

# Multimedialna wizualizacja zagrożeń mechanicznych związanych z użytkowaniem maszyn w przemyśle metalowym



Fot. Sergej Khackmullin/Bigstockphoto

W artykule przedstawiono multimedialne wizualizacje zagrożeń mechanicznych, w których zainscenizowano zdarzenia wypadkowe związane z występowaniem zagrożeń mechanicznych podczas użytkowania wybranych maszyn w warsztacie mechanicznym. Gotowe wizualizacje mogą być wykorzystywane jako narzędzia uzupełniające materiały szkoleniowe z dziedziny bhp w szkoleniu operatorów maszyn, służb bhp oraz pracodawców.

## Multimedia visualization of mechanical hazards connected with using machinery in the metal industry

This article presents multimedia visualizations of accidents, where occurrences connected with mechanical threats related to individual machines in a mechanical workshop are staged. Ready visualizations may be used as tools enriching training materials on occupation safety and health, and may be used in training machine operators, OSH services and employers.

## Wstęp

Ponad 80% wypadków przy produkcji metali i wyrobów z metali jest – w większym lub mniejszym stopniu – związanych z użytkowaniem maszyn. Różnorodność ich przeznaczenia (np. do toczenia, wiercenia, frezowania czy cięcia), implikuje występowanie szerokiej gamy zagrożeń mechanicznych, na jakie są narażeni ich operatorzy. Zagrożenia te wynikają głównie z bezpośredniego kontaktu rąk operatora z ostrymi, ruchomymi elementami zarówno narzędzia, jak i obrabianego materiału i skutkują urazami powstającymi w związku

z pochwytniem, wciągnięciem, uderzeniem, zgnieciem, zmiążdżeniem, przebicciem czy odcięciem. O wadze tego problemu może świadczyć duża liczba rejestrowanych wypadków przy pracy (ok. 5,5 tys. wypadków w 2008 r.) przy produkcji metali i wyrobów metalowych, z czego aż 19,5% było związanymi bezpośrednio z użytkowaniem maszyn do obróbki metali. Jak wynika z danych statystycznych GUS (rys. 1.), najczęściej (54,4%) dochodziło do wypadków podczas prac wykonywanych przez operatorów o małym doświadczeniu, pracujących rok lub nie dłużej niż rok na danym stanowisku pracy.

Istotne znaczenie mają zatem wszelkie działania prewencyjne oraz zwiększanie wiedzy operatorów w zakresie okoliczności powstawania wypadków podczas przyuczania do zawodu lub szkoleń bhp. W związku z tym, treść szkolenia powinna nadążać za rozwijającą się technologią. Materiały szkoleniowe, uzupełnione o multimedialne wizualizacje zdarzeń wypadkowych związanych z zagrożeniami mechanicznymi występującymi przy użytkowaniu maszyn, to doskonały przykład takiego działania.

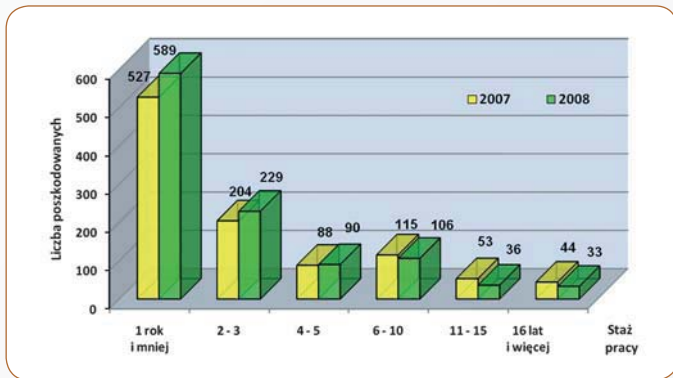
W niniejszym artykule przedstawiono schemat postępowania w celu stworzenia wizualizacji wraz z przykładami, w których zainscenizowano zagrożenia mechaniczne, występujące podczas użytkowania wybranych maszyn.

## Schemat postępowania przy tworzeniu wizualizacji

Podstawą do opracowania schematu postępowania przy tworzeniu multimedialnych wizualizacji zagrożeń mechanicznych, jako narzędzi uzupełniających i zwiększających atrakcyjność materiałów szkoleniowych z zakresu bhp, powinna być szczegółowa analiza wypadków, które zaistniały przy użytkowaniu wybranych maszyn. Schemat ten powinien obejmować kroki przedstawione na rys. 2.

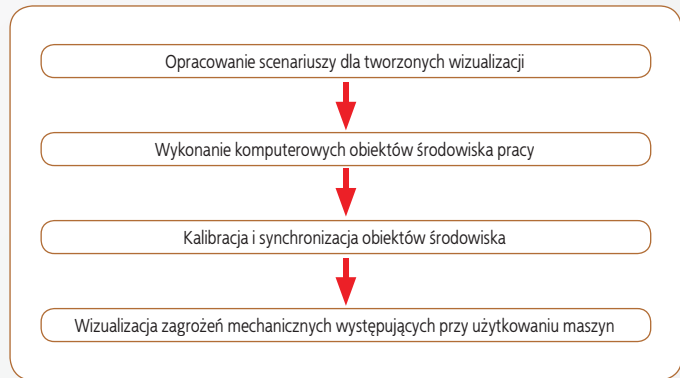
Na podstawie zebranych danych o wypadkach opracowuje się ich scenariusze dzieląc je na sekwencje, a każdą z sekwencji na sceny, w których zawarto opisy ich przebiegu, komentarze oraz przybliżony czas ich trwania. Ponadto, opisano występujące rodzaje zagrożeń i okoliczności ich występowania, np. niewłaściwe użytkowanie wybranych maszyn przez operatorów. Opisano również urazy operatorów jakich doznali w wyniku zadziałania danego zagrożenia mechanicznego.

Po opracowaniu scenariusza wypadku konieczne jest wykonanie komputerowego środowiska pracy [2, 3, 4]. W przypadku przykładów omawianych w niniejszym tekście



Rys. 1. Poszkodowani w wypadkach przy pracy związanej bezpośrednio z użytkowaniem maszyn, wg stażu pracy

Fig. 1. Victims of accidents at work directly related to using machines by tenure

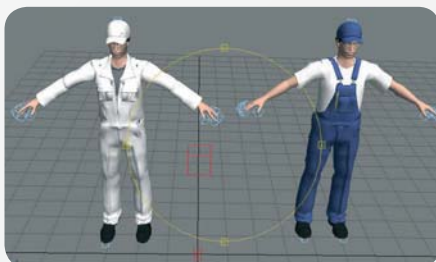


Rys. 2. Plan postępowania przy tworzeniu wizualizacji zagrożeń mechanicznych [1]  
Fig. 2. Procedure in creating visualizations of mechanical threats [1]



Fot. 1. Komputerowo generowany widok z góry i z boku środowiska pracy – warsztatu mechanicznego

Photo 1. Computer-generated view from the above and the side of a working environment in a mechanical workshop



Fot. 2. Komputerowo generowany widok modeli operatorów maszyn uczestniczących w inscenizowanych zdarzeniach

Photo 2. Computer-generated view of models of machine operators taking part in staged occurrences

oznaczało to warsztat mechaniczny, w którym zainscenizowane zostały zagrożenia, występujące przy użytkowaniu tokarki uniwersalnej, szlifierki stołowej, wiertarki kolumnowej oraz prasy mechanicznej ze sprzęgłem ciernym [5].

Wirtualny warsztat mechaniczny (fot. 1.), ma ok. 100 m<sup>2</sup> powierzchni (14 x 7 m) i 5 m



a. Wyrzut klucza trzpieniowego z uruchomionego uchwytu



b. Przelot wyrzuconego klucza



c. Uderzenie kluczem w klatkę piersiową pracownika na drugim stanowisku

Fot. 3. Komputerowo generowany widok scen prezentujących zdarzenie wypadkowe

Photo 3. Computer-generated view of the scenes presenting an accident



a. Tokarka wyposażona w osłonę uchwytu tokarskiego wraz z wbudowanym urządzeniem blokującym



b. Widok stanowisk pracy wyposażonych w parawan

Fot. 4. Komputerowo generowany widok scen prezentujących zastosowane wyposażenie techniczne na stanowisku tokarskim w sekwencji II

Photo 4. Computer-generated view of scenes presenting technical equipment used at the turning lathe workstation in the second sequence

wysokości, w którym znajdują się maszyny do obróbki metali, np.: tokarka kolumnowa, szlifierka. Projektując środowisko pracy warto pamiętać, aby elementy jego wyposażenia zostały odwzorowane w oparciu o rzeczywiste warunki panujące w zakładzie pracy, np. na podstawie zebranej dokumentacji szkicowej, pomiarowej i fotograficznej. W celu zachowania realizmu tworzonych wizualizacji, konieczne będzie również stworzenie (bądź zakup gotowych) komputerowych modeli operatorów użytkujących maszyny [6, 7]. Wirtualne postacie wykorzystywane w wizualizacjach wykonanych w CIOP-PIB, przedstawiono na fot. 2.

Kolejnym krokiem jest kalibracja i synchronizacja stworzonego komputerowego środowiska pracy, czyli odpowiednie rozmieszczenie obiektów w środowisku pracy oraz powiązanie ruchów wirtualnego operatora z pożądanymi zdarzeniami (np. przesunięcie dźwigni sprzęgłowej powoduje włączenie obrotów uchwytu tokarskiego).

Ostatnim stadium jest wykonanie [8, 9] właściwej wizualizacji. Szczegółowe opisy pięciu, wykonanych w CIOP-PIB, przykładów zdarzeń wypadkowych, przedstawiono w dalszej części tekstu. Omawiane przykłady opracowano na podstawie danych GUS, OSHA i protokołów powypadkowych PIP.



a. Pomiar suwmiarką średnicy toczzonego przedmiotu zamocowanego w obracającym się uchwycie

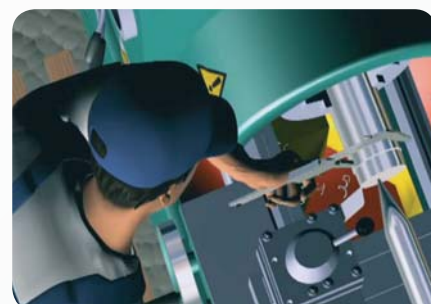


b. Kontakt ręki z obracającym się uchwycem



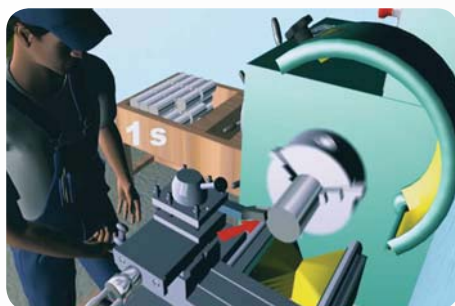
c. Uderzenie brzuchem i klatką piersiową w suport tokarki w wyniku szarpnięcia za pochwycną rękę

Fot. 5. Komputerowo generowany widok scen prezentujących zdarzenie wypadkowe  
Photo 5. Computer-generated view of scenes presenting an accident



Fot. 6. Komputerowo generowany widok sceny prowadzenia pomiaru po zatrzymaniu obrotów uchwytu z zamocowanym przedmiotem

Photo 6. Computer-generated view of a scene showing a measurement after a handle stopped turning



Fot. 7. Komputerowo generowany widok scen prezentujących zdarzenie wypadkowe  
Photo 7. Computer-generated view of scenes presenting an accident



Fot. 8. Komputerowo generowany widok sceny prezentującej zdarzenie związane ze zmiżdżeniem lewej ręki

Photo 8. Computer-generated view of scene presenting an accident involving a crushed left hand

## Wyrzut klucza z uchwytu tokarki

Wizualizowany wypadek polega na uderzeniu pracownika znajdującego się na drugim stanowisku wyrzuconym kluczem trzpieniowym. Po załączeniu napędu tokarki, pozostawiony w uchwycie klucz trzpieniowy zostaje siłą odśrodkową wyrzucony (fot. 3a) w kierunku sąsiedniego stanowiska pracy tokarski, na którym znajduje się inny pracownik (fot. 3b), i uderza go w klatkę piersiową (fot. 3c). Głównymi przyczynami takiego przebiegu wydarzeń jest, po pierwsze pozostawienie przez pracownika klucza w uchwycie tokarskim, a poza tym – brak odpowiedniego wyposażenia, tj. osłony uchwytu tokarskiego.

W drugiej sekwencji wizualizacji te same czynności wykonywane są już po wyposażeniu tokarki w ruchomą osłonę uchwytu z urządzeniem blokującym (fot. 4a), a pomiędzy stanowiskami ustawiono dodatkowo parawan chroniący przed wyrzucanymi wiórami i przed rozbryzgiwaną emulsją chłodząco-smarującą (fot. 4b).

## Pochwycenie ręki pracownika przez obracający się uchwyt tokarski

Kolejne zdarzenie przedstawia pochwycenie ręki operatora tokarki przez obracający się uchwyt. Dochodzi do niego podczas przeprowadzania pomiaru średnicy obrabianego przedmiotu, tuż przy obracającym się uchwycie.

Pomiar ten wykonywany jest po odłączeniu napędu wrzeciona uchwytu tokarskiego, ale jeszcze przed jego całkowitym zatrzymaniem się. Ruch obrotowy wrzeciona, o kierunku sygnalizowanym strzałką, wynosi 150 obr./min. (fot. 5a). W pewnym momencie następuje kontakt lewej ręki operatora z obracającym się uchwycem (fot. 5b). Pracownik zostaje szarpnięty za rękę i wpada na suport tokarki uderzając w niego brzuchem i klatką piersiową (fot. 5c), a następnie upada na ziemię. Powodem całego zdarzenia jest, po pierwsze wykonywanie czynności w strefie roboczej tokarki przed całkowitym zatrzymaniem uchwytu z zamocowanym przedmiotem, a po drugie brak osłony uchwytu tokarskiego.

W drugiej sekwencji te same czynności wykonywane są już po wyposażeniu tokarki w osłonę uchwytu tokarskiego z urządzeniem blokującym (fot. 6.), a pomiar średnicy obrabianego przedmiotu prowadzony jest po całkowitym zatrzymaniu się obrotów uchwytu.

## Wyrzut fragmentu noża tokarskiego z imaka

W tej wizualizacji wypadek jest związany z wyrzuconym przez tokarkę fragmentem noża. Do zdarzenia dochodzi na początku procesu toczenia, kiedy operator, mocując nóż w imaku, prowadzi rozmowę z kolegą. Na skutek nieuwagi nóż zostaje krzywo

osadzony w imaku oraz za mocno wysunięty poza jego krawędź. Następnie, po skończonej rozmowie, operator rozpoczyna proces toczenia, gwałtownie dosuwając imak z nożem do przedmiotu obrabianego. Następuje uderzenie (fot. 7a), nóż łamie się i jego fragment zostaje wyrzucony w kierunku operatora (fot. 7b). Ostrze rani go w ramię, w wyniku czego pracownik upada na ziemię.

W drugiej sekwencji wizualizacji te same czynności prowadzone są już po wyposażeniu tokarki w osłonę uchwytu tokarskiego z urządzeniem blokującym. Operator tym razem prawidłowo mocuje nóż w imaku. Poza tym, rozmowę z drugim pracownikiem przeprowadza przed zamocowaniem noża. Następnie opuszcza osłonę uchwytu i rozpoczyna proces toczenia przedmiotu, powoli dosuwając imak nożowy.

## Zmiżdżenie ręki pracownika podczas użytkowania prasy mechanicznej

Prezentowane zdarzenie wypadkowe skutkuje zmiżdżeniem dłoni operatora prasy, do czego dochodzi podczas wykrawania metalowych elementów. Pracownik użył prasy wyposażoną w urządzenie oburęcznego sterowania, ale – postępując wbrew zasadom bezpieczeństwa i higieny pracy, uruchamia ją jedną ręką, z wykorzystaniem dorobionego samodzielnie elementu, umieszczonego po-



Fot. 9. Komputerowo generowany widok sceny uruchamiania obręcz procesy wykrawania na prasie  
 Photo 9. Computer-generated view of a scene showing two-hand start of a press punching process



a. Wyślizgnięcie się rozwiercanego przedmiotu z dłoni operatora



b. Wyrzut przedmiotu w kierunku operatora



c. Uraz klatki piersiowej w wyniku uderzenia przedmiotem

Fot. 10. Komputerowo generowany widok scen prezentujących zdarzenie wypadkowe  
 Photo 10. Computer-generated view of scenes presenting an accident

między przyciskami urządzenia obręcznego uruchamiania a ich osłoną. Podczas procesu wykrawania, jedną ręką z pomocą tego doro-bionego elementu wciska jednocześnie dwa przyciski urządzenia obręcznego sterowa-



Fot.11. Komputerowo generowany widok sceny wykonania rozwiercania na wiertarce wyposażonej w imadło do mocowania przedmiotu i osłonę strefy roboczej wrzeciona  
 Photo 11. Computer-generated view of a scene showing a ream made with a drill equipped with an object-holding-vice and a spindle's working space cover

nia, a drugą wkłada materiał do wykrojnika, umieszczonego na stole prasy mechanicznej. Po włożeniu kolejnego elementu do wykrojnika, ale przed wyjęciem lewej ręki z przestrzeni narzędziowej prasy, operator uruchamia jej ruch roboczy prawą ręką za pomocą doro-bionego elementu (fot. 8.).

W drugiej sekwencji, operator prawidłowo uruchamia proces wykrawania, wciskając oba przyciski jednocześnie obiema rękami (fot. 9.). Ponadto prasę wyposażono w osłony boczne strefy narzędziowej oraz dodatkowo w kurtynę świetlną, która powoduje automatyczne zatrzymanie prasy podczas wkładania rąk do strefy roboczej.

### Uraz związany z rozwiercaniem otworów w przedmiocie trzymany obręcz

Do tego wypadku dochodzi podczas rozwiercania otworu w przedmiocie trzymany przez operatora w dłoniach. W pewnym momencie następuje zakleszczenie się roz-wiertaka, powodując powstanie siły obrotów przewyższającą siłę z jaką operator trzymał przedmiot, w wyniku czego wyślizguje się on z jego rąk i zaczyna obracać (fot. 10a). Pod wpływem siły odśrodkowej następuje niekontrolowany wyrzut obrabianego przedmiotu (fot. 10b), operator zostaje uderzony i doznaje urazu klatki piersiowej (fot. 10c). Powodem wypadku jest brak możliwości mocowania rozwiercanego przedmiotu w imadle oraz osłony strefy roboczej wiertarki (wrzeciona).

W drugiej sekwencji, operator używa już wiertarki wyposażonej w imadło do mocowania obrabianych przedmiotów i w ruchomą osłonę wrzeciona (fot. 11.).

### Podsumowanie

Multimedialne wizualizacje to wysoce użyteczne narzędzia uzupełniające i zwiększające atrakcyjność materiałów szkoleniowych z zakresu bhp oraz szkoleń operatorów maszyn,

służb bhp i pracodawców. Ich wykorzystanie w prezentowanych materiałach szkoleniowych uatrakcyjni treść prowadzonych szkoleń, o pokazanie w przejrzysty sposób przyczyn powstawania wypadków związanych z zagrożeniami mechanicznymi występującymi przy użytkowaniu maszyn oraz samego faktu zaistnienia wypadku i jego następstw. Ponadto obserwowanie, przez osoby szkolone, zainscenizowanych zdarzeń wypadkowych podniesie ich świadomość występowania zagrożeń mechanicznych i powinno wpłynąć na poprawne, zgodne z zasadami bhp, wykonywanie prac na stanowisku pracy oraz podejmowanie odpowiednich działań ograniczających ryzyko związane z występowaniem tych zagrożeń.

Przedstawione w artykule oraz inne, wykonane w CIOP-PIB wizualizacje prezentujące przyczyny powstawania zdarzeń wypadkowych podczas użytkowania takich maszyn, jak: pilarka taśmowa i tarczowa, tokarka, wiertarka i szlifierka, prasa mechaniczna ze sprzęgłem ciernym, zostaną udostępnione na stronach internetowych CIOP-PIB od stycznia 2012 r.

### PIŚMIENNICTWO

- [1] D. Kalwasiński, A. Saulewicz, K. Myrcha *Koncepcja opracowania narzędzia komputerowego do interaktywnej symulacji użytkowania tokarki*. XIII Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji. WAT, Jurata 2009, s. 143-150
- [2] A. Saulewicz *Modelowanie zagrożeń mechanicznych występujących w magazynach*. XI Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji. Wojskowa Akademia Techniczna, Jurata 2007
- [3] D. Kalwasiński, K. Myrcha *Środowisko wirtualne dla potrzeb interaktywnej symulacji obsługi tokarki*. „Mechanik” 7/2010
- [4] J. Pasek *3ds max Animacja od podstaw – Profesjonalne przygotowanie do tworzenia grafiki i animacji*. HELION 2007
- [5] K. Myrcha, J. Wróbel *Komputerowo wspomagane projektowanie wybranych zespołów maszyn z uwzględnieniem problematyki bezpieczeństwa*. X Krajowa konferencja SPD-10 nt. „Symulacja procesów dynamicznych”, Zakopane-Kościelisko, 15-19 czerwca 1998
- [6] Atlas miar człowieka. Dane do projektowania i oceny ergonomicznej. CIOP, Warszawa 2001
- [7] S. Kennedy, G. Maestri, R. Frantz *3D Studio Max – Czarna księga animatora*. HELION 1998
- [8] K. Myrcha, D. Kalwasiński, A. Saulewicz *Symulacja i wizualizacja zagrożeń mechanicznych w magazynach wysokiego składowania*. IV Ogólnopolska konferencja „Modelowanie i symulacja” MIS-4. Kościelisko, 19-23 czerwca 2006
- [9] J. Pasek *Modelowanie i animacja w 3ds max*. HELION 2007

*Publikacja przygotowana na podstawie wyników I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*