

PRZEMYSŁ 4.0 – wyzwania dla górnictwa

Artur Kozłowski, Piotr Wojtas

1. Wprowadzenie

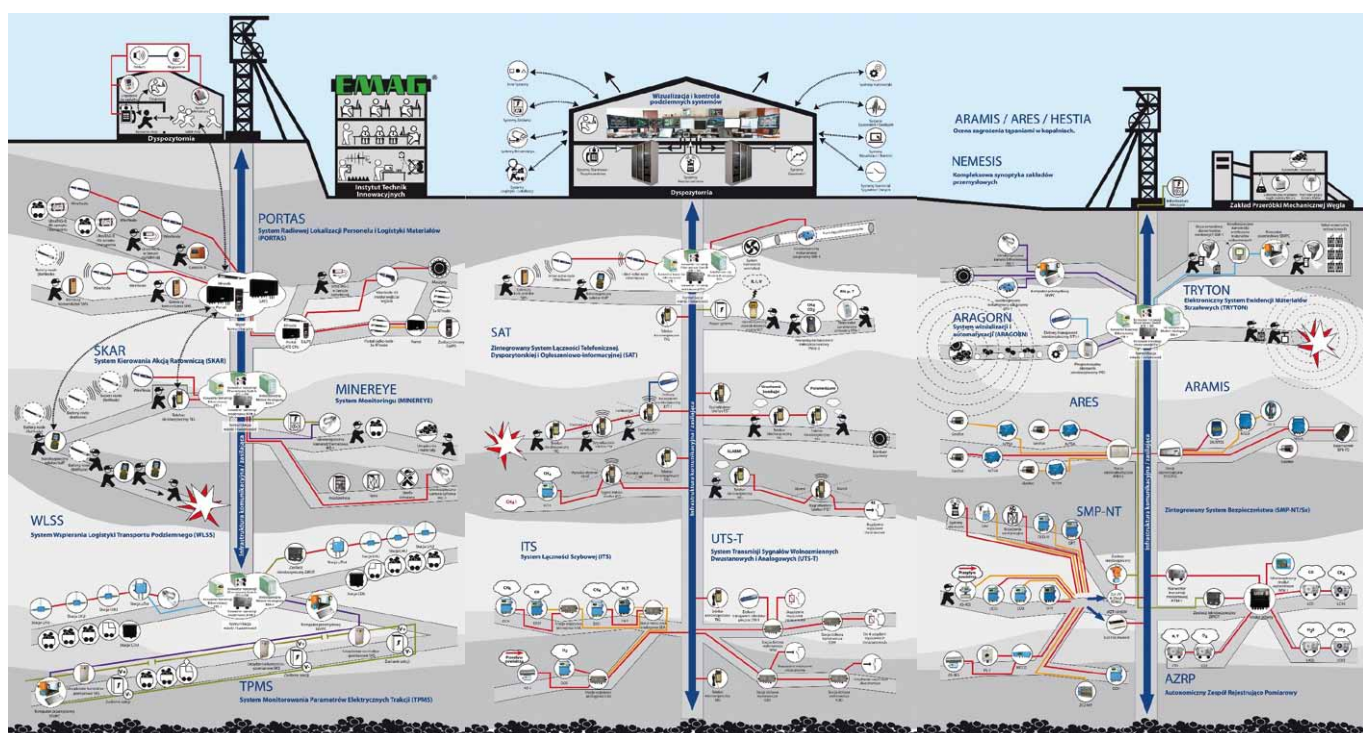
Koncepcja Przemysłu 4.0, oznaczająca tzw. czwartą rewolucję przemysłową, wkracza coraz bardziej w kolejne elementy życia i funkcjonowania człowieka. Korzyści, które można zyskać dzięki zastosowaniu najnowszych technologii, przekonują największych jej przeciwników. Wyróżniki koncepcji, a jednocześnie elementy związane z techniczną realizacją, w postaci nowoczesnych rozwiązań inteligentnych czujników, infrastruktury teleinformatycznej, przetwarzania dużych zbiorów danych, stają się dzisiaj podstawowym elementem stosowanej infrastruktury technicznej. Zauważalny jest coraz większy rozwój technologii i środków technicznych. Potwierdzone to jest kolejnymi implementacjami w różne branże, np. Logistyka 4.0, Motoryzacja 4.0 itp.

Koncepcja Przemysłu 4.0 kładzie szczególny nacisk na wykorzystanie technologii cyfrowych, takich jak chmura obliczeniowa, Big Data czy Internet Rzeczy. To niezwykle ważne w dzisiejszych czasach i aktualne, ponieważ dla wielu firm tzw. transformacja cyfrowa staje się nie tylko warunkiem skutecznego konkurowania na rynku, ale wręcz warunkiem niezbędny dla przetrwania w skali międzynarodowej [1].

W przemyśle wydobywczym od wielu lat obserwujemy ciągły rozwój technologiczny. Powstaje wiele rozwiązań technicznych – innowacyjnych, m.in. ze względu na trudne warunki panujące w podziemiach kopalń i reżim pracy wdrożonych tam urządzeń i systemów. Elementy koncepcji Przemysłu 4.0 są również obecne w górnictwie i co więcej, można zauważyć ich dynamiczny rozwój. Można powiedzieć, że największe oczekiwania z wdrożenia elementów koncepcji Przemysłu 4.0 w przemyśle górnictwym są związane ze zwiększeniem efektywności procesów wydobywczych, zwiększeniem bezpieczeństwa oraz z obniżeniem kosztów [2].

Zaimplementowanie elementów koncepcji Przemysłu 4.0 do górnictwa umożliwi efektywniejszą realizację procesów zgodnie z ustalonymi harmonogramami, wykorzystanie nowych narzędzi informatycznych, wspomagających procesy decyzyjne i – co najważniejsze – procesy zarządzania będą odbywały się w czasie rzeczywistym [4, 5, 6].

Polskie górnictwo, rozszerzając stosowanie technologii ICT, osiągnie znaczący wzrost efektywności zarządzania i poprawy bezpieczeństwa.



Rys. 1. Rozwiązania Grupy CNP EMAG na tle Zakładu Wydobywczego

Żeby osiągnąć zamierzony cel, planowana zintegrowana cyfryzacja musi być zastosowana w wybranych, kluczowych procesach biznesowych w zakresie [3]:

- komunikacji z dostawcami;
- SCM – zarządzania łańcuchem dostaw;
- monitorowania urządzeń i górotworu;
- ograniczania zagrożeń i poprawy bezpieczeństwa;
- wykorzystania gromadzonych danych dla optymalizacji procesów decyzyjnych.

W polskim przemyśle wydobywczym stosowane jest wiele tzw. systemów technicznych. Większość pozyskiwanych z nich danych wykorzystywana jest jedynie w systemach, które bezpośrednio obsługują pomiary, monitorują stan bieżący urządzeń lub parametry środowiska/procesu. Dane historyczne są przechowywane, ale wykorzystywane sporadycznie, jedynie w celu wyjaśnienia lub analizy konkretnego zdarzenia. Ponadto dane te są rozproszone, niezintegrowane, co utrudnia bądź uniemożliwia przeprowadzanie wielokryterialnych analiz i szukanie wzajemnych powiązań pomiędzy procesami oraz zdarzeniami. Dlatego też konieczna jest przede wszystkim integracja rozwiązań i wprowadzenie narzędzi informatycznych związanych z analizą danych. Umożliwi to opracowanie wiarygodnych systemów wspomagających procesy technologiczne i zarządcze. Bardzo ważne jest, aby uwzględnić konieczność wprowadzania zabezpieczeń informatycznych przed możliwościami niepożądanych działań zewnętrznych. Związane jest to bezpośrednio z bezpieczeństwem informacji, a w konsekwencji z utrzymaniem ciągłości działania zakładu przemysłowego, rozumianego jako element infrastruktury krytycznej.

W artykule przedstawiono wyzwania dla górnictwa związane z koncepcją Przemysłu 4.0. Zaprezentowano kompleksową ofertę wdrożeniową Grupy CNP EMAG. Przedstawiono nowe rodzaje narzędzi informatycznych, wspierających procesy zarządcze i technologiczne, opracowane przez Instytut Technik Innowacyjnych EMAG.

2. Kompleksowa oferta badawczo-wdrożeniowa

Można powiedzieć, że tzw. rewolucja techniczna w branży wydobywczej zaczęła się dużo wcześniej niż w innych branżach. Producenci maszyn, urządzeń i systemów oraz dostawcy technologii oferują coraz bardziej zaawansowane technicznie produkty, które spełniają indywidualne wysokie wymagania użytkowników. W rozwiązaniach implementowane są najnowsze

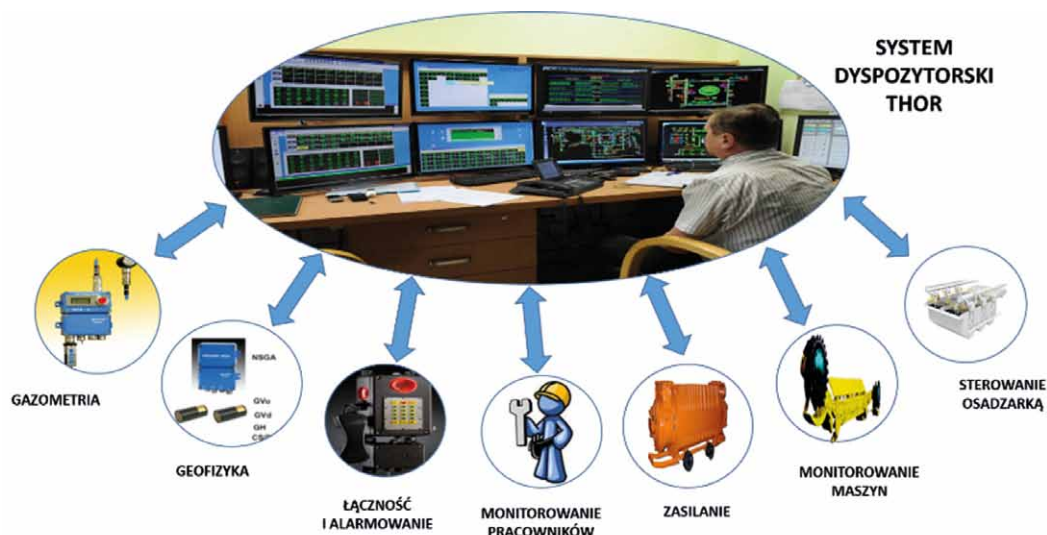
osiągnięcia techniczne i technologiczne. Na tej podstawie można jednoznacznie stwierdzić, że tzw. rewolucja przemysłowa spowodowana została m.in. postępującą cyfryzacją, przetwarzaniem danych w czasie rzeczywistym, komunikacją maszyna – człowiek i człowiek – maszyna.

Dzisiaj rynek oczekuje rozwiązań kompleksowych. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom klientów, Instytut Technik Innowacyjnych wraz grupą firm oferuje jako Centrum Naukowo-Przemysłowe EMAG – określane często jako Grupa CNP EMAG – kompleksową ofertę badawczo-wdrożeniową dla szeroko rozumianego rynku przemysłowego. EMAG zapewnia pełne wsparcie procesu od pomysłu do przemysłu oraz umożliwia opracowywanie kompleksowych, wysoko specjalizowanych rozwiązań, a także wsparcie procesu wdrażania nowych rozwiązań i nadzór nad uruchomieniem.

Grupa CNP EMAG oferuje kompleksowe podejście do klienta, łączy innowacyjność ze specjalistyczną wiedzą i wieloletnim doświadczeniem zdobytym podczas realizacji przedsięwzięć innowacyjnych na całym świecie. W celu najlepszego rozpoznania i zaspokojenia potrzeb aktualnych i potencjalnych klientów Grupa Kapitałowa CNP EMAG, zgodnie z posiadanymi kompetencjami proponuje kompleksową ofertę w zakresie badań i rozwoju, dostawy produktów, usług i szkoleń [5, 6].

Potencjał Grupy CNP EMAG pozwala na przedstawienie kompleksowej oferty asortymentowej produktów, usług oraz na tworzenie nowych rozwiązań w odpowiedzi na potrzeby zgłaszane ze strony rynku/Klienta. Umożliwia to jednocześnie w pełni indywidualne podejście do Klienta – dokładną identyfikację potrzeb i oczekiwań oraz przygotowanie kompleksowego dedykowanego rozwiązania, przy profesjonalnym wsparciu na każdym etapie realizacji inwestycji. Grupa CNP EMAG to odpowiedź na zmianę warunków prowadzenia działalności gospodarczej przez Klientów: potrzebę wzrostu efektywności prowadzonej działalności, podniesienia poziomu bezpieczeństwa pracy i zarządzania kosztami. Na rys. 1 przedstawiono zakres stosowania rozwiązań na tle zakładu górniczego.

Aktualnie jednym z najważniejszych aspektów w działalności jest rentowność przedsiębiorstw wyposażonych w dodatkowe systemy wspomagające, które są z natury rzeczy kosztowne. Niemniej jednak możliwość integracji, centralnego zarządzania obiektem (z rozróżnieniem uprawnień i kompetencji) daje szansę na uzyskanie dużej efektywności i zbilansowania kosztów inwestycyjnych.



Rys. 2. Zintegrowany System Zarządzania Produkcją i Bezpieczeństwem SILESIA

Przykładem rozwiązania oferującego kompleksową integrację rozwiązań występujących na obiekcie przemysłowym jest oferowane przez Grupę CNP EMAG kompleksowe rozwiązanie Zintegrowanego Systemu Zarządzania Produkcją i Bezpieczeństwem SILESIA. Rys. 2 przedstawia schemat struktury systemu.

Wdrożenie kompleksowego rozwiązania Systemu SILESIA umożliwia uzyskanie [4]:

- możliwie najwyższej efektywności ekonomicznej;
- zapewnienia i utrzymywania wymaganej zdolności produkcyjnej kopalni;
- zapewnienia bezpieczeństwa robót górniczych;
- skutecznej ochrony środowiska;
- jak najwyższej efektywności energetycznej.

3. Przemysł 4.0 wyzwania w górnictwie

Rozwiązania technologiczne zgodne z wymaganiami koncepcji Przemysłu 4.0 wymagają oprócz rozwiązań kompleksowych, integrujących wiele systemów i podsystemów zmiany podejścia do zarządzania przedsiębiorstwem, jak również zwiększenia wymagań od producentów rozwiązań oraz zwrócenie uwagi na szkolenia czy zabezpieczenia obiektu w postaci ubezpieczeń.

Instytut EMAG wspólnie z przedsiębiorstwami CNP EMAG przygotował propozycję kompleksowego podejścia do nowoczesnego zakładu przemysłowego, na przykładzie nowoczesnie zarządzanej kopalni.

Zbudowany system powinien dostarczyć pełny obraz łańcucha dostaw, począwszy od zarządzania złożem i wydobywaniem, po przygotowanie urobku do sprzedaży klientowi końcowemu. Analizy danych powinny ponadto umożliwiać optymalizację efektywności energetycznej i materiałowej procesów produkcyjnych. Wyniki analiz korelacji parametrów maszyn będą mogły być wykorzystane do reagowania na uszkodzenia i prowadzenia napraw prewencyjnych. Pozwoli to unikać nieplanowanych przerw w pracy i zapewnić utrzymanie ruchu, co pozytywnie wpłynie na zwiększenie wydobywania i redukcję kosztów eksploatacji.

Wyniki prac badawczo-rozwojowych prowadzonych od kilku lat w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG i firmach Grupy

CNP EMAG umożliwiły zdefiniowanie Programu „Cyfrowa Kopalnia” (*Smart Mine*), zorientowanego na cyfryzację obszaru zarządzania produkcją i bezpieczeństwem kopalni. Zgodnie z prezentowaną ideą zakłada się, że w Programie Cyfrowa Kopalnia cyfryzacja kopalni powinna wspomagać ekonomicznie uzasadnione wydobywanie surowca w warunkach istniejącego popytu oraz obowiązujących uwarunkowań legislacyjnych poprzez racjonalne szczypanie złoża i efektywne wykorzystanie zasobów, uwzględniając istniejące zagrożenia naturalne. Nadrzędną cechą ma być szeroko rozumiana interoperacyjność. Oczekuje się, że wprowadzenie Programu Cyfrowa Kopalnia spowoduje następujące efekty:

- wzrost konkurencyjności i efektywności zarządzania produkcją górnictwem;
- udostępnienie narzędzi dla prowadzenia racjonalnej gospodarki zasobami oraz złożem;
- obniżkę kosztów produkcji oraz zapewnienie bezpiecznych i właściwych warunków pracy;
- wzrost wydajności pracy;
- podniesienie poziomu bezpieczeństwa pracy załóg.

W Programie *Smart Mine* zawarto strukturę komponentów oraz propozycję rozwiązania pilotażowego, zawierającego elementy uwzględniające korzyści, jak również zagrożenia wynikające z nowych technologii charakteryzującej koncepcję Przemysł 4.0.

Zdefiniowany Program Cyfrowa Kopalnia to [5]:

- autorskie spojrzenie specjalistów Instytutu EMAG i CNP EMAG na produkcję górnictwem poprzez procesy biznesowe z punktu widzenia technologii ICT;
- propozycja rozwiązania będącego balansem pomiędzy nowoczesną technologią i możliwością zastosowania jej z uwzględnieniem istniejących uwarunkowań (politycznych, ludzkich i technologicznych);
- wykorzystanie wiedzy kadry i olbrzymiej ilości zgromadzonych danych dla znalezienia rozwiązań wspomagających, a nie ingerujących w bieżące procesy produkcyjne;
- kooperacja firm okołogórnictwem z KGHM/PGG/JSW w celu osiągnięcia wspólnego sukcesu;

- wdrożenie konkretnych rozwiązań ICT, realizowanych przez różnych dostawców usług i technologii.

Podstawowymi funkcjonalnościami proponowanego rozwiązania są:

Zarządzanie efektywnością – umożliwienie wzrostu efektywności produkcji

Zastosowanie narzędzi informatycznych – analitycznych – umożliwiających optymalizację procesów.

Stworzenie Centrum Analizy Danych, które zapewni:

- analizowanie dużych zbiorów danych typu Big Data, wykorzystujących dane ustrukturyzowane i nieustrukturyzowane;
- identyfikację reguł zachowania maszyn i sieci pomiarowej, systemów, aby rozróżnić nienaturalne, odbiegające od reguł zdarzenia/przypadki, a jednocześnie nie generować fałszywych alarmów;
- możliwość modelowania prognoz i symulacji;
- zdolności interpretacji wyników analiz i prognoz w kontekście wiedzy branżowej, znajomości procesów oraz norm i reguł postępowania.

Centrum Analiz danych będzie świadczyć usługi eksperckie (analizy, modelowanie, prognozowanie) w przypadku technologii Big Data, które będą rozliczane za pomocą systemu billingowego rejestrującego wykonywane prace.

Bezpieczeństwo

Bezpieczeństwo rozwiązań – projektowanie rozwiązań o podwyższonych wymaganiach bezpieczeństwa.

Zastosowanie w procesie środowiska rozwojowego do konstruowania, wytwarzania oraz utrzymywania produktów i systemów informatycznych CCMODE. Rozwiązanie to będzie służyło głównie konstruktorom produktów teleinformatycznych, przedsiębiorcom i innym jednostkom zajmującym się produkcją specjalną. CCMODE podpowiada, jak w optymalny sposób projektować produkty, by były zgodne z wymaganiami standardu ISO/IEC 15408 Common Criteria.

Produkty informatyczne bez wiarygodnych zabezpieczeń nie powinny być stosowane, gdyż narażają interesariuszy na straty. Zakłada się identyfikację i usunięcie słabych punktów procesu opracowania i wytwarzania produktu informatycznego z punktu widzenia bezpieczeństwa, a także osiągnięcie zgodności tych procesów z obowiązującymi normami światowymi. Ma to na celu wyeliminowanie podatności dotyczących konstrukcji produktu, jak i technologii jego wytwarzania, które obniżają wiarygodność stosowanych zabezpieczeń. Stosowanie podstawowego światowego standardu, jakim w tej dziedzinie jest ISO/IEC 15408 Common Criteria, zwłaszcza połączone z procesem certyfikacji, jest w stanie zapewnić wiarygodność zabezpieczeń. Standard ten, ze względu na formalizmy i rygory wobec procesu rozwoju i wytwarzania produktu informatycznego, jest dość trudny w użyciu i tylko nieliczne przodujące firmy są w stanie go stosować.

Bezpieczeństwo obiektu – infrastruktura krytyczna

Kolejnym ważnym elementem jest zarządzanie ciągłością działania i bezpieczeństwem informacji. Jest to system

przeznaczony dla firm i instytucji, dla których ciągłość działania lub gotowość do działania jest podstawą funkcjonowania oraz posiadających i przetwarzających informacje wymagające ochrony. Zapewnia wspomaganie systemu zarządzania ciągłością działania instytucji według BS 25999/ISO 22301

Dedykowane dla firm pracujących w łańcuchu dostaw, w trybie *just-in time*, uzależnionych od wielu poddostawców, świadczące usługi elektroniczne, logistyczne, firmy silnie zintegrowane itp. Celem jest udoskonalenie procesu produkcji lub procesu świadczenia usługi poprzez identyfikację i ograniczenie wpływu czynników potencjalnie szkodliwych dla przebiegu tego procesu. Proces odporny na zakłócenia i prawidłowo zabezpieczone zasoby informacyjne z nim związane oznaczają mniej incydentów i strat z nimi związanych. Wdrożenie usługi wpływa również korzystnie na świadomość zarządu firmy i jej pracowników w zakresie bezpieczeństwa, co przyczynia się do zmniejszenia strat. Usługa oparta jest na wymaganiach dwóch rodzin światowych standardów: BS25999 (ISO22301) oraz ISO/IEC 27001.

Zarządzanie produkcją – zarządzanie parkiem maszynowym

Narzędzia informatyczne – planowanie.

Następnym ważnym elementem jest produkcja i zarządzanie parkiem maszynowym – realizowane przy zastosowaniu szkieletowego systemu wspomaganie decyzji opartego na wiedzy dziedzinowej. Na podstawie analizy zgromadzonych danych wspomaga użytkowników różnego rodzaju systemów dyspozytorskich i systemów monitorowania w podejmowaniu decyzji mających znaczenie dla prawidłowego przebiegu monitorowanych procesów. Zastosowanie tego rozwiązania w przemyśle umożliwi tworzenie modeli diagnostycznych urządzeń umożliwiających ocenę stanu urządzenia, wykrywanie możliwości awarii, analizę przyczyn usterek, tworzenie modeli prognozytycznych na podstawie danych historycznych. Dzięki temu możliwe jest np. przewidywanie jakości produktu w zależności od ustawionych parametrów produkcji, przewidywanie zapotrzebowania na media (woda, energia, gaz), klasyfikowanie zagrożeń, dopasowywanie modeli matematycznych do danych pomiarowych charakteryzujących dany proces (identyfikacja

reklama

reklama

modeli), analiza i przejmowanie wiedzy na temat sposobu sterowania procesem przez operatorów, optymalizacja sterowania procesem, analiza niezawodności i przeżycia, wykrywanie przyczyn i związków pomiędzy parametrami procesu, analiza użytkowania maszyn i urządzeń przez operatorów, analiza danych ankietowych, inne zadania statystycznej i eksploracyjnej analizy danych.

Oprócz wymienionych podstawowych elementów zaproponowano, aby nowo powstałe rozwiązanie testować na jednym wyselekcjonowanym obiekcie, który docelowo będzie określony jako wzorcowy – referencyjny model. Takie podejście umożliwi osiągnięcie zamierzonych celów, wdrażanie sprawdzonego rozwiązania, a co najważniejsze, dalsze doskonalenie i optymalizowanie modelu referencyjnego.

Kolejną cechą projektowanego rozwiązania powinna być jego skalowalność, umożliwiającą wdrażanie zarówno w mniejszych, jak i dużych organizacjach.

Niezwykle ważne jest kompleksowe szkolenie – zapoznawanie z nowoczesnymi technologiami, jak również wykorzystanie nowych technologii do szkolenia przyszłych pracowników. Dzięki zastosowaniu elementów Virtual Reality istnieje możliwość odwzorowania środowiska pracy i dobrego przygotowania pracowników do powierzonych zadań. Nowe technologie umożliwią realizację profesjonalnych szkoleń z zakresu obsługi maszyn, urządzeń czy systemów funkcjonujących w środowisku pracy.

Przemysł 4.0 wymusza oprócz zabezpieczeń technicznych stosowanie również dodatkowych środków, takich jak ubezpieczenia. Górnictwo – Zakłady Górnicze jako jeden z podmiotów bardzo z informatyzowanych, obciążone jest dużym ryzykiem związanym z potencjalnymi zagrożeniami, co w konsekwencji może skutkować utratą informacji, konsekwencjami finansowymi czy utratą reputacji. Ryzyka takie dotyczą również gromadzenia i przetwarzania danych osobowych. Dodatkowo należy zwracać uwagę na inne rodzaje zagrożeń (*phishing* – wyłudzenie danych; *cybersquatting* – domeny do odsprzedaży, wyłudzenie informacji; *ransomware* – szkodliwe oprogramowanie), pomimo że mamy do czynienia z tzw. sieciami wydzielonymi, zamkniętymi. Największą uwagę należy zwrócić na tzw. czynnik ludzki. Wymienione zdarzenia mogą przynieść negatywne skutki w postaci: odszkodowań, starty finansowej czy osłabienia wizerunku. Dlatego też należy rozważać konieczność zawarcia ubezpieczeń od tzw. ryzyk typu cyber, oferowanych już przez wiele Towarzystw Ubezpieceniowych.

4. Podsumowanie

Technologie charakteryzujące Przemysł 4.0 to – jak już wcześniej powiedziano – stwarzają wiele szans, ale i wiele ryzyk. Jedno jest pewne, że jest to proces nieunikniony. W związku z tym należy podjąć szereg działań opisanych w artykule. Szczególnie są to istotne zagadnienia dla przemysłu wydobywczego.

Ważne jest kompleksowe podejście do procesu cyfryzacji, z uwzględnieniem szeroko rozumianej interoperacyjności: technicznej, prawnej, organizacyjnej, tak aby proces wydobycia był ekonomicznie uzasadniony.

Należy stosować rozwiązania narzędzi informatycznych wspomagających procesy – na przykład proponowane przez

Instytut Technik Innowacyjnych EMAG. Oferowane przez CNP EMAG kompleksowe rozwiązanie Zintegrowanego Systemu Zarządzania Produkcją i Bezpieczeństwem – SILESIA to pierwszy krok wykonany w stronę integracji systemów i kompleksowego rozwiązania zagadnienia [6].

Prezentowane rozwiązania należy traktować w kategorii wyzwań dla górnictwa mierzonych efektem przyszłego wdrożenia. Rozwiązanie proponowane przez EMAG w Programie Cyfrowa Kopalnia ma szansę m.in. zwiększyć konkurencyjność krajowych producentów węgla na rynku międzynarodowym. Kluczowe innowacje techniczne przedstawione w artykule są traktowane jako czynniki umożliwiające czwartą rewolucję przemysłową. Spośród wielu wymienić należy przede wszystkim: nową jakość komunikacji, inteligentne czujniki, przetwarzanie danych w chmurze, analitykę dużych zbiorów danych, techniki symulowania obiektów rzeczywistych w wirtualnym odzwierciedleniu, komunikacja maszyna – człowiek, człowiek – maszyna, rozwiązania *cybersecurity*, rzeczywistość rozszerzona, modelowanie poprzez wydruk 3D. Jak już powiedziano – wszystkie te rozwiązania funkcjonują w przemyśle, natomiast oczekiwane efekty będą spowodowane poprzez kompleksowe wdrażania, skalę stosowania, synergię z istniejącymi rozwiązaniami, integrację oraz dynamikę rozwoju.

Literatura

- [1] Accenture Technology Vision 2016. People First: The Primacy of People in a Digital Age, Accenture, 2016, https://www.accenture.com/t20160314T114937__w_/us-en/_acnmedia/Accenture/Omibono/TechnologyVision/pdf/Technology-Trends-Technology-Vision-2016.PDF#zoom=50 (15.04.2016).
- [2] ANDRZEJEWSKI M., BORKOWSKI L.: *Kierunki rozwoju monitoringu pracy maszyn i urządzeń górniczych w KGHM „Polska Miedź” SA*. „Wiadomości Górnicze” 10/2014.
- [3] GOLEŃ A., GAŁUSZKA J., WOJTAS P., WOJTAS M.: *Studium wykonalności Programu Cyfrowa Kopalnia/Smart Mine*. Opracowanie własne CNP EMAG SA, Katowice 2017.
- [4] KOZŁOWSKI A.: *Bezpieczeństwo procesów technologicznych w ujęciu systemowym – Zintegrowany system zarządzania Silesia+*. Kongres Innowacji Polskich, Kraków 2015.
- [5] KOZŁOWSKI A., WOJTAS P.: *Systemowe podejście do cyfryzacji w procesach technologicznych w górnictwie*. Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2017.
- [6] KOZŁOWSKI A., WOJTAS P.: *Zintegrowane systemy dla przemysłu wydobywczego w kontekście wymagań transformacji cyfrowej*, SEMAG, Mysłakowice 2017.