

# OPARTE NA WIEDZY METODY WSPOMAGANIA PROCESÓW W GÓRNICTWIE

Magdalena ROZMUS, Teodor WINKLER, Dariusz MICHALAK,  
Łukasz JASZCZYK

**Streszczenie:** Odpowiednie wspomaganie utrzymania ruchu maszyn jest istotnym czynnikiem warunkującym prawidłowe funkcjonowanie kopalń. Stosowane obecnie w kopalniach rozwiązania w zakresie udostępniania wiedzy eksploatacyjnej nie przystają do potrzeb uczestników procesu utrzymania ruchu. W artykule przedstawiono nowoczesne rozwiązania, których komplementarne zastosowanie pozwoli na skuteczne wspomaganie uczestników procesu utrzymania ruchu maszyn górniczych.

Słowa kluczowe: zasoby wiedzy, wirtualna rzeczywistość, Augmented Reality, RFID

## 1. Identyfikacja procesu utrzymania ruchu w górnictwie i stosowanych w nim zasobów wiedzy

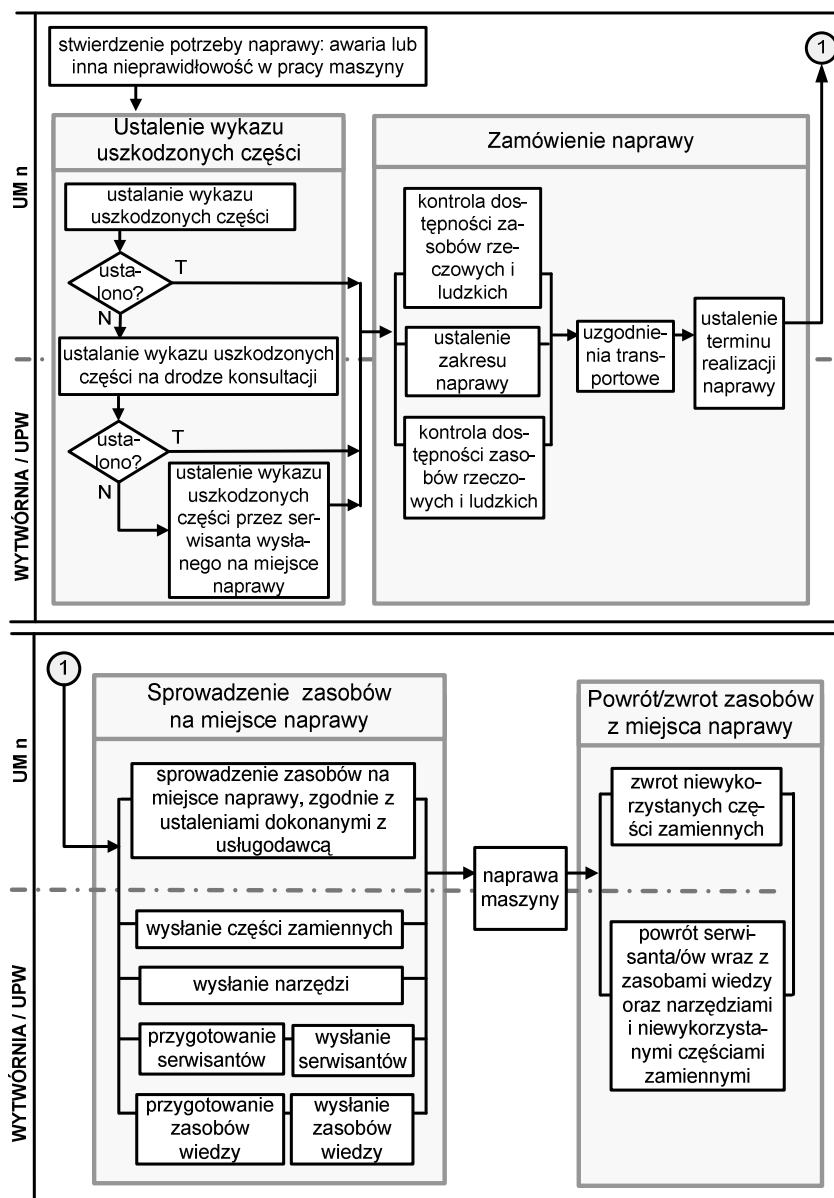
Jednym z czynników warunkujących funkcjonowanie przedsiębiorstwa produkcyjnego jest prawidłowe utrzymanie ruchu stosowanych w nim maszyn. Zadania z zakresu utrzymania ruchu mogą być realizowane we własnym zakresie przez dane przedsiębiorstwo, zwane dalej użytkownikiem maszyn, lub zlecane serwisowi producenta maszyn, zwanego dalej wytwórną. Serwis może być realizowany przez wydzieloną komórkę wytwórni lub też przez jej upoważnionego przedstawiciela.

Utrzymanie ruchu maszyn jest procesem, którego prawidłowa realizacja uwarunkowana jest wiedzą zaangażowanego w ten proces personelu działu utrzymania ruchu danego użytkownika maszyn, jak również wiedzą personelu działu serwisu producentów maszyn. Wiedza ta umożliwia wykonywanie niezbędnych czynności w sposób skuteczny, z zachowaniem dyscypliny czasowej oraz z uwzględnieniem bezpiecznych metod pracy. Zależności te przedstawiono na rys.1.



Rys. 1. Zależności między procesami produkcyjnymi przedsiębiorstwa, utrzymaniem ruchu oraz wiedzą realizującego go personelu

Działaniem z zakresu utrzymania ruchu w szczególności są naprawy. Przebieg procesu napraw serwisowych, dla przypadku maszyn górniczych, przedstawiono na rys.2.



Oznaczenia: UM – użytkownik maszyn, UPW – upoważniony przedstawiciel wytwórni

Rys. 2. Przebieg procesu napraw serwisowych maszyn górniczych

Maszyny górnicze charakteryzuje złożona oraz zindywidualizowana konstrukcja. Z uwagi na ich gabaryty, lokalizację stanowisk pracy (rozproszenie geograficzne, trudna dostępność) oraz panujące na nich warunki, a także warunki panujące na drogach

transportowych, transport maszyn na powierzchnię jest problematyczny i czasochłonny. Czynności z zakresu utrzymania ruchu wykonywane są więc na stanowiskach, na których maszyny są użytkowane. Na każdym takim stanowisku panują indywidualne warunki w zakresie dysponowanej przestrzeni, przyczepności podłoża, zanieczyszczeń, wilgoci, możliwości wspomaganie czynności manualnych itd. Tak więc sposób wykonywania danej czynności względem poszczególnych egzemplarzy maszyny danego typu także jest zindywidualizowany.

Obecnie uczestnicy procesu utrzymania ruchu maszyn górniczych korzystają z wiedzy jawnej oraz z wiedzy ukrytej. Zasoby wiedzy jawnej obejmują dokumentacje techniczno-ruchowe maszyn oraz tzw. instrukcje. Dokumentacje techniczno-ruchowe stosowane są przez personel serwisu wytwórni oraz przez personel użytkownika maszyn, czyli kopalni. Instrukcje opracowywane są we własnym zakresie przez użytkownika maszyn i wyłącznie na własny użytek. Zasoby wiedzy jawnej stosowane są na powierzchni. Czasem niektóre ich fragmenty sprowadzane są na miejsce realizacji zadania z zakresu utrzymania ruchu.

Zakres tematyczny dokumentacji techniczno-ruchowej obejmuje m.in. konstrukcję maszyny, warunki eksploatacji, sposób użytkowania, czynności z zakresu utrzymania ruchu, jakie może wykonywać użytkownik maszyny, czynności transportowe, obowiązujące zasady bezpieczeństwa. Prezentowana w niej wiedza dotyczy konkretnego egzemplarza maszyny, jednak nie uwzględnia warunków panujących na stanowisku pracy, na którym jest ona użytkowana. Instrukcje mają postać procedur opisujących przebieg i sposób wykonywania poszczególnych zadań z zakresu utrzymania ruchu względem maszyny danego typu na danym stanowisku pracy, z uwzględnieniem obowiązujących zasad bezpieczeństwa oraz aspektów organizacyjnych – wskazane są komórki organizacyjne, z których personel jest przypisany do realizacji poszczególnych czynności.

Zasoby wiedzy jawnej zawierają jedynie część wiedzy stosowanej dla utrzymania ruchu maszyn. Pozostały zakres stosowanej wiedzy to wiedza ukryta, z której jedynie część zostaje przekształcona w wiedzę jawną w postaci instrukcji. Tak więc zasoby wiedzy stosowanej przez personel realizujący utrzymanie ruchu maszyn są budowane i rozwijane na bazie doświadczeń wraz z upływem życia maszyny.

Zasoby wiedzy jawnej opierają się na tradycyjnych formach prezentacji wiedzy, takich jak tekst i obraz statyczny. Ogranicza to możliwości prezentacji niektórych aspektów wiedzy, takich jak np. zasada działania poszczególnych systemów maszyny, sposób wykonania poszczególnych czynności. Dysponowanie wyłącznie tradycyjnymi formami prezentacji wiedzy sprawia więc, że niektóre zasoby wiedzy ukrytej nie poddają się formalizacji, czyli przekształceniu w wiedzę jawną. Wszyscy uczestnicy działań z zakresu utrzymania ruchu powinni dysponować identycznymi wersjami zasobów wiedzy jawnej. Rozpowszechnianie i użytkowanie zasobów wiedzy jawnej na nośniku papierowym utrudnia ich aktualizację i rozbudowę.

Wspomniane wyżej utrudnienia wynikające z warunków kopalnianych, w jakich realizowane są działania z zakresu utrzymania ruchu nie sprzyjają stosowaniu tradycyjnych, papierowych zasobów wiedzy.

Rozpowszechnianie zasobów wiedzy ukrytej możliwe jest jedynie poprzez doświadczenie – podczas realizacji powierzonych zadań (np. poprzez bieżący instruktaż). Przystawianiu tej wiedzy nie sprzyjają: dyscyplina czasowa realizacji zadań z zakresu utrzymania ruchu (szczególnie dotyczy to napraw) oraz warunki panujące na stanowisku pracy maszyny (ograniczenia przestrzenne, hałas, słabe oświetlenie).

Na potrzeby realizacji procesów utrzymania ruchu, zaangażowany do tego celu personel poddawany jest szkoleniom, podczas których przekazywane są treści zapisane w zasobach

wiedzy jawnej lub treści stanowiące hybrydę wiedzy jawnej oraz wiedzy ukrytej. Wiedza stosowana w utrzymaniu ruchu maszyn jest specyficzna ze względu na konstrukcję danego egzemplarza maszyny oraz warunki panujące na danym stanowisku. Uwzględnienie tych zagadnień podczas szkoleń stanowi poważny problem finansowy oraz organizacyjny. Szkolenie przy konkretnej maszynie użytkowanej w kopalni nie jest praktykowane. Z kolei podczas szkoleń „przy maszynie” odbywających się na hali u producenta przeważnie udostępniane są maszyny o podobnej konstrukcji, nie ma możliwości uwzględnienia warunków charakterystycznych dla podziemnych stanowisk pracy maszyn górniczych.

## **2. Pozyskiwanie i porządkowanie zasobów wiedzy w górnictwie**

Dla skutecznego wspomaganie utrzymania ruchu maszyn górniczych należy sięgnąć po formy rozpowszechniania zasobów wiedzy, które:

- dają większe możliwości przekształcania wiedzy ukrytej w wiedzę jawną,
- prezentują wiedzę w sposób czytelny i łatwo przyswajalny,
- umożliwiają szybkie wyszukiwanie zasobów wiedzy, które są adekwatne do bieżących potrzeb pracowników realizujących zadania z zakresu utrzymania ruchu,
- umożliwiają stosowanie zasobów wiedzy w dowolnym miejscu i czasie, niezależnie do warunków.

Wiele aspektów wiedzy z zakresu utrzymania ruchu, które nie zostały uwzględnione w zasobach wiedzy jawnej, poddaje się kodyfikacji za pomocą tradycyjnych form zapisu, tj. tekstu i rysunku. Istnieją jednak aspekty wiedzy, dla których ujawnienia trzeba sięgnąć po inne formy zapisu.

Pozyskanie wiedzy ukrytej na temat realizacji działań z zakresu utrzymania ruchu, np. napraw, możliwe jest poprzez: 1) przeprowadzenie, z użyciem kamery cyfrowej oraz aparatu cyfrowego, rejestracji czynności wykonywanych podczas tych działań, oraz 2) przeprowadzenie wywiadów z uczestnikami procesu utrzymania ruchu biorącymi bezpośredni udział w tych działaniach.

Oba sposoby pozyskiwania wiedzy są względem siebie komplementarne. Właściwe przeprowadzenie wywiadów pozwala odpowiednio uporządkować i zinterpretować materiał zgromadzony podczas rejestracji. Z kolei materiał zgromadzony podczas rejestracji pozwala zilustrować procedury utrzymania ruchu opisane w wypełnionych kwestionariuszach wywiadu.

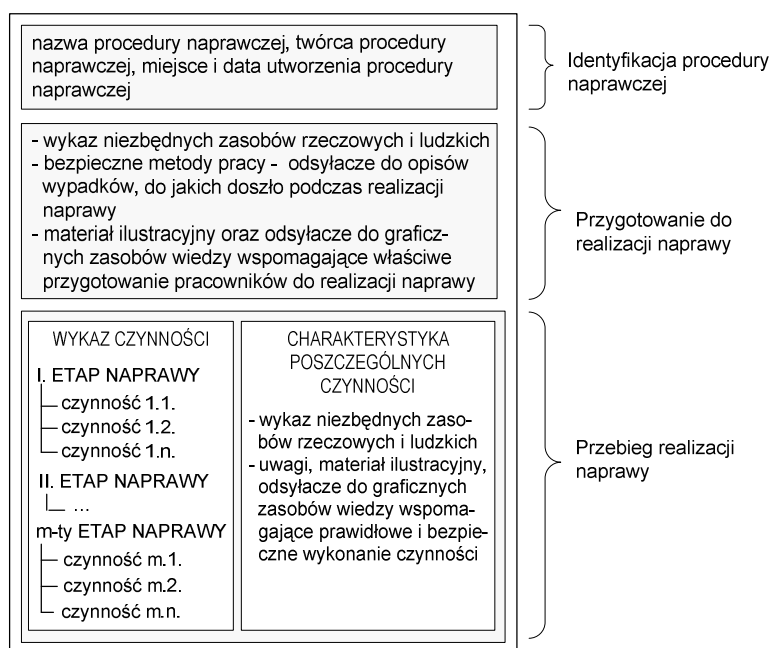
Niektóre czynności, np. demontażu i montażu maszyny, realizowane są w różnych kombinacjach podczas wielu działań z zakresu utrzymania ruchu. Dlatego rejestracje oraz wywiady powinny być przeprowadzone w taki sposób, by raz pozyskany materiał na temat realizacji danej czynności demontażu lub montażu mógł zostać wielokrotnie wykorzystany - dla utworzenia zasobów wiedzy na temat realizacji każdego działania z zakresu utrzymania ruchu, podczas którego ta czynność jest wykonywana.

Pozyskanie wiedzy poprzez rejestracje wideo i rejestracje fotograficzne czynności utrzymania ruchu poszczególnych części maszyny powinno być przeprowadzone: 1) w warunkach hali montażowej - na stanowiskach montażowych w wytwórni lub u upoważnionego przedstawiciela wytwórni, 2) w warunkach panujących na miejscu naprawy - na stanowisku pracy maszyny u użytkowników maszyn.

Materiał pozyskany podczas rejestracji można dowolnie kopiować, dzielić i łączyć. Raz pozyskany materiał na temat realizacji danej czynności może więc zostać wielokrotnie wykorzystany.

Właściwie opracowany kwestionariusz wywiadu przeprowadzanego dla pozyskania wiedzy o realizacji działań z zakresu utrzymania ruchu nadaje tej wiedzy jednolitą formę i strukturę, dzięki którym: 1) proces pozyskiwania wiedzy przebiega sprawnie i skutecznie, 2) zgromadzony materiał łatwo zastosować dla utworzenia zasobów wiedzy jawnej przeznaczonych dla uczestników procesu utrzymania ruchu.

Kwestionariusz wywiadu powinien mieć postać elektronicznego formularza. Jego struktura wyznacza sposób uporządkowania pozyskiwanej wiedzy. Strukturę kwestionariusza wywiadu, w którym gromadzona jest wiedza o realizacji napraw przedstawiono na rys.3.



Rys. 3. Struktura kwestionariusza wywiadu przeprowadzanego dla pozyskania wiedzy

Sekcja „identyfikacja procedury naprawczej” pozwala właściwie uporządkować wypełnione kwestionariusze wywiadu pod kątem ich zastosowania jako materiał źródłowy dla utworzenia zasobów wiedzy jawnej. Sekcja „przygotowanie do realizacji naprawy” dostarcza wiedzę niezbędną dla sprowadzenia na miejsce naprawy właściwych (pod względem rodzaju i ilości) zasobów rzeczowych i właściwych (pod względem liczebności, specjalizacji zawodowej oraz wiedzy) zasobów ludzkich. Sekcja „przebieg realizacji naprawy” dostarcza wiedzę na temat czynności, jakie należy wykonać podczas naprawy. W tej sekcji struktura kwestionariusza wywiadu uwzględnia podział procedury naprawczej na grupy czynności - etapy naprawy. Pozwala to uniknąć sytuacji wielokrotnego pozyskiwania tej samej wiedzy - raz utworzone opisy poszczególnych czynności demontażu i montażu mogą zostać wykorzystane przy tworzeniu procedur naprawczych opisujących naprawy, w ramach których czynności te również są wykonywane.

Zasoby wiedzy jawnej obecnie stosowane, jak również zasoby wiedzy wygenerowane na podstawie rejestracji oraz wywiadów, obok tekstu i tradycyjnych rysunków, mogą zostać przedstawione za pomocą takich form prezentacji wiedzy jak: modele 3D wykonane

w programach klasy CAD (z ang. Computer Aided Design), fotografie cyfrowe, rejestracje wideo, animacje komputerowe, interaktywne symulacje komputerowe.

### 3. Gromadzenie zasobów wiedzy w górnictwie – repozytorium wiedzy

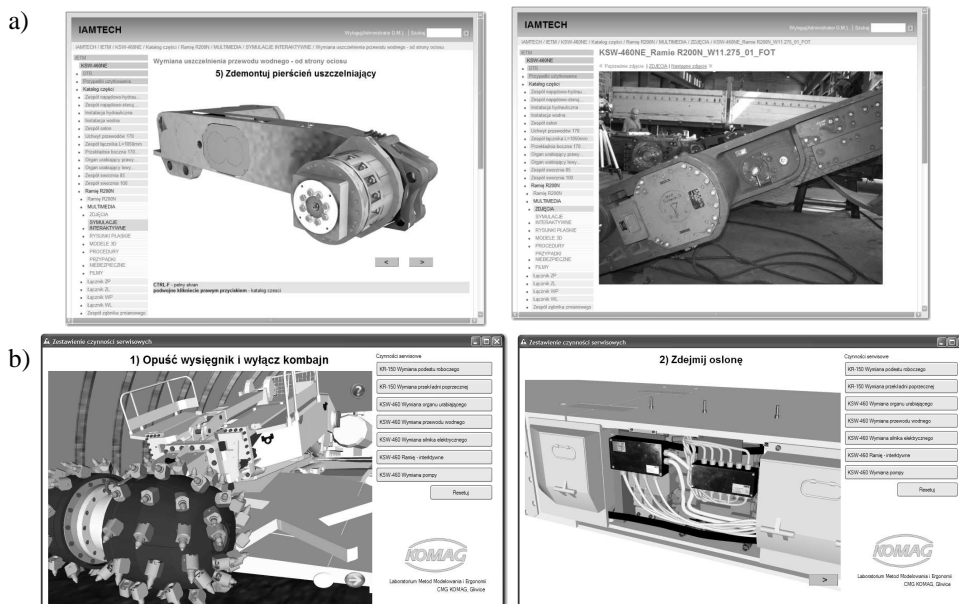
Zastosowanie elektronicznych form prezentacji wiedzy (zob. p. 2) oraz nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych umożliwia utworzenie systemu wspomaganie obejmującego następujące repozytoria wiedzy: 1) interaktywne instrukcje obsługi, 2) instrukcje obsługi udostępniane z zastosowaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości (Augmented Reality, w skrócie AR), 3) listy kontrolne udostępniane za pośrednictwem technologii RFID.

Wszystkie te rozwiązania zostały opracowane w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii ITG KOMAG.

#### 3.1. Interaktywne instrukcje obsługi

Interaktywne instrukcje obsługi [1] mogą obejmować dowolny zakres wiedzy, w szczególności treści zawarte w obecnie stosowanych zasobach wiedzy jawnej, rozszerzone o informacje na temat wypadków, jakie zaszły w związku z wykonywaniem czynności z zakresu utrzymania ruchu względem danej maszyny.

Zasoby wiedzy są prezentowane w postaci opisów tekstowych, statycznych obrazów, jak również trójwymiarowych modeli (maszyny i jej zespołów), interaktywnych animacji prezentujących konstrukcję maszyny i sposób jej montażu i demontażu, animacji prezentujących sposób działania maszyny (jej wybranych systemów), sposób wykonywania poszczególnych czynności z zakresu utrzymania ruchu oraz wypadki, jakie zaistniały podczas realizacji tych czynności.



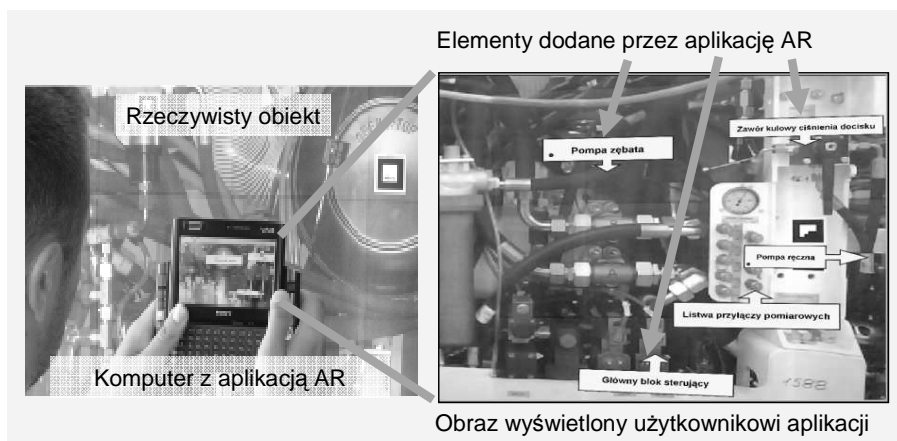
Rys. 4. Interaktywne instrukcje obsługi: a) wersja stacjonarna, b) wersja mobilna

Interaktywne instrukcje obsługi opracowywane są w dwóch zasadniczych wariantach – rys. 4:

- wersja stacjonarna (rys. 4a) - przeznaczona do użytkowania na powierzchni, na komputerach stacjonarnych. Zasoby wiedzy zlokalizowane są na serwerze i udostępniane po zalogowaniu się uprawnionej osoby, z poziomu jej komputera. Praca z aplikacją odbywa się poprzez przeglądarkę internetową.
- wersja mobilna (rys. 4b) - przeznaczona do użytkowania na przenośnych komputerach, takich jak PDA. Zasoby wiedzy oraz aplikacja znajdują się na danym komputerze przenośnym, gdzie obsługiwane są przez odpowiednią przeglądarkę. Zastosowanie PDA w wersji spełniającej wymogi dyrektywy ATEX pozwala na przeniesienie zasobów w podziemia kopalń. Tak więc interaktywne instrukcje obsługi w wersji mobilnej mogą stanowić podręczną pomoc podczas wykonywania poszczególnych czynności z zakresu utrzymania ruchu maszyn.

### 3.2. Zastosowanie technologii Augmented Reality w upowszechnianiu instrukcji obsługi

Technologia Augmented Reality (AR) [2, 3, 4, 5], czyli rozszerzonej rzeczywistości, polega na nałożeniu na obraz rzeczywisty dodatkowych informacji, zwanych dalej *informacjami związanymi* – rys.5. Takimi informacjami mogą być np. etykiety opisujące poszczególne części maszyny, animacje prezentujące sposób działania wybranych instalacji, wskazówki dotyczące kolejnych kroków danego działania z zakresu utrzymania ruchu. Informacje przypisane są do znaczników zamieszczonych na maszynie lub jej modelu. Informacje wyświetlone w kontekście konkretnych znaczników stanowią zasoby wiedzy.

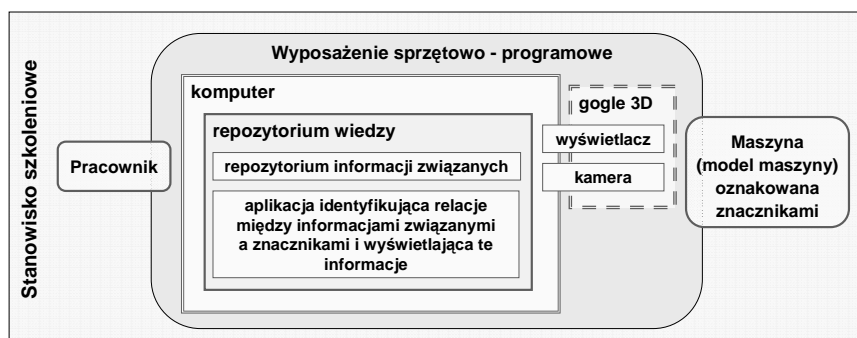


Rys. 5. Idea technologii Augmented Reality [2]

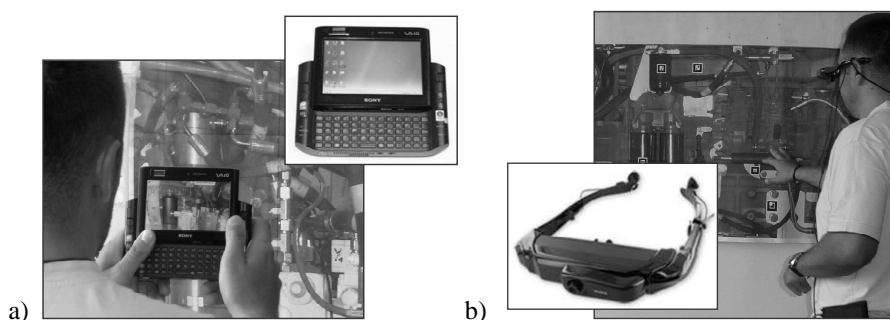
Zastosowanie instrukcji obsługi udostępnianych z zastosowaniem technologii Augmented Reality opiera się na systemie złożonym z (rys. 6): 1) pracownika zaangażowanego w realizację utrzymania ruchu maszyn, 2) wyposażenia sprzętowo-programowego oraz 3) maszyny (lub jej modelu) oznaczonej znacznikami.

Komputer zawiera repozytorium wiedzy, na które składają się repozytorium informacji związanych oraz aplikacja, w ramach której następuje przypisanie informacji związanych

do poszczególnych znaczników oraz ich przeglądanie na tle obrazu rzeczywistego. Niezbędnymi elementami są także kamera rejestrująca obraz rzeczywisty oraz wyświetlacz, na którym prezentowany jest obraz rzeczywisty wraz z nałożonymi informacjami związanymi. Oba te elementy mogą być zintegrowane z przenośnym komputerem (rys. 7a), jak również mogą być zintegrowane z nagłownym sprzętem rejestrująco-wyświetlającym, takim jak gogle 3D (rys. 7b).



Rys. 6. System upowszechniania wiedzy z zastosowaniem technologii Augmented Reality



Rys. 7. Zastosowanie UMPC (a) oraz gogli 3D (b) w technologii Augmented Reality [2]

Funkcjonalność wyposażenia sprzętowo-programowego powinna uwzględniać rejestrowanie i wyświetlanie obrazu rzeczywistego, gromadzenie informacji związanych, identyfikowanie znaczników oraz identyfikację i wyświetlanie na obrazie rzeczywistym informacji tekstowych i graficznych przypisanych do poszczególnych znaczników. W opracowanej aplikacji kontekstowe przeglądanie zasobów wiedzy realizowane jest poprzez powiązanie znaczników i informacji związanych, jak również poprzez odpowiednio zorganizowane menu – rys. 8.

Przedstawione rozwiązanie obecnie może być stosowane jedynie na stanowiskach szkoleniowych. Identyfikacja znaczników wymaga dobrego oświetlenia, co nie jest osiągalne na stanowiskach pracy maszyn. Problematiczna jest także dostępność odpowiedniego komputera spełniającego wymogi dyrektywy ATEX.





Rys. 8. Menu aplikacji udostępniającej zasoby wiedzy z zastosowaniem technologii AR

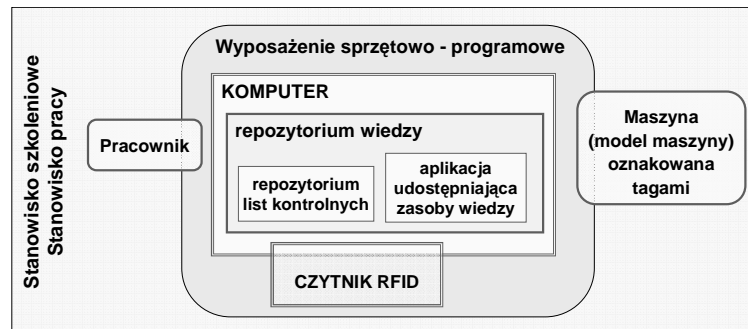
### 3.3. Zastosowanie technologii RFID w upowszechnianiu list kontrolnych

Dla wspomagania uczestników procesu utrzymania ruchu w KOMAG-u opracowano także rozwiązanie stanowiące adaptację technologii RFID (ang. Radio Frequency Identification) [6] dla rozpowszechniania zasobów wiedzy [2]. Zasoby wiedzy opracowano w postaci list kontrolnych. Listy kontrolne mają formę procedur opisujących działania realizowane w ramach procesu utrzymania ruchu. Odpowiednio opracowana aplikacja umożliwia ich jednoznaczne przypisanie do tagów (zwanymi także transponderami) zamieszczonych na maszynie. Na podstawie odczytu identyfikatora taga, dokonanego za pomocą czytnika, aplikacja wyświetla listę kontrolną do niego przypisaną. Tak więc zasoby wiedzy dostępne są w kontekście przewidywanych potrzeb personelu realizującego utrzymanie ruchu maszyn. Udostępniane listy kontrolne obsługiwane są przez przeglądarkę internetową. Zbiór list kontrolnych przypisanych do poszczególnych tagów stanowi repozytorium wiedzy.

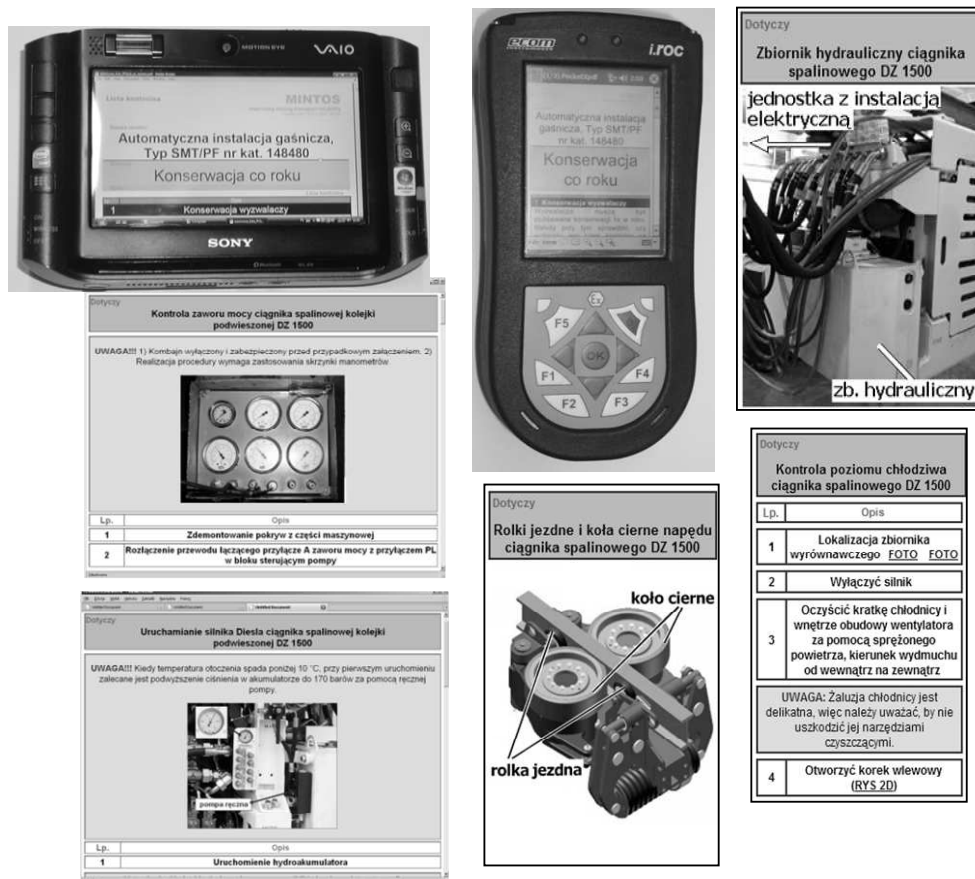
Ponieważ listy kontrolne mają postać stron internetowych, istnieje możliwość ich wzajemnego powiązania, jak również powiązania z listami kontrolnymi, które nie są bezpośrednio przypisane do tagów, a znajdują się w repozytorium wiedzy. Istnieje więc możliwość przypisania do danego taga pewnego zbioru list kontrolnych, przy czym tylko jedna z nich jest do niego przypisana w sposób bezpośredni.

Zastosowanie list kontrolnych udostępnianych za pośrednictwem technologii RFID opiera się na systemie złożonym z (rys. 9): 1) pracownika zaangażowanego w realizację utrzymania ruchu maszyn, 2) wyposażenia sprzętowo-programowego oraz 3) maszyny oznaczonej tagami. Czytnik RFID może stanowić odrębny element podłączany do komputera lub może być zintegrowany z komputerem. Taki system może zostać zastosowany bezpośrednio na miejscu wykonywania czynności z zakresu utrzymania ruchu. Instrukcje udostępniane z zastosowaniem technologii RFID służą wówczas jako podręczna pomoc. Modyfikacja systemu poprzez zamieszczenie tagów na modelu maszyny pozwala na jego zastosowanie na stanowisku szkoleniowym.

Na miejscu wykonywania czynności z zakresu utrzymania ruchu jako komputer może posłużyć PDA spełniający wymogi dyrektywy ATEX, z kolei na stanowisku szkoleniowym – np. zwyczajny (bez ATEX-u) PDA lub UMPC. Zasoby wiedzy opracowywane są z uwzględnieniem rozmiaru wyświetlacza komputera, na którym będą przeglądane – rys.10.



Rys. 9. System upowszechniania wiedzy z zastosowaniem technologii RFID

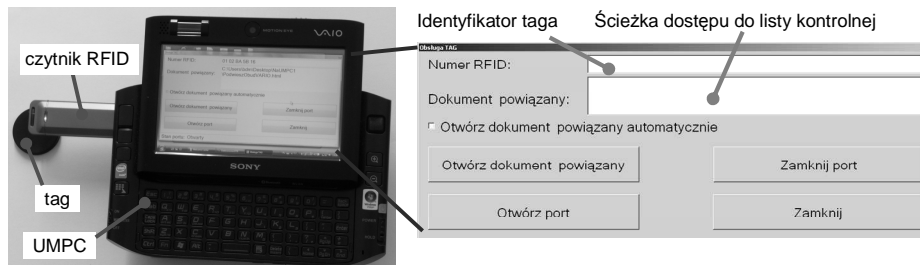


Rys. 10. Listy kontrolne opracowane w wersji UMPC (a) oraz PDA (b)

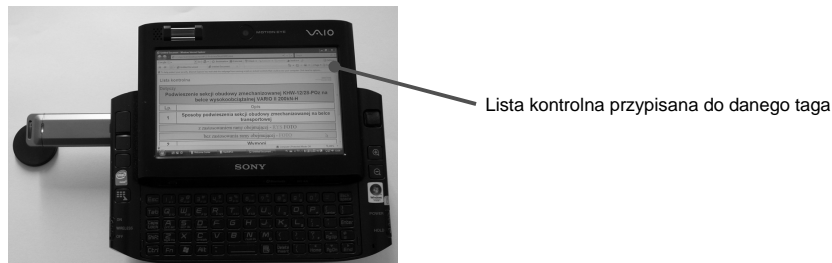
Na rys. 11 przybliżono sposób działania przykładowej aplikacji udostępniającej listy kontrolne za pośrednictwem RFID.

KROK 1: Zalogowanie do aplikacji

KROK 2: Odczytanie identyfikatora taga zamieszczonego na maszynie oraz wczytanie informacji o lokalizacji przypisanej mu listy kontrolnej



KROK 3: Wyświetlenie listy kontrolnej przypisanej do danego taga



Rys. 11. Zasada działania aplikacji udostępniającej listy kontrolne za pośrednictwem technologii RFID [1]

#### 4. Podsumowanie

Warunki realizacji działań z zakresu utrzymania ruchu maszyn górniczych powodują, że obecnie stosowane rozwiązania w zakresie zasobów wiedzy wspomagających personel zaangażowany w proces utrzymania ruchu nie są wystarczające. Ograniczenia tkwią w tradycyjnych formach prezentacji wiedzy, jak również w stosowaniu nośnika papierowego.

Dla pokonania tego problemu zaproponowano system rozwiązań opartych na nowoczesnych formach upowszechniania wiedzy. Żadne z tych rozwiązań nie jest w stanie samodzielnie pokonać wszystkie słabości istniejące po stronie obecnie stosowanych zasobów wiedzy. Jednak ich komplementarne zastosowanie w dużym stopniu to umożliwia.

#### Literatura

1. Michalak D., Rozmus M., Jaszczuk Ł.: Możliwości zastosowania technologii Augmented Reality i RFID w szkoleniach pracowników transportu. Materiały na konferencję: Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie, V Międzynarodowa Konferencja, Ustroń, 4-6 listopada 2009.
2. Michalak D., Winkler T., Jaszczuk Ł., Zastosowanie technologii Augmented Reality oraz RFID w szkoleniach operatorów maszyn., Materiały na konferencję: XIV

- MIĘDZY Narodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania,  
Wytwarzania i Eksploatacji, Jurata 10-14 maja 2010.
3. Cawood S.: Augmented Reality : A Practical Guide, Pragmatic Bookshelf 2008, ISBN: 978-1934356036
  4. Haller M., Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design, IGI Publishing 2006, ISBN: 978-1599040660
  5. Hainich R.R., The End of Hardware, 3<sup>rd</sup> Edition: Augmented Reality and Beyond, BookSurge Publishing 2009, ISBN: 978-1439236024
  6. Miles S.B.: RFID Technology and Applications, Cambridge University Press 2008, ISBN-13: 9780521880930

Dr inż. Magdalena ROZMUS  
Prof. dr hab. inż. Teodor WINKLER  
Dr inż. Dariusz MICHALAK  
Mgr inż. Łukasz JASZCZYK  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
44-101 Gliwice, ul. Pszczyńska 37  
Tel. 32 2374 621  
e-mail: mrozmus@komag.eu  
twinkler@komag.eu  
dmichalak@komag.eu  
ljaszczyk@komag.eu