do 150 słów i prezentować w zwięzły sposób zasadniczą treść artykułu.

**Słowa kluczowe** – od 3 do 7 słów charakterystycznych dla tematu w języku polskim i angielskim.

**Tekst** – o objętości nie więcej niż 12 stron formatu A4 powinien być napisany przy użyciu czcionki Times New Roman o zmiennej wielkości podanej w schemacie artykułu, z zachowaniem interlinii o wartości 1. Tekst powinien być wyjustowany, tabulator ustawiony na wartość 0,75. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów należy numerować cyframi arabskimi, pozostałe wyszczególnienia zaznaczać punktoremami. W tekście, blisko miejsca powołania, powinny być zamieszczone ponumerowane kolejno rysunki, tabele i fotografie (rys. 1, tabela 1, fot.1). **Na rysunkach i fotografiach należy stosować wyłącznie oznaczenia cyfrowe, których znaczenie powinno być wyjaśnione w opisie pod rysunkiem/fotografią.** Podpisy pod rysunkami i fotografiami należy wyśrodkować, tytuły umieszczone nad tabelami wyrównać do lewej. Wzory matematyczne i równania powinny być opracowane za pomocą Microsoft Equation i posiadać numerację podaną w nawiasie okrągłym (1).

### Przypisy

Tworzenie odsyłaczy bibliograficznych (przypisów) wg standardu APA wiąże się z umieszczeniem przywoływanych źródeł w tekście w miejscu, w którym autor odwołuje się do innych opracowań. Do zapisu przypisów stosuje się nawiasy okrągłe, w których generalnie zamieszcza się nazwisko autora i rok publikacji (Kowalski, 2008). Pełny opis każdego przywołania powinien zostać zawarty w opisie bibliograficznym. Numery stron podaje się w przypadku dosłownego przytaczania tekstu (Kowalski, 2014, s. 161). W przypadku prac, gdzie występuje dwóch autorów podaje się oba nazwiska (Kowalski i Nowak, 2013; ang. Kowalski & Nowak, 2013). Dla trzech lub większej liczby autorów podaje się nazwisko głównego autora z dopiskiem „i in.” (Kowalski i in., 2010; ang. Kowalski et al., 2010). Jeśli przytaczana osoba jest autorem kilku prac w tym samym roku, przy dacie dodaje się kolejne, małe litery alfabetu (Kowalski, 2014a, 2014b). Należy unikać cytowania pośredniego i stosować je w przypadkach, gdy oryginalna praca nie jest dostępna (Kowalski 2014, za: Nowak 2010). Krótkie cytaty umieszcza się cudzysłowie, po którym następuje przypis lub numer strony, jeśli przypis wystąpił wcześniej [W opinii Smitha (2014) „Odkształcenie i deformacja włókien jest wynikiem absorpcji energii kinetycznej.” (s. 42)]. W pracy należy do minimum ograniczyć stosowanie przypisów dolnych. W razie potrzeby mogą one pełnić funkcję objaśniającą lub uzupełniającą do tekstu głównego. Przypisy dolne numeruje się kolejno cyframi arabskimi.

**Literatura** powinna być podawana na końcu artykułu, poza numeracją poszczególnych punktów tekstu. Przykład:

Barta, J. i Markiewicz, R. (red.). (2011). Prawo autorskie i prawa pokrewne. Komentarz.

Warszawa: Wolters Kluwer Polska.

Bojar, Z. (2008). Nowoczesne materiały konstrukcyjne i wielofunkcyjne. W: Mierczyk, Z.

(red.), Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia (s. 695-705). Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.

Magier, M. (2018). Rozwój opancerzenia czołgów w aspekcie jego odporności na penetrację amunicją kinetyczną. *Problemy Techniki Uzbrojenia*, 147(3), 75-92.

DOI:10.5604/01.3001.0012.8313.

Ministerstwo Obrony Narodowej. (2006). Norma obronna NO-04-A004-8. Obiekty wojskowe. Systemy alarmowe. Część 8: Eksploatacja. Pobrane 06.05 2017

z [https://www.bip.mon.gov.pl/f/pliki.ogloszenia/2015/11/111\\_zal.\\_9\\_norma.pdf](https://www.bip.mon.gov.pl/f/pliki.ogloszenia/2015/11/111_zal._9_norma.pdf)

Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP. (2017). Eksport uzbrojenia i sprzętu wojskowego z Polski. Raport za 2016. Warszawa: Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP.

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. (2016). Komercjalizacja B+R dla praktyków 2016.



Warszawa: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Pobrane z <https://www.ncbir.gov.pl>  
Polak, R. (2015). Modernizacja techniczna Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej.

Warszawa: Bellona.

Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668, z późn. zm.).

*Informacje na temat finansowania pracy, na podstawie której powstał artykuł, informacje o możliwych konfliktach interesów, podziękowania i inne - należy podawać kursywą na końcu tekstu pod wykazem literatury, w pozycji wyśrodkowanej.*

**Schemat artykułu****TYTUŁ ARTYKUŁU W J. POL. - TIMES NEW ROMAN 14 PTS BOLD**

odstęp 1x11 pts

dr inż. Jan KOWALSKI, e-mail, ORCID: 0000-0001-1111-2222, 11 pts

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, 11 pts

ppłk mgr inż. Tadeusz WOLSKI, ORCID: 0000-0001-2222-3333, 11 pts

Wojskowa Akademia Techniczna, 11 pts

odstęp 1x11 pts

**Streszczenie:** 100 – 150 słów; czcionka Times New Roman o wielkości 11 pts; tekst wyjustowany pisany bez wcięcia akapitowego

odstęp 1x11 pts

**Słowa kluczowe:** schemat, artykuł, język polski, minimum trzy słowa, 11 pts

odstęp 2x11 pts

**TITLE OF PAPER IN ENGLISH - TIMES NEW ROMAN 14 PTS BOLD**

odstęp 1x11 pts

**Abstract:** Abstract in English, Times New Roman type, 11 pts; equalised, without new paragraph

odstęp 1x11 pts

**Keywords:** pattern, paper, english language, three words minimum, 11 pts

odstęp 2x 11 pts

**1. Wstęp: 14 pts (Bold)**

odstęp 1x12 pts

Tekst artykułu piszemy czcionką Times New Roman o zmiennej wielkości.

odstęp 1x12 pts

**1.1 Zasady są następujące:**

odstęp 1x12 pts

**TYTUŁ ARTYKUŁU: 14 pts (Bold)****Streszczenie, Abstract: 11 pts (Bold) ; treść streszczenia 11 pts normalny****Słowa kluczowe: 11 pts****Tytuły rozdziałów: 14 pts (Bold)****Tytuły podrozdziałów: 12 pts (Bold)****Treść artykułu: 12 pts****Podpisy pod fotografiami, wykresami 11 pts (Bold) wyśrodkowane**

odstęp 1x12 pts

**2. Marginesy**

odstęp 1x12 pts

Lewy, prawy - 2,5 cm, góra – 2 cm, dół – 2 cm, nagłówek – 1,5 cm, stopka - 1 cm

odstęp 1x12 pts

**3. Tekst**

odstęp 1x12 pts

Tekst wyjustowany; odstęp między wierszami pojedynczy, tabulatory 0,75. Wzory matematyczne i równania opracowane za pomocą Microsoft Equation.

**Literatura 14 pts (Bold)**

odstęp 1x12 pts

W spisie pozycji bibliograficznych ujmuje się jedynie te pozycje, które zostały przywołane lub cytowane w treści artykułu. Wykaz publikacji układa się alfabetycznie, według nazwisk autorów lub tytułu publikacji (gdy nie ma podanego autora) bez numerowania poszczególnych pozycji. Prace tego samego autora podaje się według roku wydania – od najstarszych do najnowszych. W opracowaniach zbiorowych pod redakcją, jako autora podaje się nazwisko redaktora, uzupełnione dopiskiem (red.). Kursywą zaznacza się tytuł pracy lub tytuł czasopiśma, w którym zamieszczono artykuł. Opisy artykułów z czasopism powinny zawierać rok wydania, numer zeszytu (tomu) oraz przedział stron, na jakich artykuł został opublikowany. Każda pozycja, jeśli posiada, powinna zawierać numer DOI (Digital Object Identifier) podawany na końcu opisu. Akty prawne przywołuje się w pełnym brzmieniu wraz publikatorem i danymi identyfikacyjnymi. Ten sam sposób opisu stosuje się przypadku norm i standardów. Dokumenty i materiały wykorzystane ze stron internetowych opisujemy nazwiskiem autora lub instytucją, rokiem wydania, tytułem dokumentu i adresem strony internetowej. W razie braku roku publikacji podaje się datę pobrania dokumentu lub informacji „Pobrane 14.11.2017 z <http://mnisw.gov.pl> („Retrieved November 14, 2011 from <http://mnisw.gov.pl>”). Każdą pozycję bibliografii umieszcza się od nowej linii, z wyrównaniem do lewego marginesu. Kolejne wiersze tej samej pozycji zapisuje się w 0,5 cm wcięciem. Bibliografię sporządza się tylko w podstawowej wersji językowej artykułu (bez tłumaczenia i adaptacji do wymogów redakcyjnych drugiego języka).

#### **Przykładowy opis bibliograficzny**

- Barta, J. i Markiewicz, R. (red.). (2011). Prawo autorskie i prawa pokrewne. Komentarz. Warszawa: Wolters Kluwer Polska.
- Bojar, Z. (2008). Nowoczesne materiały konstrukcyjne i wielofunkcyjne. W: Mierczyk, Z. (red.), Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia (s.695-705). Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- Magier, M. (2018). Rozwój opancerzenia czołgów w aspekcie jego odporności na penetrację amunicją kinetyczną. *Problemy Techniki Uzbrojenia*, 147(3), s.75-92.  
Doi:10.5604/01.3001.0012.8313
- Ministerstwo Obrony Narodowej. (2006). Norma obronna NO-04-A004-8. Obiekty wojskowe. Systemy alarmowe. Część 8: Eksploatacja. Pobrane 6 maja 2017 z [https://www.bip.mon.gov.pl/f/pliki.ogloszenia/2015/11/111\\_zal.\\_9\\_norma.pdf](https://www.bip.mon.gov.pl/f/pliki.ogloszenia/2015/11/111_zal._9_norma.pdf)
- Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP. (2017). Eksport uzbrojenia i sprzętu wojskowego z Polski. Raport za 2016. Warszawa: Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP.
- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. (2016). Komercjalizacja B+R dla praktyków 2016. Warszawa: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Pobrane z <https://www.ncbir.gov.pl>
- Polak, R. (2015). Modernizacja techniczna Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. Warszawa: Bellona.
- Polski Komitet Normalizacyjny. (2006). Polska Norma PN-ISO 5843-6:2005. Lotnictwo i kosmonautyka. Wykaz terminów równoznacznych. Cz. 6: Atmosfera standardowa. STANAG-4487 ED.1. (2002). Explosives. Friction sensitive tests.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668, z późn. zm.)

odstęp 1x12 pts

*Ewentualne informacje na temat finansowania pracy, na podstawie której powstał artykuł, informacje o możliwych konfliktach interesów, podziękowania i inne.*

**DEKLARACJA GŁÓWNEGO AUTORA**

zgłaszającego do publikacji w biuletynie Problemy Techniki Uzbrojenia pracę pt.:

.....  
 .....

1. Imię i nazwisko głównego autora .....

Dane kontaktowe (nr telefonu, adres e-mail) .....

2. Oświadczam, że zgłoszona przeze mnie do publikacji w biuletynie *Problemy Techniki Uzbrojenia* praca nie była wcześniej nigdzie publikowana.

Praca ta była / nie była\* prezentowana na forum publicznym (konferencji itp.).

Nazwa przedsięwzięcia .....

Miejsce ..... Data .....

3. Oświadczam, że współautorzy pracy wnieśli w jej powstanie następujący wkład merytoryczny:

a/ Imię i nazwisko współautora, instytucja .....

.....

Wkład merytoryczny w zakresie (np. autor koncepcji, założeń, metod, badania, opracowanie wyników itp.).....

.....

co stanowi ..... % wkładu pracy w powstanie publikacji.

b/ Imię i nazwisko współautora, instytucja .....

.....

Wkład merytoryczny w zakresie (np. autor koncepcji, założeń, metod, badania, opracowanie wyników itp.) .....

.....

co stanowi ..... % wkładu pracy w powstanie publikacji.

4. Oświadczam, że nie występuje konflikt interesów / Oświadczam, że występuje konflikt interesów\*, polegający na: .....

.....

Konflikt interesów występuje w sytuacji, gdy przynajmniej jeden z autorów artykułu ma powiązania, np. finansowe, z instytucjami (poprzez inwestycje, zatrudnienie, doradztwo, honoraria itp.), które mogą mieć wpływ na jego niezależność i obiektywizm. W przypadku opracowań zawierających ocenę produktów częściowo lub całkowicie sponsorowanych przez firmy komercyjne autorzy są zobowiązani ujawnić ten fakt w niniejszej deklaracji.

.....  
 data, podpis głównego autora

Uwagi:

1/ \* Niepotrzebne skreślić

2/ Dodać następne podpunkty w przypadku większej liczby współautorów

Nazwisko, imię.....

Adres zamieszkania .....

### Oświadczenie

Jako Autor artykułu pt. ....  
do publikacji w biuletynie *Problemy Techniki Uzbrojenia*, o deklarowanym w *Deklaracji* wkładzie w jego powstanie, oświadczam, że:

1. Przysługuje mi do dzieła wyłączne i nieograniczone prawo autorskie (osobiste i majątkowe).
2. Dzieło nie jest obciążone żadnymi roszczeniami i innymi prawami osób trzecich.
3. Dzieło wykonałem osobiście.
4. Przenoszę na Wydawcę, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, całość praw majątkowych do dzieła, w tym prawo do korzystania i rozporządzenia utworem w całości lub we fragmentach, jako utworem odrębnym lub wspólnie z innymi utworami innych twórców, na cały okres ochrony autorskich praw majątkowych do utworu w kraju i za granicą, na następujących polach eksploatacji:
  - a) utrwalania utworu w pamięci komputerów, w tym spełniających funkcje serwerów;
  - b) zwielokrotnienia utworu bez żadnych ograniczeń ilościowych, techniką drukarską, w pamięci komputera, jak i w sieciach multimedialnych, w tym typu Internet i Intranet, w szczególności on-line, a także poprzez wydruk komputerowy, na każdym znanym w dacie podpisania niniejszego oświadczenia nośniku;
  - c) rozpowszechniania utworu bez żadnych ograniczeń ilościowych, odrębnie lub w ramach utworów zbiorowych, w szczególności poprzez wprowadzenie do obrotu oryginału lub egzemplarzy, na których utwór lub jego fragmenty utrwalono (w szczególności utrwalonych technikami, o których mowa w pkt. a) w tym w postaci wydawnictw książkowych (drukowanych), drukiem, na każdym znanym w dacie podpisania niniejszego oświadczenia nośniku;
  - d) udostępnianie, w tym także przesyłanie za pośrednictwem sieci multimedialnych, w szczególności Internetu i Intranetu, on-line, w ramach komunikacji na życzenie, w tym również publicznie udostępnianie w taki sposób, aby każdy mógł mieć do utworu czy jego fragmentu dostęp w miejscu i w czasie przez siebie wybranym.
5. Na podstawie art. 21 ust. 2<sup>1</sup> ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych zrzekam się pośrednictwa organizacji zbiorowego zarządzania prawami autorskimi w zakresie korzystania z utworu polegającego na publicznym udostępnianiu utworu w taki sposób, aby każdy mógł mieć do niego dostęp w miejscu i czasie przez siebie wybranym.
6. Przeniesienie przez Autora na Wydawcę autorskich praw majątkowych następuje nieodpłatnie. Autorowi nie przysługuje wynagrodzenie za korzystanie przez Wydawcę z utworu na polach eksploatacji, o których mowa w punkcie 4.
7. Akceptuję warunki licencji Creative Commons 3.0 (CC BY-NC-ND3.0.)
8. Stosownie do zapisów Ustawy o ochronie danych osobowych z dnia 10 maja 2018 r. o ochronie danych osobowych (Dz.U. z 24 maja 2018 r. poz. 1000) oraz art. 13 ust. 1 i ust. 2 Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (Dz. Urz. UE L 119, s. 1)) - dalej RODO, Wydawca informuje, że:

Administratorem Pani/Pana danych osobowych jest Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia (WITU) z siedzibą w Zielonce, ul. Prymasa Stefana Wyszyńskiego 7, KRS 0000159112, NIP 125-000-02-08, REGON: 010153990, adres e-mail: witu@witu.mil.pl, tel. 22-7614425 - reprezentowany przez Dyrektora WITU.

Administrator danych osobowych wyznaczył inspektora ochrony danych, z którym we wszystkich sprawach dotyczących przetwarzania Pana/Pani danych osobowych oraz z korzystaniem przez Panią/Pana z praw związanych z przetwarzaniem danych można się kontaktować:

- pod adresem e-mail: iod@witu.mil.pl,
- pisemnie, przesyłając korespondencję na adres: Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, 05-220 Zielonka, ul. Prymasa Stefana Wyszyńskiego 7 z dopiskiem IOD.

Przetwarzanie Pani/Pana danych osobowych będzie się odbywać na podstawie art. 6 ust. 1 lit. a) do celów publikacji dzieła naukowego.

Podanie danych osobowych jest dobrowolne, ale niezbędne dla publikacji dzieła naukowego.

Przysługuje Pani/Panu prawo do:

- dostępu do treści swoich danych osobowych, ich sprostowania (poprawiania, uzupełniania), ograniczenia ich przetwarzania, usunięcia, cofnięcia zgody na ich przetwarzanie w dowolnym momencie, bez wpływu na zgodność z prawem przetwarzania, którego dokonano na podstawie zgody przed cofnięciem,
- przenoszenia danych, które Pani/Pana dotyczą, otrzymania ich w formacie nadającym się do odczytu maszynowego lub żądania od administratora przesłania ich bezpośrednio do innego administratora jeśli jest to technicznie możliwe,
- wniesienia sprzeciwu wobec przetwarzania Pani/Pana danych osobowych,
- wniesienia skargi do organu nadzorczego zajmującego się ochroną danych osobowych w przypadku uznania, że przetwarzanie Pani/Pana danych osobowych narusza RODO.

Pani/Pana dane osobowe nie będą wykorzystywane do zautomatyzowanego podejmowania decyzji lub profilowania.

.....  
Imię i nazwisko, data i podpis

**Scientific bulletin ISSUES OF ARMAMENT TECHNOLOGY – ISSN No 1230-3001** has been published by the Military Institute of Armament Technology since 1960.: The IAT bulletin is a forum for presentation of original results of scientific research and development work on armament technology:

- In domain of engineering sciences and for such disciplines as: automatics, electronics and electro-technique, information technology and telecommunication, chemical technology, land engineering and transport, material engineering, energy and mining industries, and engineering of mechanics and environment,
- In domain of social sciences (sciences of defence and security),
- In domain of natural and exact sciences (in disciplines of IT, physical and chemical sciences).

Moreover, the IAT can present the results of own researches on larger aspects of the armament (R+D, designing, manufacture, acquisition, use, trade, transport, withdrawal from the use) and considering the questions of technical, organisational, quality, economical, legal, political and logistic character falling into the category of social or arts sciences (e.g. economy and finances, sciences on politics and administration, sciences of management and quality, legal sciences, history).

Subjects of the bulletin cover all questions of armament included in “Joint List of Armament Systems of the European Union” accepted by the Council on 26 February, 2018. (Equipment included in the joint standpoint of the Council 2008/944/WPZiB specifying the joint rules of control for exporting military technologies and equipment) – Law Monitor C 98/1, and particularly:

- Gunnery,
- Small arms,
- Missiles and rockets,
- Reconnaissance, command and combat management systems,
- Combat assets,
- Training-practicing systems.

The reference version of bulletin Issues of Armament Technology is its printed version published 4 times per year.

The scientific bulletin ‘Issues of Armament Technology’ is indexed in the data base ‘The Polish Technical Magazines’ BazTech (<http://baztech.icm.edu.pl>) and Index Copernicus Journal Master List.

Published text is available at the internet site:  
[www.witu.mil.pl](http://www.witu.mil.pl) oraz <https://ptu-biuletyn.pl>

### **Paper reviewing procedure**

Authors agree the papers sent to be published in bulletin Issues of Armament Technology become subject of reviewing procedure. In the first step the papers are evaluated by the editorial team and then by at least two reviewers. The reviewers are selected by the editorial team secretary after consultancies with the subject editors. Selection of reviewers is in line with the rule that they have to be independent and objective specialists possessing comprehensive knowledge on the paper’s subject. The papers are reviewed by keeping the mutual anonymity of authors and reviewers. A preferred way of review is included in a review form that is supplied by the reviewer to editors. The reviewers are bound not to use the knowledge about the reviewed paper before its publishing.

The main author is informed about the results of the review without the reviewer's personal information. The papers with positive reviews are designated for publishing. In the case there are comments of reviewers resulting in a necessity of changes the correspondence with the author is secured by editors. It is possible to prepare a new review if introduced changes are extensive or to call a new reviewer. The final qualification for publishing is made by the editor-in-chief.

The editor-in-chief may refuse the publishing of a paper if:

- The paper obtained negative reviews,
- The author refuses to make amendments proposed by a reviewer or the editor,
- The paper's subject is not in line with bulletin Issues of Armament Technology,
- The text submitted to editors does not meet technical requirements for the paper included in guidelines for the authors,
- The paper has been already published,
- Text of the paper contravenes the binding legal regulations (protection of classified information, authorship rights, etc.).

### **Guidelines for Authors Submitting the Papers to be Published in the Bulletin *Issues of Armament Technology***

#### **I. General information**

We accept original papers prepared in Polish or English language in the printed form (A4) and in electronic version on MS Word in formats doc or docx that have not been published yet.

To the materials shall be attached the **Declaration** of the main author (Annex No 1) with the information about former presentation of materials included in the paper and the contribution of particular authors into the preparation of the publication, and the **Statement** (Annex No 2) about transferring the property authorship rights for the publication in favour of the Publisher i.e. the Military Institute of Armament Technology.

*The aim of submitted declaration is to counter the 'ghost writing' and 'guest authorship'. The 'ghost writing' case is when a person has an essential contribution into a paper but is not included in the list of authors or in the paper's acknowledgements. The 'guest authorship' or 'honorary authorship' is when notwithstanding artificial or minimal contribution the author is included on the list of paper's authors. These two cases are unacceptable in the practice of scientific society and all cases shall be mercilessly revealed and the relevant employers of such authors shall be informed.*

The paper (A4 one side printed page + electronic record) has to be sent to editor's address:

Editor of „Issues of Armament Technology”  
Military Institute of Armament Technology  
7 Wyszyński St., 05-220 Zielonka, Poland

It is possible to send electronic version by email to: [oniw@witu.mil.pl](mailto:oniw@witu.mil.pl) or [pawlowskiw@witu.mil.pl](mailto:pawlowskiw@witu.mil.pl).

Each paper of the IAT (Issues of Armament Technology) is edited in two languages – Polish and English (in two parallel columns on every page) to promote Authors' scientific results on the international arena. The authors have to decide what is the basic linguistic version of the paper. The language in which the manuscript was submitted to editors is assumed to be the basic linguistic version (provided that Authors notify otherwise). It is recommended



for Authors to send two linguistic versions for securing possibly high and faithful level of translation, especially in the papers with a narrowly specialised terminology. The selected, basic linguistic version is indicated by the sequence and arrangement of text in the columns.

Publication of papers in the IAT is free of charges. Costs of reviewing, editorial corrections, translation into the English/Polish language and edition of each volume within the formula of Open Access are born by the editor. Each paper will be subjected to antiplagiarism procedure before final qualification for edition. Editor of the IAT recommends to follow the style (standard) of APA (American Psychological Association).

Currently the 6th edition of Publication Manual of the American Psychological Association (APA style 6th ed.) is binding. The source information on the principles of this style application are available in original version at <https://apastyle.org>. There is also a lot of information on application of APA style principles available in Polish publications, such as J. Harasimeczuk, J. Ciecuch „Podstawowe standardy edytorskie naukowych tekstów psychologicznych w języku polskim, na podstawie reguł APA” / “Basic Editorial Standards for Scientific Psychological Texts in Polish Language, Based on APA Principles” ([www.pwsz.konin.edu.pl/userfiles/files/IN\\_PWSZ/Wydawnictwo/APA-PL.pdf](http://www.pwsz.konin.edu.pl/userfiles/files/IN_PWSZ/Wydawnictwo/APA-PL.pdf)).

Texts published in the IAT are available under the licence „Creative Commons, Acknowledgment of the authorship, non-commercial use – not dependant works, 3.0” (CC.BY-NC-ND 3.0). It means that the readers may copy and release the works in different forms, create own works on their base, excluding the commercial use, providing that the works are relevantly marked, and the authorship is indicated, and the scope of changes is determined. The principles of the licence use are available on internet pages <https://creativecommons.org> or <https://creativecommons.pl>. The authors who do not accept the licence conditions are asked to notify about this at the moment of submitting the paper for publication.

The editor reserves the right for correcting texts and rejecting some papers. Any text that is not in compliance with technical requirement will be rejected before the reviewing.

## II. Technical requirements

### 1. Structure of the paper:

- First and second name of the author/authors, name of institution, e-mail, ORCID,
- Title and abstract and key words in Polish language,
- Title and abstract and key words in English language,
- Text of the paper with included figures, tables and photographs, it is recommended, especially in the case of original publications, to arrange the paper in accordance with IMRAD structure (Introduction, Methods, Results and Discussion),
- Bibliography,
- any possible information on work financing due to which the paper was prepared, information on possible conflicts of interests, acknowledgments and other matters.

### 2. Text formatting information (see – The scheme of the paper)

**Page settings** – size of the page A4, vertical orientation, margins: left, right – 2.5 cm, top, bottom – 2.0 cm, heading – 1.5 cm, foot – 1.0 cm.

**Authors** – titles, first and second names, names of institution have to be placed under the title in the centre of text.

**Abstract** – in Polish and English and volume of words between 100 to 150 representing the essence of the paper.

**Keywords** – 3 to 7 words describing the subject in Polish and English

**Text** – the text maximum volume is 12 pages of A4 size and it has to be prepared by Times New Roman characters with a size changing according to the guidelines of the paper's scheme and space between lines equal to 1. Text has to be adjusted with the tabulator setting 0.75. Titles of chapters and sub-chapters have to be numbered by using Arabic digits and other listings have to use pointing marks. The figures, tables and pictures have to be numbered in succession (Figure 1, Table 1, Picture 1) and placed in the part of a text to what they refer to. **The figures and photographs have to include only markings made by digital symbols and their meanings have to be explained on the captions of the figures or photographs.** Captions under the figures and pictures have to be centred and titles placed on the top of tables have to be adjusted to the left. Maths formula and equations have to be edited in Microsoft Equation with the numeration in round brackets (1).

### Quotations

Creation of bibliographic references (quotations) in APA standard is connected with including the quoted sources in the paper's wording, in the place where the author refers to other works. The quotations have to be put in round brackets comprising in general the author's name and year of publication (Kowalski, 2008). A complete description of each citation has to be put in the bibliographic list. Numbers of pages have to be provided when the text is literally cited (Kowalski, 2014, p. 161). In the case if there are two authors the both names have to be given (Kowalski & Nowak, 2013). For three and greater number of authors the name of main author is given with addition "et al." (Kowalski et al., 2010). If a cited person is an author of a few works in the same year then the date has to be followed by subsequent small letters of alphabet (Kowalski, 2014a, 2014b). Indirect citations have to be avoided and used only in these cases when the original work is not available (Kowalski 2014, in: Nowak 2010). Short citations have to be put into quotation marks to be followed by the reference, or number of page if the reference was given earlier [According to Smith (2014) „The strain and deformation of fibres is an effect of kinetic energy absorption.” (p. 42)]. Footnotes have to be maximally reduced in papers. If necessary they may play explanatory or complementary functions in relation to the main text. The footnotes have to be numbered by subsequent Arabic numbers.

**The bibliography** has to be given at the end of the paper and independently of the numbering of paper's particular chapters. Example:

- Barta, J. i Markiewicz, R. (red.). (2011). Prawo autorskie i prawa pokrewne. Komentarz. Warszawa: Wolters Kluwer Polska.
- Bojar, Z. (2008). Nowoczesne materiały konstrukcyjne i wielofunkcyjne. W: Mierczyk, Z. (red.), Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia (s.695-705). Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- Magier, M. (2018). Rozwój opancerzenia czołgów w aspekcie jego odporności na penetrację amunicją kinetyczną. *Problemy Techniki Uzbrojenia*, 147(3), 75-92.  
Doi:10.5604/01.3001.0012.8313
- Ministerstwo Obrony Narodowej. (2006). Norma obronna NO-04-A004-8. Obiekty wojskowe. Systemy alarmowe. Część 8: Eksploatacja. Pobrane 06.05 2017  
z [https://www.bip.mon.gov.pl/f/pliki.ogloszenia/2015/11/111\\_zal.\\_9\\_norma.pdf](https://www.bip.mon.gov.pl/f/pliki.ogloszenia/2015/11/111_zal._9_norma.pdf)
- Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP. (2017). Eksport uzbrojenia i sprzętu wojskowego z Polski. Raport za 2016. Warszawa: Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP.
- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. (2016). Komercjalizacja B+R dla praktyków 2016. Warszawa: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Pobrane z <https://www.ncbir.gov.pl>
- Polak, R. (2015). Modernizacja techniczna Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. Warszawa: Bellona.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Dz. U. 2018, poz. 1668, z późn. zm.

*Information on a work financing, due to which the paper was prepared, information on possible conflicts of interests, acknowledgments and other matters has to be given in italics at the end of the paper under the list of literature in the centred position.*

## SCHEME OF THE PAPER

Jan KOWALSKI, D. Sc. e-mail ORCID: 0000-0001-1111-2222, 11 pts  
 Lt. Col. Tadeusz WOLSKI, M. Sc. ORCID: 0000-0001-2222-3333, 11 pts  
 \* Military University of Technology, 11 pts  
 Space 3x 10 pts

### TITLE OF PAPER IN POLISH - TIMES NEW ROMAN 14 PTS BOLD

Space 1x 11 pts

**Abstract:** 100 –150 words; characters Times New Roman with the size 11 pts; text adjusted without shifts.

Space 1x 11 pts

Keywords: scheme, paper, Polish language, minimum three words 11 pts

Space 2x 11 pts

### TITLE OF PAPER IN ENGLISH - TIMES NEW ROMAN 14 PTS BOLD

Space 1x 11 pts

**Abstract:** Abstract in English, Times New Roman type, 11 pts, equalised, without new paragraph

Space 1x 11 pts

Keywords: pattern, paper, English language, three words minimum, 11 pts

Space 2x 11 pts

#### 1. Introduction

Space 1x11 pts

Text of the paper has to be put in Times New Roman with the size according to below guidelines.

Space 1x12 pts

##### 1.1. The guidelines:

Space 1x12 pts

Author and institution: 11 pts

**TITLES OF THE PAPER: 14 pts (Bold)**

**Abstract: 11 pts (Bold),** text of the abstract 11 pts  
 normal

Keywords: 11 pts

**Titles of chapters: 14 pts (Bold)**

**Titles of subchapters: 12 pts (Bold)**

Text of paper: 12 pts

**Captions under pictures and graphs 11 pts (Bold) centred**

Space 1x12 pts

#### 2. Margins

Space 1x12 pts

Left, right - 2,5 cm, top – 2 cm, bottom – 2 cm, heading – 1,5 cm, foot - 1 cm

Space 1x12 pts

#### 3. Text

Space 1x12 pts

Text adjusted, single interline, tabulator 0.75. Math formula and equations prepared in Microsoft Equation.

#### Literature 14 pts (Bold)

Spacing odstęp 1x12 pts

The list of bibliographic references contains only the works which were quoted or cited in the paper. The list of publications has to be made in an alphabetical order, according to the names of authors or publication's title (when the author is missing), without numbering of particular items. The works of the same author have to be set along the years of publication – from the oldest to the newest. For collective elaborations prepared under the redaction of a redactor his name is given as the author and completed by (red.). The title of the work or the magazine in which an article is edited are put in italics. Descriptions of papers from the magazines have to contain the year of edition, number of edition (volume) and numbers of pages in which the article is printed. Digital Object Identifier (DOI), if it is present, has to be attached at the end of each item description. Legal regulations have to be quoted in complete wording together with the editor and the identification data. The same way of description has to be applied for the norms and standards. Documents and material quoted from the internet pages have to be described by the author's name, or by the institution, year of edition, title of the document and address of the internet page. In the case when the year of publication is missing, the date of acquisition of the document or publication has to be given - „Taken 14.11.2017 from <http://mnisw.gov.pl> („Retrieved November 14, 2011 from <http://mnisw.gov.pl>”). Each item of the bibliography has to begin at a new line from the left margin. Next lines of the same item has to be put with 0.5 cm shift. The bibliography has to be prepared only in the basic linguistic version of the article (without translation and adaptation for editorial conditions of the second language).

### **Exemplary bibliographic description**

- Barta, J. i Markiewicz, R. (red.). (2011). Prawo autorskie i prawa pokrewne. Komentarz. Warszawa: Wolters Kluwer Polska.
- Bojar, Z. (2008). Nowoczesne materiały konstrukcyjne i wielofunkcyjne. W: Mierczyk, Z. (red.), Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia (s.695-705). Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- Magier, M. (2018). Rozwój opancerzenia czołgów w aspekcie jego odporności na penetrację amunicją kinetyczną. *Problemy Techniki Uzbrojenia*, 147(3), 75-92.  
Doi:10.5604/01.3001.0012.8313
- Ministerstwo Obrony Narodowej. (2006). Norma obronna NO-04-A004-8. Obiekty wojskowe. Systemy alarmowe. Część 8: Eksploatacja. Pobrane 6 maja 2017 z [https://www.bip.mon.gov.pl/f/pliki.ogloszenia/2015/11/111\\_zal.\\_9\\_norma.pdf](https://www.bip.mon.gov.pl/f/pliki.ogloszenia/2015/11/111_zal._9_norma.pdf)
- Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP. (2017). Eksport uzbrojenia i sprzętu wojskowego z Polski. Raport za 2016. Warszawa: Ministerstwo Spraw Zagranicznych RP.
- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. (2016). Komercjalizacja B+R dla praktyków 2016. Warszawa: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Pobrane z <https://www.ncbir.gov.pl>
- Polak, R. (2015). Modernizacja techniczna Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. Warszawa: Bellona.
- Polski Komitet Normalizacyjny. (2006). Polska Norma PN-ISO 5843-6:2005. Lotnictwo i kosmonautyka. Wykaz terminów równoznacznych. Cz. 6: Atmosfera standardowa.
- STANAG-4487 ED.1. (2002). Explosives. Friction sensitive tests.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Dz.U. 2018, poz. 1668, z późn. zm.

*Information on a work financing, due to which the paper was prepared, information on possible conflicts of interests, acknowledgments and other matters has to be given in italics at the end of the paper under the list of literature in the centred position.*

**DECLARATION OF THE MAIN AUTHOR**

Presenting for publishing in the bulletin ‘Issues of Armament Technology’ a paper entitled:

.....  
.....

1. Name of the main author .....  
Contact information (phone no., e-mail adress).....

2. I declare that the paper I have presented for the publication in the bulletin ‘Issues of Ar-  
mament Technology’ has never been published in any magazine.  
The paper was / was not\* presented at the public forum (conference, etc.).  
Name of the event .....  
Place ..... Date .....

3. I declare that the following co-authors have contributed some parts of work into prepara-  
tion of the paper:

a/ Name of co-author, institution .....  
.....  
Parts of contributed work (e.g. author of a concept, specifications, method, tests, analysis of  
results, etc.)  
.....  
What amounts ..... % of the contribution into the paper.

b/ Name of co-author, institution .....  
.....  
Parts of contributed work (e.g. author of a concept, specifications, method, tests, analysis of  
results, etc.)  
.....  
What amounts ..... % of the contribution into the paper.

4. I hereby confirm the lack of conflict of interest / I report possible conflict of interest con-  
sisting in\*:

.....  
.....

Conflict of interest may arise when at least one of co-authors has a liaison (e.g. financial) with  
institution(s) (by investment, employment, counseling, etc.) which may affect his/her inde-  
pendence and objectivism of judgment. In the case of papers evaluating products partly or  
entirely sponsored by commercial companies, the authors are obliged to disclose this fact in  
this Declaration

.....  
Date, Main author’s signature

Notes:

1/ \* Delete unnecessary

2/ Add next sub-points at greater number of co-authors.

### Statement

As the author of the paper titled: .....

.....  
.....  
to be published in the bulletin “*Issues of Armament Technology*” and with percentage contribution in its preparation that is indicated in the *Declaration*, I hereby state that:

1. I have the exclusive and unlimited authorship (ownership and property) rights to the work
2. The work is not charged by any claims and other rights of any third parties
3. The work has been performed personally by myself
4. I transfer into the Publisher, the Military Institute of Armament Technology, complete property rights to the work, including the right for using and disposing the work in the whole or partly, and as a separate work or together with other works of other authors, within the whole protection period for authorship property rights of the work in the country and abroad and on the following areas of use:
  - a) Recording the work on the memory of computers, including these with functions of servers
  - b) Copying the work without any quantity limits, by printing technique, in computer memory, and in multimedia networks, including Internet and Intranet, and especially on-line, and also by computer printing on every type of the information carrier that is known on the date of signing this statement
  - c) Publishing the work without any quantity limits, separately or in the frame of collective works, and especially through putting into the trade the original, or copies on which the work or its parts were recorded (especially recorded by techniques mentioned in clause a), including the forms of books (printed), printed works, on every type of the information carrier that is known on the date of signing this statement
  - d) Disclosing, including transfer by multi-media nets, especially Internet and Intranet and on-line, in the frame of desired communication including the public disclosure in such a way that everyone could have an access to the work or its part in any place and time anyone has decided.
5. Basing on article 21 pos. 2<sup>1</sup> of the law about the authorship and related rights I resign from the agency to organise the collective governing on authorship rights for using the work publicly in such a way that everyone could have an access to the work or its part in any place and time anyone has decided.
6. The transfer of property authorship rights from the Author to the Buyer is made in free of charge way. The author has no rights for any remuneration for using the work by the Buyer on the areas mentioned in clause 4.
7. I hereby accept the conditions of the licence Creative Commons 3.0 (CC. BY-NC- ND.3.0).
8. According with the Law on personal data protection form 10 May, 2018 (Law Monitor from 24 May, 2018 pos. 1000) and art. 13 clause 1 and clause 2 of Disposition of the European Parliament and Council (UE) 2016/679 from 27 April, 2016 on protection of real persons regarding the processing of personal data and the question of free transfer of such data, and cancellation of directive 95/46/WE (EU Official Monitor L 119, p. 1)) - later RODO, the Publisher informs that:

The administrator of your personal data is the Military Institute of Armament Technology (MIAT) having its premisses in Zielonka, 7 Prymasa Stefana Wyszyńskiego St., Country Court Register 0000159112, NIP 125-000-02-08, REGON: 010153990, e-mail: witu@witu.mil.pl,  
tel. 22-7614425 – represented by Director of MIAT.

Administrator of personal data appointed the inspector of data protection with whom you can contact in all questions relating to processing your personal data and the execution of your rights connected with processing your personal data under the address:

- e-mail: iod@witu.mil.pl,
- in writing by posting at: Military Institute of Armament Technology, 05-220 Zielonka, 7 Prymasa Stefana Wyszyńskiego St., with note IOD.

Your personal data will be processed according with art. 6 pos. 1, let. a) with the purpose connected with publication of the scientific work.

You have the right to:

- get access to your personal data records, to clarify it (amend, complete), to limit its processing, to remove it, to withdraw the acceptance for its processing at any time regardless on the compliance with the law of the processing which was executed before the withdrawal on the base of the acceptance,
- transfer data relating to you, to receive it in the form suitable for machine reading out, or to demand from the administrator to send it to another administrator if it is technically possible,
- notify about your refusal for processing your personal data,
- submit a complain to the supervising body dealing with protection of personal data in the case when you decide that the processing of your personal data is not in line with RODO.

Your personal data will not be used for automatised decision making, or profiling.

Date, signature

.....