

INSTYTUT INŻYNIERII MECHANICZNEJ

METODY I NARZĘDZIA W INŻYNIERII PRODUKCJI

**REDAKCJA
TARAS NAHIRNY
TOMASZ BELICA**



**UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI
ZIELONA GÓRA 2020**

METODY I NARZĘDZIA W INŻYNIERII PRODUKCJI

Tom 3

REDAKCJA

TARAS NAHIRNY

TOMASZ BELICA

UNIwersytet Zielonogórski
Zielona Góra 2020

Wydawnictwo Naukowe Instytutu Inżynierii Mechanicznej
Uniwersytetu Zielonogórskiego



Redakcja naukowa

prof. dr hab. Taras Nahirny
dr inż. Tomasz Belica

Recenzenci

dr hab. inż. Milan Edl
dr hab. inż. Michał Sęsiadek

Projekt okładki i strony tytułowej

dr inż. Tomasz Belica

© COPYRIGHT BY UNIVERSITY OF ZIELONA GÓRA
ZIELONA GÓRA 2020

ISBN 978-83-959326-1-8

Monografię przygotował zespół redakcyjny na podstawie materiałów przygotowanych przez Autorów z uwzględnieniem uwag recenzentów.

Druk: Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego
65-246 Zielona Góra, ul. Podgórna 50
Tel. 068 3287864; Sekretariat@ow.uz.zgora.pl

Spis treści

Przedmowa	5
Zastosowanie systemów wizyjnych w zapewnieniu jakości pneumatyki motoryzacyjnej – studium przypadku	7
<i>Babirecki Wojciech, Śliwa Małgorzata</i>	
Zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości w dziale kontroli jakości	21
<i>Cygan Adrianna, Dąbrowski Karol, Skrzypek Katarzyna</i>	
Narzędzia wspomagające wydawniczo-poligraficzny proces produkcji prasy	33
<i>Kasperska Renata</i>	
Zarządzanie zasobami ludzkimi i dobór zespołów roboczych w przedsiębiorstwie produkcyjnym.....	45
<i>Łosyk Hanna, Komarnicka Anna, Nahirny Taras</i>	
Racjonalizacja procesu impregnacji wyrobów drewnianych	57
<i>Madej Tomasz, Belica Tomasz</i>	
Wsparcie innowacji w procesie produkcji na przykładzie szybkiej ścieżki (1.1.1 POIR).....	69
<i>Sabal Maciej</i>	
Metody jakościowe i ilościowe w kontroli jakości	81
<i>Salamaj Marek, Jung Dawid</i>	
Ordered logit models in the assessment of the manufacturing enterprise innovativeness.....	95
<i>Skrzypek Katarzyna, Dąbrowski Karol, Tran Anh Duc</i>	
Rzeczywistość rozszerzona i wirtualna w przedsiębiorstwie produkcyjnym	105
<i>Śliwa Małgorzata, Babirecki Wojciech</i>	

Przedmowa

Badania naukowe w zakresie inżynierii produkcji są ściśle powiązane z zapotrzebowaniem przedsiębiorstw. Przedsiębiorstwa produkcyjne chcąc utrzymać pozycję rynkową lub zwiększyć przewagę konkurencyjną, skazane zostały na innowacyjność, jak również na wykorzystanie tradycyjnych metod i narzędzi inżynierii produkcji. Produktowe i technologiczne innowacje powstają w wyniku prac naukowo-badawczych i dotyczą nowych produktów lub procesów. Zazwyczaj bazują one na szerokim wykorzystaniu aplikacji nauk technicznych i podstawowych, stosowanych w nich modeli oraz metod. Oddawany do rąk czytelnika trzeci tom opracowania jest zbiorem prac związanych z kierunkiem Inżynieria Produkcji w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna.

Książkę otwiera praca przedstawiająca zastosowanie systemów wizyjnych w procesach kontroli jakości wybranych elementów wykorzystywanych w przemyśle motoryzacyjnym. W sposób ogólny omówiono obowiązujące wymagania i normy stosowane w przedsiębiorstwach produkcyjnych z branży automotive oraz zasady funkcjonowania systemów wizyjnych. Na wybranym przykładzie przedstawiono możliwości wykorzystania danych systemów w procesie kontroli gotowych wyrobów. Tematem kolejnego opracowania są narzędzia wykorzystujące technologię rzeczywistości rozszerzonej. Przedstawione zostały obszary zastosowania oraz możliwe do zrealizowania za pomocą danej technologii działania usprawniające funkcjonowanie działu kontroli jakości. Narzędzia wspomagające proces produkcji prasy codziennej są tematem kolejnego artykułu. Autor przedstawia model zintegrowanego systemu, umożliwiającego właściwy przepływ informacji, efektywne planowanie i zarządzanie tym procesem oraz propozycję algorytmu ustalania optymalnej wielkości nakładu zlecanego do druku przez wybrane wydawnictwo. Przedmiotem kolejnego opracowania jest problematyka zarządzania zasobami ludzkimi oraz reguły budowania wydajnych zespołów roboczych na podstawie doświadczenia, umiejętności i innych wybranych kryteriów. Autorzy następnej pracy, w oparciu o przedsiębiorstwo zajmujące się produkcją drewnianych elementów architektury ogrodowej, rozpatrują możliwości poprawy efektywności wybranego procesu, mające na celu skrócenie czasu jego realizacji. Autor kolejnego artykułu omawia możliwości wsparcia przedsiębiorstw ze środków wybranego programu, dotowanego przez UE. Możliwości wsparcia finansowego opisane zostały w kontekście znaczenia wprowadzania innowacyjności w przedsiębiorstwach w świetle kluczowych definicji w tym obszarze. Następne opracowanie przedstawia zagadnienia związane z kontrolą jakości przewodów stało-oporowych (grzejnych) oraz weryfikacją dostawców surowców do produkcji danego wyrobu. Autorzy kolejnego artykułu przedstawili możliwość zastosowania modeli logitowych

do oceny innowacyjności przedsiębiorstw. Procedurę postępowania przy wykorzystaniu danej metody określono na przykładzie badanego przedsiębiorstwa. Ostatnia praca dotyczy wykorzystania modelowania rzeczywistości rozszerzonej i wirtualnej w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Zdefiniowano i opisano przykłady implementacji przedmiotowej technologii w różnych obszarach. Dokonano jej oceny oraz przedstawiono możliwe kierunki rozwoju.

ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW WIZYJNYCH W ZAPEWNIENIU JAKOŚCI PNEUMATYKI MOTORYZACYJNEJ – STUDIUM PRZYPADKU

Wojciech BABIRECKI¹, Małgorzata ŚLIWA²

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zastosowania systemów wizyjnych w procesach kontroli jakości elementów pneumatyki motoryzacyjnej. W opracowaniu przybliżono pojęcie jakości oraz obowiązujące wymagania i normy stosowane w przedsiębiorstwach produkcyjnych z branży automotive. Przedstawiono ogólne zasady funkcjonowania systemów wizyjnych i możliwości ich wykorzystania w procesach kontroli gotowych wyrobów. Na wybranym przykładzie pokazano sposób implementacji takiego systemu w zautomatyzowanym stanowisku kontrolnym, służącym do weryfikacji poprawności montażu i testowania funkcjonalności złącza pneumatycznego.

Słowa kluczowe: systemy wizyjne, kamery wizyjne, sterowanie jakością, branża motoryzacyjna, pneumatyka

1. Wstęp

Rozwój przemysłu i konkurencyjne środowisko wymaga skupienia się zarówno na potrzebie klienta, jak i na maksymalizacji przychodów. Zainteresowanie jakością wynika z praktycznego uzasadnienia i nie wiąże się wyłącznie z finalnym produktem dostarczanym do konsumenta, a szeregiem procesów, usług i półproduktów wymaganych przy powstaniu wyrobu gotowego. Niezależnie od branży produkcyjnej, zapewnienie jakości dostarczanych produktów stanowi kluczowe wyzwanie. Obejmuje zarówno selekcje półwyrobów, wykrycie defektu montażu, czy brak zgodności z deklarowanymi parametrami [13]. Jako najpowszedniejszy sposób kontroli jakości wskazuje się weryfikację wizualną – dokonywaną najczęściej przez pracownika linii produkcyjnej. Aby ten proces przebiegał sprawnie, pracownik musi nabyć odpowiednie doświadczenie, które pozwoli mu na szybką i trafną ocenę niezgodności. Wyzwanie stanowi krótki czas kontroli przy masowym wytwarzaniu produktów, zbliżonych do siebie pod względem parametrów fizycznych. Z drugiej strony problemem jest częsta rotacja kadry produkcyjnej, chęć zmiany stanowiska pracy, na którym występuje powtarzalna i ograniczona liczba operacji postrzeganych jako rutynowe. Zasadniczą wadą zmysłu wzroku człowieka jest niezdolność do

¹ dr inż.; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: w.babirecki@iim.uz.zgora.pl

² dr inż.; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: m.sliwa@iim.uz.zgora.pl

szybkiej akomodacji oka i efekt zmęczenia, wpływający na percepcję. Niemożliwy jest również stan ciągłej koncentracji – a w tym wypadku niełatwo o pomyłkę i błąd. W zgodzie z nurtem digitalizacji, istotną prócz samej kontroli, staje się analiza zgromadzonych danych pomiarowych wraz z ich archiwizacją. Jest to przydatne w przypadku analizy reklamacji czy predykcyjnego monitorowania wszelkich odchyłek występujących w procesie produkcji.

W przedsiębiorstwach, od stanowisk do kontroli wizyjnej, oczekuje się: elastyczności i uniwersalności względem analizowanych wyrobów, wykorzystania zautomatyzowanych rozwiązań o szybkiej stopie zwrotu, stabilności w zmiennych warunkach względem warunków otoczenia. Uwagę zwraca się także na łatwą i przyjazną dla operatora obsługę systemu, co powinien zapewnić prosty interfejs aplikacji [8].

2. Zapewnienie jakości w wyrobach pneumatyki motoryzacyjnej

2.1. Jakość

Według P. B. Crosby'ego jakość jest zgodnością wyrobu z wymaganiami klienta, natomiast R. Flood określa ją jako spełnienie formalnych i nieformalnych wymagań klientów przy najniższych kosztach za pierwszym i każdym następnym razem, a to najczęściej umożliwia automatyzacja procesu.

Dla produktów maszynowych wyróżnia się sposoby wyznaczenia jakości, takie jak:

- metoda pomiarowa, realizowana przy użyciu narzędzi mierniczych, uwzględniając ich dokładność, zakres, metodę obserwacji i rejestrowania (obserwacja pracy urządzenia, czasu działania, wadliwości wyrobów tego urządzenia);
- metoda obliczeniowa, polega na weryfikacji modelu empirycznego lub teoretycznego w zależności od wskaźnika dla jakości wyrobu, a parametru maszyny;
- metoda bezpośrednia, pozwala na analizę parametrów mierzonych poprzez nasze zmysły i uznanych za właściwe lub nie, jednak dopuszcza się wzmacnianie otrzymanych wrażeń, np. dla wzroku za pomocą mikroskopu [13].

Wciąż, jako jedną z najczęstszych metod kontroli zgodności innych niż parametrycznych w przedsiębiorstwie sektora MŚP, wymienia się inspekcję wizualną wykonywaną przez pracownika. Przykładem takiego podejścia jest proces kontroli jakości na przykładzie firmy produkującej fotele samochodowe [9].

Koszty zapewnienia jakości są rozumiane jako całkowite zużycie zasobów niezbędnych do jej zapewnienia. Obejmują zarówno nakłady przeznaczone na utrzymanie stanu bieżącego oraz przyszłe korzyści i starty spowodowane wadliwością [6].

W związku z powyższym, winno się zwrócić uwagę na opłacalność wdrażanych rozwiązań poprzez wyznaczenie wskaźnika ROI – zwrotu inwestycji. Mimo tego, że wydatki w początkowej fazie projektowania zautomatyzowanych systemów pomiarowych są wysokie, to szybko się stabilizują. Natomiast manualne sposoby zapewnienia jakości generują stałe nakłady finansowe w czasie.

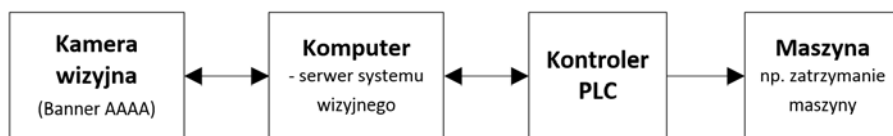
2.2. Aktualne normy w branży motoryzacyjnej

Branża automotive charakteryzuje się wyższymi w stosunku do innych wymaganiami co do jakości wyrobu. Mowa tu nie tylko o powszechnych normach jakościowych z serii ISO 9000 i 9001, ale również o tych, które są charakterystyczne tylko dla automotive. Do roku 2016 obowiązywała specyfikacja techniczna ISO/TS 16949:2009. Od roku 2016 obowiązuje nowa wersja normy ISO/TS 16949:2016, która teraz ma nazwę IATF 16949:2016. Specyfikacja ta jest ujednoczeniem istniejących norm z różnych krajów (amerykańskiej – QS-9000, niemieckiej – VDA 6.1, francuskiej – EAQF i włoskiej – AVSQ). IATF 16949:2016 spaja i ujednocza wymienione wyżej normy dla systemów jakości w branży motoryzacyjnej w celu wyeliminowania potrzeby wielokrotnej certyfikacji dla spełnienia wymagań różnych klientów. Wspomniana specyfikacja określa kryteria stawiane wobec systemu jakości dla produktów z zakresu projektowania i opracowywania, produkcji, instalacji i serwisowania. Poza tym, specyfikacja zawiera techniczne uzupełnienie o wymagania branży motoryzacyjnej, które są bardziej restrykcyjne względem obowiązkowej dokumentacji. W zapisach zwraca się uwagę na istotę statystycznej kontroli procesów. Niektóre z dodatkowych wymagań, w stosunku do powszechnej normy ISO 9001, dotyczą np.:

- programowania i realizacji poziomu brakowości zdefiniowanej w PPM (liczba braków na 1 mln wyprodukowanych wyrobów),
- przeprowadzenia pełnej analizy przyczynowo-skutkowej dla ustalenia powodów powstania braków,
- stosowania technik statystycznych (SPC),
- zapewnienia ciągłości metrologicznej dla wykonywanych pomiarów,
- pełnej identyfikacji dostaw.

3. Systemy wizyjne

Projektowanie widzenia maszynowego (ang. Machine Vision, MV) w przedsiębiorstwie produkcyjnym opiera się na zastosowaniu wizji komputerowej (ang. Computer vision, CV), polegającej na cyfrowym przetworzeniu obrazu. Multydyscyplinarne podejście uwzględnia zagadnienia inżynierskie z obszarów: produkcji próbek, sposobu ich prezentacji względem kamery, doboru optyki i oświetlenia, technik wykrywania obrazu, analogowego przetwarzania sygnału, cyfrowego przetwarzania informacji, znajomości oprogramowania dedykowanego czujnikom oraz ich programowania, łączenia systemów wizyjnych z innymi maszynami, sieci komputerowej, ergonomicznego projektowania interfejsu, sposobów kontroli jakości.



Rys. 1. Schemat integracji systemu wizyjnego i maszyny [1]

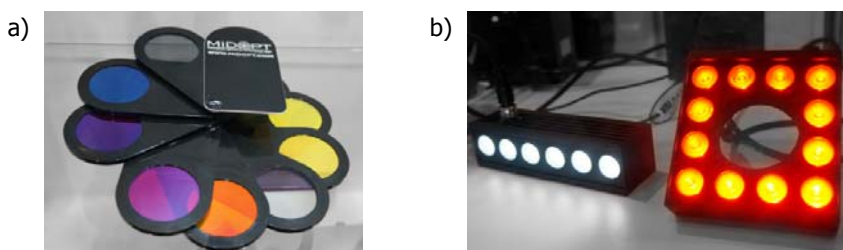
Funkcjonowanie systemu wizyjnego polega na współpracy kamery wizyjnej z komputerem, czyli serwera dla pozyskanych danych. Te, w dalszej kolejności, przetwarzane są na sygnały sterujące w kontrolerze PLC, tak aby wymusić odpowiednią reakcję maszyny, np. jej zatrzymanie (Rys. 1). Na rynku dostępne są zarówno podstawowe czujniki wizyjne stanowiące element całości (Rys. 2a), jak i te ze zintegrowanym interfejsem użytkownika (Rys. 2b).



Rys. 2. Czujniki wizyjne: a) prosty czujnik wizyjny InSight 2000 [10];
b) czujnik z wbudowanym interfejsem (Banner iVu) [5]

Czujniki wizyjne, także te współpracujące ze skanerem 3D, są bardzo popularnym wsparciem zautomatyzowanych systemów kontroli jakości [7], systemów bezpieczeństwa maszyn i urządzeń [2] jak i pracy robotów na linii produkcyjnej [1]. Zarchiwizowane dane służą do generowania raportów

jakościowych i rozbudowa wewnętrznych baz wiedzy. Wymagania stawiane kamerom to: wysoka prędkość pomiaru, dokładność (rozdzielczość), szeroka gama algorytmów do detekcji charakterystycznych punktów. Bardzo ważną rolę odgrywają zalecenia dotyczące oświetlenia w systemach wizyjnych, tj.: wykorzystywanie sztywnych osłon blokujących dostęp do światła z otoczenia oraz stosowanie światła sztucznego z lamp z regulowanym zasilaniem (oświetlaczy, np. z firmy VS Technology) lub filtrów (np. z firmy MIDOPT) (Rys. 3). Pożądana jest kontrola poziomu światła sprzężona z systemem pomiarowym. Pomimo tego, zaleca się stosować algorytmy wykluczające zmienne wynikające z oświetlenia detali [4]. System wizyjny wrażliwy jest także na zmienne czynniki zewnętrzne jak: wilgoć, zapylenie i temperatura, co sugeruje zabezpieczenie go odpowiednią zabudową [8].



Rys. 3. a) filtry do systemów wizyjnych MIDOPT,
b) oświetlacze VS Technology [11]

Duże znaczenie ma szybkość przetwarzania danych i ich przesył. W prostych urządzeniach wykorzystywany jest często protokół Ethernet/IP lub Profinet, w kompleksowych systemach do wyboru jest ich około trzy razy więcej [8]. Aby przyspieszyć wydajność pracy, wykorzystuje się funkcje przypisane do szybszego (względem dalszego łańcucha obróbki danych) procesora optycznego. Wśród metod wstępnego przetwarzania, wyróżnia się [4]:

- regulację rozmiaru i proporcji obrazu,
- korektę odkształceń obrazu,
- kompresowanie obrazu do jednej linii,
- obracanie obrazu,
- odwracanie jednej lub obu osi obrazu,
- regulację równowagi poziomów sygnału przestrzennie i czasowo (modulatory LCD, iluminatory LED),
- transformację Fouriera (wykonywana na przezroczystych obiektach/mediach),
- generowanie zmiennych wzorców oświetlenia w zakresie fal (oświetlacze LED),
- filtrowanie obrazów na podstawie długości fali (filtry optyczne),
- filtrowanie obrazów na podstawie polaryzacji.

Zadania dla systemów inspekcyjnych są wielorakie. Mogą obejmować [12]: rozpoznawanie kodów, obiektów (w tym: ich koloru), pozycji, sprawdzenie kompletności, weryfikację kształtu i wymiarów, inspekcję powierzchni. Ciekawą funkcją jest analiza obrazu pozyskanego w wyniku prześwietleń rentgenowskich wykonywanych w czasie rzeczywistym.

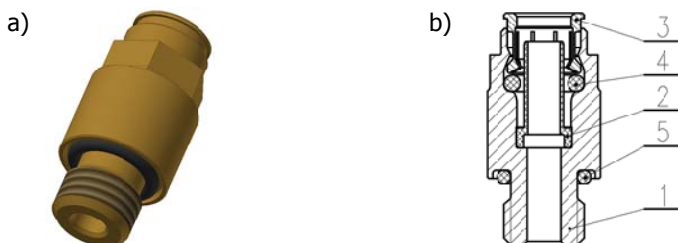
System wizyjny może pracować poprzez wykorzystanie prostych reguł przetwarzania optycznego obrazu, reguł heurystycznych, albo modeli matematycznych – także z obszaru sztucznej inteligencji. Najczęściej dane pozyskane z obrazu kamery przyjmują na wyjściu wartości NO lub OK. Powszechne algorytmy wbudowane w czujniki wizyjne, np. firmy Banner, mają na celu porównanie pozyskanego obrazu z zapisanym wzorcem, są to [3]:

1. „Match” – porównuje obraz ze wzorcem i akceptuje bądź odrzuca uzyskany wynik w oparciu o zapisaną tolerancję, możliwe ustawienia obejmują:
 - nauka obszaru regionu,
 - procentowe dopasowanie do wzorca (0-100%),
 - zakresy rotacji obrazu (kąt),
 - liczba przejść (pomiarowych) min-max,
 - edycja wzoru,
 - zaawansowane: wyszukiwanie areny, śledzenie areny w ruchu,
 - maksymalny czas inspekcji.
2. „Area” – zliczający pola (w odcieniach szarości lub nawiązujące do palety RGB) na obrazie, możliwe ustawienia obejmują:
 - wybór regionu do analizy (prostokąt, elipsa, koło),
 - intensywność barwy,
 - zakres pomiaru w obszarze (mierzony za pomocą pikseli),
 - liczba przejść (pomiarowych) min-max,
 - liczba przejść w całym obszarze roboczym regionu.
3. „Blemish” – wyszukiwanie wyraźnych linii, możliwe ustawienia obejmują:
 - wybór regionu do analizy (prostokąt, elipsa, koło),
 - czułość według skali,
 - zakres długości krawędzi w regionie,
 - liczba przejść (pomiarowych) min-max.

4. Proces produkcyjny, montażu i kontroli wyrobu

Proces produkcyjny determinują założenia konstrukcyjne i sporządzona dokumentacja techniczna. W procedurze projektowej przedsiębiorstwa z branży motoryzacyjnej (pneumatycznej), zwraca się szczególną uwagę na analizę wyrobu pod względem możliwości występowania błędów i niezgodności. Podczas prac nad dokumentacją techniczną zespół składający się z inżyniera konstruktora, technologa, oraz specjalisty ds. jakości, opracowuje liczne procedury mające na celu zapewnienie powtarzalnych warunków wytwarzania. Na tym etapie budowane są plany kontrolne, instrukcje i formularze kart pomiarowych. Technolog projektuje proces wytwarzania, dobiera odpowiednie narzędzia i parametry obróbki. Jednakże każdy proces produkcyjny, w tym montaż, wymaga szczególnego nadzoru. W przypadku małych detali, które muszą charakteryzować się wzorcową szczelnością, zagrożeniem w obróbce toczeniem są pozostałości wiórów, natomiast w montażu – brak obecności wszystkich komponentów (np. uszczelnienia o-ring).

Wymagania jakościowe wymuszają na dostawcy zapewnienie ustalonej wartości PPM, przez kontrolę 100% wyrobów. Inspekcja, w zależności od cech i funkcji wytwarzanego wyrobu, nie ogranicza się tylko do weryfikacji wymiarów. W przypadku złącza pneumatycznego, należy poddać badaniom również jego funkcjonalności. Jest nią bezwzględna szczelność oraz zapewnienie wymaganej siły z jaką złącze oddziałuje na wsunięty węń przewód pneumatyczny. Na rysunku 4 przedstawiono budowę analizowanego detalu. Wyszczególniono tutaj: 1 - korpus, 2 - tulejka podporowa, 3 - tulejka zacinająca, 4 - o-ring wewn., 5 - o-ring zewn.



Rys. 4. Budowa analizowanego elementu, a) widok 3D, b) schemat 2D

Do najistotniejszych wymagań jakościowych omawianej części można zaliczyć:

- szczelność, którą determinują wymiary poszczególnych komponentów, kontrolowane we wcześniejszych etapach produkcyjnych oraz obecność w prawidłowo zmontowanym elemencie uszczelnień (poz. 4 i 5),
- siła z jaką złącze oddziałuje na przewód (uniemożliwiająca wyrwanie przewodu ze złącza), na którą mają wpływ wymiary komponentów, kontrolowane we wcześniejszych etapach produkcyjnych, a także ich poprawny montaż, a zwłaszcza tulejki podporowej (poz. 2) i tulejki zacinającej (poz. 3).

Obecnie proces montażu odbywa się ręcznie. Na kolejnych jego etapach, przy zastosowaniu właściwego oprzyrządowania, operator montuje poszczególne elementy złącza. Monotonna praca, często na drugiej bądź trzeciej zmianie oraz wielokrotnie powtarzane te same rutynowe czynności, powodują pojawianie się pojedynczych błędów montażowych lub ich kombinacji. Najczęstsze wady to:

- złącza bez uszczelnienia wewnętrznego,
- złącza bez uszczelnienia zewnętrznego,
- złącza bez tulejki podporowej,
- złącza bez tulejki zacinającej.

Nie można dopuścić do sytuacji, w której wadliwy produkt trafi do klienta. Powoduje to natychmiastową reklamację, koszty, a w konsekwencji utratę zaufania klienta i możliwość jego wycofania ze współpracy. Poza tym, odbiorca u którego nastąpi przekroczenie dopuszczalnej ilości PPM może poinformować o tym fakcie organizację IATF, która ma prawo odebrać certyfikat IATF, uniemożliwiając w ten sposób dostarczanie wyrobów dla jakiegokolwiek klienta z branży automotive. Taka sytuacja może decydować o kryzysie, bądź wręcz o upadku firmy. Aby temu zapobiec, wszystkie zmontowane złącza są w 100% kontrolowane. Inspekcja ta polega na:

- wizualnej ocenie poprawności montażu każdego złącza przez pracownika weryfikującego obecność i poprawność montażu każdego elementu,
- sprawdzeniu szczelności, polegającym na podłączeniu każdego złącza do przewodu ze sprężonym powietrzem i sprawdzeniu szczelności za pomocą specjalnego preparatu.

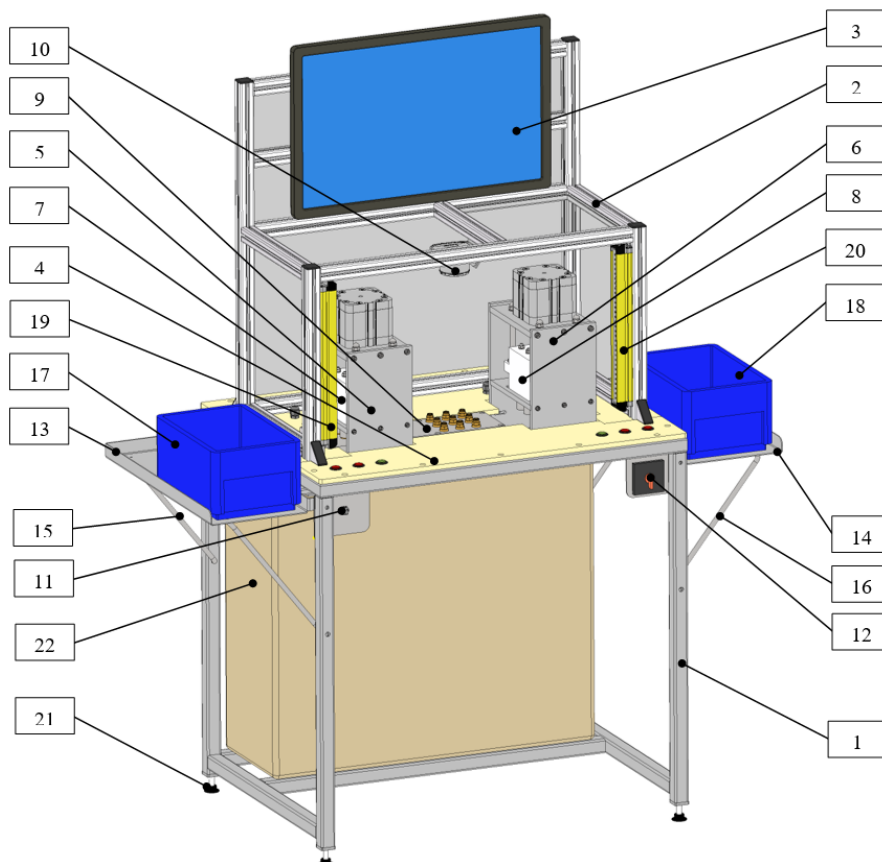
Obydwie czynności sprawdzające są bardzo czasochłonne i monotonne. Rutyna sprawia, że możliwe jest popełnienie błędu podczas kontroli, pominięcie złącza, odłożenie go do niewłaściwego pojemnika, itp. Niezgodności powstałe zarówno podczas montażu jak i kontroli oraz konieczność zaangażowania znacznej ilości pracowników wymusiły opracowanie i wdrożenie usprawnienia procesu kontroli.

5. Usprawnienie kontroli wyrobów z zastosowaniem systemów wizyjnych

Przed przystąpieniem do zdefiniowania koncepcji, dokumentacji konstrukcyjnej, wykonania i uruchomienia stanowiska kontrolno-pomiarowego, opracowano zbiór następujących założeń:

- wydajność urządzenia: 10000 szt. / 8 godz.,
- badanie szczelności – za pomocą pomiaru spadku ciśnienia w układzie pomiarowym w określonym czasie, z wykorzystaniem przetwornika ciśnienia,
- kontrola poprawności montażu – wykrywanie braku tulejki podporowej oraz zacinającej, lub obydwu jednocześnie, z wykorzystaniem systemu wizyjnego,

- całość zabudowana na oddzielnym stanowisku, obsługiwana w sposób ciągły przez siedzącego operatora,
- zachowany poziom bezpieczeństwa dla operatora, zgodny z normą PN-EN ISO 12100:2011 - "Bezpieczeństwo maszyn; ogólne zasady projektowania; ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka".



Rys. 5. Ogólna budowa urządzenia

Na podstawie założeń opracowano koncepcję urządzenia, przedstawioną na rysunku 5. Jego bazę stanowi rama (1) na regulowanych stopkach (21). Na ramie wsparty jest blat z przyciskami sterującymi i lampkami kontrolnymi (4). Do ramy zamocowane są dwa moduły testujące: lewy (5) i prawy (6). Każdy z nich wyposażony jest w blok z trzpieniami zaślepiającymi: odpowiednio lewy (7) w module lewym i prawy (8) w module prawym. Każdy blok wyposażony jest w 9 trzpieni zaślepiających, które podczas pracy urządzenia przemieszczają się w dół, zagłębiając się w 9 badanych złączach umieszczonych na ruchomej paletce (9).

Trzpień zaślepiający symuluje połączenie złącza z przewodem, wymiarowo odpowiadając przewodom poliamidowym o średnicy 8mm. Każdy trzpień jest zaślepiony i ma za zadanie odciąć przepływ powietrza przez złącze. Jednocześnie, naciskane sprężynami śrubowymi tuleje dociskają niezależnie każde złącze do paletki. Każde złącze jest niezależnie uszczelniane w paletce poprzez docisk tuleją, i dociśnięcie do dna paletki, gdzie następuje uszczelnienie na osadzonym na gwincie złącza uszczelnieniu typu o-ring. Każde złącze jest zasilane kontrolnym sprężonym powietrzem od dołu, poprzez system otworów w paletce.

Ruchoma paletka (9) przesuwa się po prowadnicy poziomej, napędzanej siłownikiem pneumatycznym. W paletce wykonanych jest 2x po 9 gniazd testowych. Do ramy, zarówno z jej lewej jak i z prawej strony przymocowane są składane półki. Na półce lewej (13), podpartej składaną podporą (15), znajduje się pojemnik na detale przed kontrolą (17). Analogicznie, po prawej stronie ramy na półce prawej (14), podpartej składaną podporą (16), jest pojemnik na detale po kontroli (18). Na przedniej ścianie urządzenia znajduje się ponadto: główny zawór sprężonego powietrza (11) oraz główny wyłącznik napięcia (12). Pod blatem zamontowano zamykaną szafę, w której umieszczono elementy układu sterowania, układu pomiarowego, przetwornik ciśnienia, oraz elementy systemu pneumatycznego, zarówno dla układu badawczego, jak i dla układu sterującego pracą poszczególnych podzespołów urządzenia.

Pod osłoną górną (2) zamontowano czujnik wizyjny (10), będący elementem kontrolnego systemu wizyjnego. Na czołowej powierzchni urządzenia, na profilach osłony górnej, zamocowano kurtyny bezpieczeństwa (19 i 20), stanowiące elementy układu bezpieczeństwa urządzenia.

Układ sterowania urządzenia oparty jest na sterowniku PLC. Zasilany jest prądem stałym o bezpiecznym napięciu w wysokości 24V. Do sterownika wchodzi sygnały wejściowe z innych elementów zarówno układu pneumatycznego, jak i układu pomiarowego.

Układ pneumatyczny składa się z siłowników pneumatycznych, zaworów rozdzielających sterujących siłownikami, zaworu redukcyjnego, czujników określających położenie tłoka każdego z siłowników.

Układ pomiarowy składa się z systemu wizyjnego i z systemu pneumatycznego. System wizyjny kontroluje poprawność montażu elementów złącza, a system pneumatyczny, oparty na przetworniku ciśnienia, sprawdza szczelność badanych złącz.

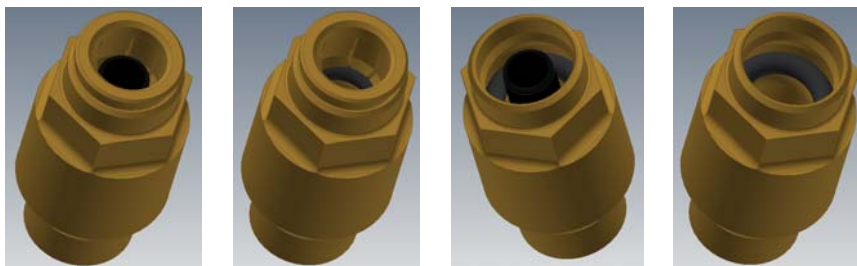
5.1. Sposób realizacji funkcji kontroli poprawności montażu z zastosowaniem systemu wizyjnego

Kontrola poprawności montażu złącz realizowana jest poprzez system wizyjny zamontowany w urządzeniu. Zastosowano czujnik wizyjny typu iVu2PRGR08 firmy BANNER. Czujnik umożliwia ustawienie 99 różnego rodzaju testów. Posiada wbudowane następujące narzędzia przetwarzania obrazu:

- wartość szarości,
- kontrola pozycji, obiektu i krawędzi,
- rozpoznawanie kształt,
- wykrywanie obszarów,
- monitorowanie ciągłości,
- narzędzia analizy takie jak operacje matematyczne i pomiarowe.

Czujnik wizyjny posiada oprogramowanie z intuicyjnym interfejsem użytkownika. Podczas badania identyfikowane są następujące wady wyrobu (Rys. 6):

- brak tulejki podporowej,
- brak tulejki zacinającej,
- brak tulejki podporowej i zacinającej.



a) detal poprawny

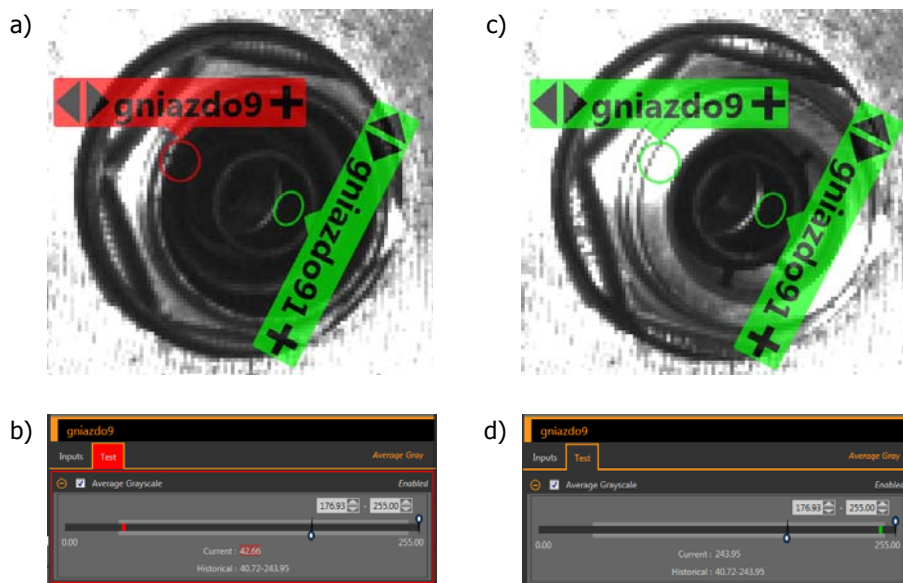
b) detal wadliwy -
brak tulejki
podporowej

c) detal wadliwy -
brak tulejki
zacinającej

d) detal wadliwy -
brak obydwu
tulejek

Rys. 6. Wady złącz wykrywane przez system wizyjny

Na rysunku 7 przedstawiono jeden z testów, tj. wykrywanie obecności tulejki zacinającej na jednym z gniazd paletki. Wykorzystano tu funkcję „wartość szarości”. W zaznaczonym okręgu, test: „gniazdo 9” (Rys. 7a), czujnik bada stopień szarości. Jeśli jest on różny od zadanego, określonego na suwaku (Rys. 7b), to wysyłany jest sygnał o błędzie. Jeśli stopień szarości mieści się w zadeklarowanym obszarze (Rys. 7d), to czujnik wysyła sygnał „OK” – test: „gniazdo 9” (Rys. 7c).



Rys. 7. Przykładowy test na „wartość szarości” wykrywający obecność tulejki zacinającej w złączu, jednym z gniazd paletki, opracowanie własne

W podobny sposób realizowane są testy na wszystkich gniazdach paletki, zarówno dla tulei zacinającej jak i podporowej. Następnie, za pomocą funkcji matematycznych ustalono sposób w jaki opracowywany jest ostateczny sygnał wysyłany z czujnika do sterownika PLC, zarządzającego kolejnymi procesami realizowanymi na urządzeniu.

5.2. Sposób realizacji funkcji kontroli szczelności

Kontrola szczelności złączy realizowana jest poprzez pomiar spadku ciśnienia w zamkniętym, napowietrzonym środowisku kontrolnym. Układ 9 złączy osadzonych w gniazdach na paletce, jest zamykany od góry poprzez trzpienie zaślepiające. Od dołu złączy, poprzez otwory zasilające wykonane w paletce, doprowadzane jest sprężone powietrze pomiarowe. Za pomocą znajdującego się w układzie przetwornika ciśnienia, następuje pomiar ciśnienia początkowego, następnie odpowiednie zawory powodują zamknięcie układu pomiarowego. Wówczas następuje pomiar czasu. Po upływie zadanego czasu odbywa się kolejny pomiar ciśnienia badawczego. Wartości ciśnienia początkowego i końcowego, odniesione do pojemności układu pomiarowego, po odpowiednich przeliczeniach zwracają wynik pomiaru nieszczelności pakietu dziewięciu badanych złączy w cm^3/min . Obliczona wartość porównywana jest z dopuszczalną, a o wyniku tego porównania operator jest informowany poprzez komunikat wyświetlany na monitorze. W celu skrócenia

inspekcji, badane jest jednocześnie 9 złącz. Jeśli wynik pomiaru będzie zły, należy odrzucić cały zestaw detali badanych jednocześnie na paletce (9 złącz).

Kontrola szczelności sprawdza jednocześnie, w pośredni sposób, obecność w badanych złączach uszczelnień, zarówno o-ringa zewnętrznego, jak i o-ringa wewnętrznego. Brak któregośkolwiek z nich, na jednym z badanych złącz, spowoduje nieszczelność jednoznacznie wykrywaną przez system pomiarowy.

6. Wnioski

Obserwowany obecnie „rynek pracownika”, oznacza wyższe wymagania podwładnych względem wynagrodzenia, wpływu na wybór powierzanych zadań, ale i rotację kadry. Negatywnym skutkiem są nowe wdrożenia pracowników, wymagające nakładów finansowych. Z kolei wysoka konkurencyjność wymusza minimalizację bieżących kosztów operacyjnych, ale też zwiększenie efektywności w produkcji detali. Digitalizacja przedsiębiorstw i rozwój techniki, wpływają na implementację coraz to przystępniejszych cenowo, a zarazem dokładniejszych i intuicyjnych w obsłudze, systemów wizyjnych wspomagających kontrolę jakości. Stanowiska mechaniczne, dzięki automatyzacji, umożliwiają mierzenie parametrów funkcjonalnych, jak np. szczelność, wytrzymałość, a poszerzone o systemy wizyjne pozwalają na wykonania nowych zadań lub usprawnienie bieżącej pracy operatora. Jest to szczególnie ważne w branży motoryzacyjnej, a więc tam, gdzie powtarzalność procesu i dążenie do wskaźnika niezgodności równego zero jest istotne przez wzgląd na bezpieczeństwo życia ludzkiego. Brak dochowania procedur, może doprowadzić do utraty klientów oraz braku możliwości produkowania wyrobów dla przemysłu automotive w wyniku utraty wymaganych certyfikatów. Należy zauważyć, że mimo wad i tzw. błędów ludzkich, to człowiek potrafi zareagować w niestandardowy sposób, w oparciu o intuicję i inteligencję. Jednakże, cytując za Wojtynek i Budzik: „wszędzie tam, gdzie działa czynnik ludzki powstanie defektu pozostaje kwestią czasu”.

Literatura

- [1] Anton F. D., Anton S., Borangiu T.: *Online Rapid Vision Integration for a Robotized China Plates Manufacturing Line*, Proceedings of the 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing Bucharest, Romania, May 23-25, 2012, IFAC Proceedings Volumes, Vol. 45 (6), pp. 1832-1837, 2012.
- [2] Bachman P., Goslinski, J., Owczarek P., Owczarkowski A., Regulski R.: *Wizyjny system bezpieczeństwa obszaru roboczego manipulatora elektrohydraulicznego*, Prace Instytutu Elektrotechniki, s. 11-17, 2013.
- [3] Banner: *iVu Plus TG and Color Gen2 Image Sensors. Instruction Manual*, 2019.
- [4] Batchelor B. G.: *Machine Vision for Industrial Applications. Machine Vision Handbook*, Springer-Verlag, London, 2012.

- [5] Cptrade. <https://cptrade.pl/produkty/banner/systemy-wizyjne-3/#prettyPhoto> [dostęp: 14.11.2019]
- [6] Hamrol A., Zymoniak Z.: *Zarządzanie jakością*. Inżynieria Produkcji. Compendium wiedzy, Red. R. Knosala, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2017.
- [7] Huang W., Kovacevic R.: *A Laser-Based Vision System for Weld Quality Inspection*, Sensors, No. 11 (1), pp. 506-521, 2011.
- [8] Hyla J.: *Systemy wizyjne w produkcji przemysłowej*. Magazyn Przemysłowy. Produkcja / Automatyka, 2016. <https://www.magazynprzemyslowy.pl> [dostęp: 16.11.2019]
- [9] Ramski W., Cieśla M., Czech P., Sierpiński G., Turoń K.: *Procesy kontroli jakości na przykładzie firmy produkującej fotele samochodowe*, Logistyka Nr 4, s. 1463-1470, 2015.
- [10] Systemy wizyjne. *Czujniki wizyjne serii In-Sight 2000*. <http://www.systemywizyjne.eu/czujniki-wizyjne-serii-in-sight-2000/> [dostęp: 14.11.2019]
- [11] Systemy wizyjne: *Systemy wizyjne na AUTOMATICON 2017*, 2017. <http://www.systemywizyjne.pl/ps/nws/systemy-wizyjne-na-automaticon-2017> [dostęp: 14.11.2019]
- [12] Szymonik J.: *Widzenie maszynowe jako narzędzie zapewniające wysoką jakość wyrobów*, Problemy Techniki Uzbrojenia, Nr 39, Z. 115, s. 67-76, 2010.
- [13] Śliwa M.: *Techniczne aspekty zapewnienia jakości wyrobów na przykładzie zaworu HPh M16/M12*. Praca inżynierska, Zielona Góra, 2016.

ZASTOSOWANIE ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI W DZIALE KONTROLI JAKOŚCI

Adrianna CYGAN¹, Karol DĄBROWSKI², Katarzyna SKRZYPEK³

Artykuł skupia się na przedstawieniu możliwości technologicznych jakie obecnie stosowane są w narzędziach wykorzystujących technologię rzeczywistości rozszerzonej (ang. Augmented Reality). Przedstawiono podstawowe funkcjonalności i sposoby działania, miejsca implementacji oraz zastosowanie w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Skupiono się na opisanu działań usprawniających funkcjonowanie działu jakości, możliwych do zrealizowania za pomocą technologii AR.

Słowa kluczowe: rozszerzona rzeczywistość, zarządzanie jakością, Lean Manufacturing, Smart Factory

1. Wprowadzenie

Współczesne systemy produkcyjne opierają się na nowoczesnych technologiach informatycznych. Jest to zgodne z koncepcją Smart Factory. Coraz częściej stosowane są układy sterowania, które umożliwiają integrację różnych typów procesów w jednym urządzeniu, co znacząco zwiększa jego możliwości oraz zakres zastosowań. Wobec wysoko postawionych wymagań do produkcji coraz większe znaczenie przykłada się do szybkości i dokładności realizowanych usług. Te natomiast mogą być sprawnie zrealizowane tylko opierając się na innowacyjnych rozwiązaniach, które są podstawowym czynnikiem dynamicznego rozwoju jednostki gospodarczej. Takimi rozwiązaniami są systemy i aplikacje stosowane w rozszerzonej rzeczywistości. Technologia ta daje duże możliwości, gdyż umożliwia w dynamiczny sposób rozwiązywać problemy na stanowisku pracy i skutecznie zrealizować powierzone zadania.

Praca skupia się na przedstawieniu możliwości technologicznych jakie są współcześnie zaimplementowane w narzędziach wykorzystujących technologię rzeczywistości rozszerzonej. Przedstawione zostały miejsca implementacji tej technologii w różnych gałęziach ludzkiej aktywności. Szczegółowej analizie poddano możliwości zastosowania tej technologii w dziale jakości.

¹ inż.; Uniwersytet Zielonogórski

² mgr; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: k.dabrowski@iim.uz.zgora.pl

³ dr; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: k.skrzypek@iim.uz.zgora.pl

2. Augmented Reality

Prace nad AR rozpoczął w latach sześćdziesiątych pionier grafiki komputerowej Ivan Sutherland wraz ze studentami z Harvard University i University Utah. Kolejne lata obejmowały prace głównie dla sił powietrznych USA oraz NASA. W latach dziewięćdziesiątych naukowcy Boeniga wprowadzili nazwę „Augmented Reality”. Skonstruowany przez nich system pomagał pracownikom odnaleźć się w setkach kabli znajdujących się w ich produktach. W ostatnich latach wzrost zainteresowania technologią oraz spadek cen sprzętu komputerowego zintensyfikował prace nad rozszerzoną rzeczywistością [8].

Jednym z ważniejszych obszarów współczesnych badań naukowych jest wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w przestrzeni otwartej. Wykorzystuje się do tego miniaturowych rozmiarów systemy nawigacji satelitarnej GPS oraz czujniki określające położenie użytkownika w terenie. Przykładem takiego zastosowania wartym uwagi jest system ARQuake [8]. Jest to jeden z pierwszych systemów, który pozwala użytkownikom odtwarzać rozszerzone gry w rzeczywistości na zewnątrz - pozwalając na poruszanie się w świecie fizycznym oraz doświadczanie wygenerowanych komputerowo graficznych pułapek i obiektów [14].

Rozszerzona rzeczywistość jest obszarem badań naukowych z dziedziny informatyki, który zajmuje się łączeniem obrazu świata rzeczywistego z elementami utworzonymi z wykorzystaniem technologii informatycznej. Samo AR nie tworzy pełnego, wirtualnego świata 3D (Virtual Reality - wirtualna rzeczywistość), lecz jedynie rozszerza i uzupełnia znany nam świat. Augmented Reality bazuje, więc na wykorzystaniu świata rzeczywistego i wzbogaca go poprzez dodanie grafiki wygenerowanej komputerowo [8]. Może to być uzupełnienie w formie prostej informacji (nazwy ulic, informacje nawigacyjne itp.) lub oparte na złożonych obiektach fotorealistycznych, wtapiających się w świat realny i tworzących z nimi całość (np. przy symulacjach militarnych bądź rekonstrukcjach zniszczonych budynków historycznych) [3].

Dejnaka [4] zdefiniowała rozszerzoną rzeczywistość jako poszerzenie fizycznej rzeczywistości przez dodanie do niej dodatkowej warstwy informacji wygenerowanej komputerowo. Azuma [1] rozszerzył tą definicję, uznając AR za system łączący świat realny z rzeczywistością wirtualną, który jest interaktywny w czasie rzeczywistym i pozwala na swobodę ruchów w trzech wymiarach.

Nie należy mylić pojęcia rzeczywistości rozszerzonej z wirtualną rzeczywistością (VR). Virtual Reality opiera się na elektronicznej prezentacji obrazów i dźwięków, które generuje komputerowe środowisko (bez zachowania elementów rzeczywistych) przez ekran komputera bądź wyświetlacze stereoskopowe [12]. Natomiast AR łączy w sobie bodźce pochodzące ze środowiska rzeczywistego z elementami wygenerowanymi bądź przetworzonymi w sposób cyfrowy, niedostępnymi dla użytkownika nieuzbrojonego w odpowiednie narzędzia

i oprogramowanie. Większość informacji przetwarzanych przez systemy AR jest prezentowana jako grafika wektorowa, następnie dźwięki oraz bodźce dotykowe [15]. Obecnie rozwijane aplikacje rzeczywistości rozszerzonej kładą nacisk na to, aby wirtualne „rozszerzenie” było niemożliwe do odróżnienia od rzeczywistości. Będzie to możliwe tylko i wyłącznie, gdy oświetlenie wirtualnych obiektów będzie identyczne z oświetleniem występującym w realnym środowisku [11].

Miejsca zastosowania systemów AR możemy podzielić na: obszar zamknięty (*internal AR*) i przestrzeń otwartą (*external AR*).

Obszar zamknięty dotyczy generowania obiektów rzeczywistości rozszerzonej na obrazach świata rzeczywistego. Do prawdziwego obrazu dodaje się interaktywne obiekty, które uruchamia użytkownik w odpowiednim dla niego czasie (np. podczas zwiedzania muzeum w poszukiwaniu informacji na temat eksponatu, podczas oglądania produktów firmy). Wewnętrzną rzeczywistość rozszerzoną stosuje się głównie w laboratoriach, dla rozrywki, w edukacji i podczas szkoleń pracowniczych. Przestrzeń otwarta dotyczy wyjścia na zewnątrz, m.in. w celu rekonstrukcji zniszczonych budynków, nawigacji 3D oraz trójwymiarowych szkoleń w terenie. Połączenie świata realnego z wirtualnym w przestrzeni otwartej jest dużo bardziej skomplikowana, wymaga bardziej zaawansowanej technologii oraz większych nakładów finansowych [6].

W celu określenia drogi użytkownika w monitorowanej przestrzeni, należy określić jego pozycję, kierunek ruchu oraz prędkość. Pozycja może być wyznaczana poprzez: lokalizację względną - oceną pozycji i orientacji poprzez łączenie informacji pochodzących z rozmaitych czujników (encodery lub bezwładnościowe) bądź bezwzględną - pozwalającą na określanie pozycji podczas ruchu, oparta jest na sygnałach satelitarnych jak GPS [8].

W systemach rzeczywistości rozszerzonej są wykorzystywane różne rodzaje wyświetlaczy. Najczęściej stosowanymi są gogle wizualizacyjne lub gogle z hełmem wizualizacyjnym [4].

2.1. Działanie systemów rzeczywistości rozszerzonej

Systemy rzeczywistości rozszerzonej opracowywane są z zestawów markerów (znaczników) nanoszonych na dowolne nośniki. Może nimi być dowolna powierzchnia, którą dobrze rejestruje kamera. Podstawą działania systemu AR jest lokalizacja i ciągłe śledzenie wybranych punktów odniesienia (markerów graficznych, naturalnych obiektów np. budynków, przedmiotów czy punktów identyfikacyjnych), w środowisku rzeczywistym, w celu dokładnego naniesienia na nią obiektów wirtualnych. Kamera śledzi ruch znacznika w polu widzenia, a komputer w jego miejsce wyświetla utworzony w danym czasie obiekt 3D widoczny w miejscu wyświetlenia obrazu. Odebrana sztucznie wygenerowana informacja pomaga użytkownikowi systemu w realizacji rzeczywistych zadań [10]. Pierwsze systemy

wykorzystywały czarno białe markery. Dzięki temu były mniej wrażliwe na zmienne oświetlenie. Składały się one z prostych wzorów geometrycznych, do których przypisane były wizualizacje [7]. System operacyjny rozpoznawał wzory, a następnie na markery nakładany był przypisany do nich obraz. Działanie tych systemów było możliwe tylko wewnątrz budynków, gdzie były stałe warunki. Początkowo zmienne warunki pogodowe oraz oświetlenia znacznie utrudniały, a nawet uniemożliwiały identyfikację markerów. Postanowiono wykorzystać obiekty już istniejące w otwartym świecie np. drzewa, budynki. Skorzystano z metody podobnej do markerów. Do systemów operacyjnych wprowadzono istniejące obiekty i przypisano im położenie geograficzne oraz wizualizowano je [2].

Znaki muszą być wykrywane z przestrzeni innych obiektów. Wykorzystuje się do tego systemy śledzące, do których zaliczamy zbiory pojedynczych bądź zintegrowanych ze sobą czujników, których zadaniem jest zbieranie informacji z zewnątrz i przesłanie ich do systemu. W momencie zidentyfikowania markera, system przekazuje informację zwrotną w postaci obrazu poszerzonego o elementy wirtualne [10]. W tabeli 1 przedstawiono różne systemy śledzące.

Tab. 1. Systemy śledzące [10]

System	Funkcjonalność
Celu aktywnego	Działają w środowiskach sobie znanych, w których przypisano już markery
Celu pasywnego	Opierają swoje działanie na zjawiskach występujących naturalnie (pole magnetyczne)
Systemy inercyjne	Całkowicie niezależne, które wykrywają zjawiska fizyczne tworzone przez przyspieszenie prostoliniowe oraz nieregularne ruchy

Żadne z przedstawionych rozwiązań nie jest idealne. Dlatego zaczęto opracowywać systemy hybrydowe, które niwelowałyby wady poszczególnych rozwiązań. Systemy hybrydowe łączą różne typy czujników i dzięki temu tworzą jeden komplementarny system. Dlatego tak ważnym elementem systemów AR jest oprogramowanie odpowiedzialne za rozpoznawanie markerów i przypisanych im elementów oraz za przetwarzanie danych [16].

Systemy rzeczywistości rozszerzonej do prawidłowego działania potrzebują minimum 3 komponentów: rejestrującego, śledzącego i wizualizującego. Czwarty element (model przestrzenny) jest stosowany do przechowywania informacji dotyczącej świata realnego i wirtualnego [9].

Wizualizacja rzeczywistości rozszerzonej odbywa się głównie za pomocą wyświetlaczy. Azuma i Baillet [2] podzielili je na 3 grupy: mobilne wyświetlacze montowane na głowie HMD, ekrany, które trzyma się w dłoni (tablety, smartfony) oraz wyświetlacze projektorowe.

Systemy typu HMD są obecnie najczęściej stosowanymi rozwiązaniami. Są to głównie okulary lub hełmy, generujące obraz 3D przed oczami użytkownika. Obraz jest wyświetlany na wyświetlaczu przeziernym bądź nieprzezroczystym z zamontowaną kamerą, która zapisuje obraz, a następnie ukazuje go użytkownikowi. Wadą takich rozwiązań jest błąd paralaksy - efekt niezgodności różnych obrazów tego samego obiektu obserwowanego z różnych kierunków, który jest związany z przesunięciem kamery względem oczu użytkownika. Często urządzenia tego typu charakteryzują się również niską rozdzielczością oraz stałą głębokością wyświetlanego obrazu [10].

Ekran monitorowy, trzymany w dłoni oraz przestrzenne są ogólnodostępne i nie wymagają dodatkowego zakupu, by wyświetlić obraz rzeczywistości rozszerzonej. Prawie każdy ma już bowiem smartfon, tablet czy notebook'a. Obraz jest wyświetlany na nieprzezroczystym ekranie LCD z wykorzystaniem wbudowanej kamery. Wadą przy tym rozwiązaniu jest konieczność trzymania urządzenia w dłoni, a także mały rozmiar ekranu. Problemem może być również niski poziom interakcji użytkownika z systemem [10].

Wyświetlacze projektorowe ukazują obraz bezpośrednio na powierzchni, na której ma zostać wyświetlony wirtualny element. Odbywa się to przez użycie projektora i nie wymaga użycia dodatkowego wyposażenia. Podobnym rozwiązaniem są tzw. HMPD – jest to rodzaj wyświetlacza projektorowego, montowanego na głowie, który rzuca obraz nie na ekran a na powierzchnię, na której łączą się dwa strumienie światła docierające z przeciwnych kierunków. Wiązka światła padająca na półprzezroczystą powierzchnię tworzy obraz przed oczami użytkownika. Największą wadą HMPD jest waga urządzenia [10].

2.2. Aplikacje wykorzystujące rozszerzoną rzeczywistość

Dzięki aplikacjom wykorzystującym technologie AR można w nowy sposób dokonywać: prezentacji produktów, prezentacji nowych (nieistniejących produktów), obrazowania procesów oraz funkcjonalności realnie istniejących przedmiotów, prezentacji dodatkowych treści informacyjnych, marketingowych wzbogacenia klasycznych materiałów marketingowych [13].

Rozróżniamy dwa rodzaje aplikacji AR [5]:

- AR mobilne (platformy Android, IOS, Windows),
- AR wykorzystujące zewnętrzne kamery oraz korzystające z nośników wielkoformatowych takich jak ekrany LED, videowall.

Aplikacje oparte na rozszerzonej rzeczywistości mogą służyć w różnych celach, a przykładami takich aplikacji są m. in.: Wikitude World Browser, Google Goggles, Wikitude Drive, Houzz Interior Design Ideas, Star Walk 2 – Night Sky Guide.

3. Obszary zastosowania aplikacji AR

Ze względu na rozwój technologii współcześnie systemy typu Augmented Reality mają bardzo szerokie zastosowanie. Nie jest on ograniczony jedynie do obszaru widzenia (grafiki), ale dotyczy również dźwięku np. aplikacja RjDj dla iPhone służąca do tworzenia melodii z „zasłyszanych” dźwięków z otoczenia. Kolejnym obszarem w jakim działa AR jest zmysł zapachu. Urządzenia odpowiadają na ruch użytkownika, jeżeli turysta ogląda np. nadmorskie krajobrazy to urządzenie generuje zapach morskiej bryzy identycznej w zapachu i konsystencji z oryginałem [13].

Rozszerzona rzeczywistość najczęściej wykorzystywana jest w obszarach [13]:

- wojsko,
- medycyna,
- turystyka,
- muzea,
- architektura,
- robotyka,
- marketing,
- handel,
- edukacja,
- rozrywka,
- lotnictwo,
- ułatwienia dla osób niedowidzących,
- motoryzacja,
- gospodarka magazynowa,
- szkolenia.

Przykładem zastosowania w **wojsku** są wyświetlacze montowane na kasku pilotów samolotów wojskowych i śmigłowców, które nakładały grafikę wektorową na obraz widziany przez pilota w rzeczywistym świecie. AR wspomogło podstawową nawigację w przestrzeni powietrznej, a także wykorzystywane jest do namierzania wrogich jednostek w powietrzu, wodzie lub na lądzie. W przypadku **medycyny**, połączenie generowanych w czasie rzeczywistym obrazów ciała ludzkiego z faktycznym stanem pacjenta (za pomocą tomografów komputerowych lub rezonansu magnetycznego) pozwala wyeliminować najważniejszą wadę mało inwazyjnych metod leczenia chirurgicznego, tj. ograniczenia pola widzenia chirurga wewnątrz ciała pacjenta, a także przyczynić się do lepszego zrozumienia i zaprezentowania metod oraz wyników badań, np. podczas wykładów w uniwersytetach medycznych. W **turystyce**, przy pomocy lekkich urządzeń mobilnych (tablety, urządzenia GPS, smartfony) możliwe jest wspomaganie turysty zarówno przez pokazywanie wirtualnej drogi do zadanego punktu na mapie (legendarna już technika „red line”), jak również przedstawienie innych, użytecznych dla turysty informacji bezpośrednio na rzeczywistym widoku miasta. W **muzeach**,

wystawiony eksponat może być oznakowany informacjami takimi jak kontekst historyczny lub miejsce odkrycia artefaktu. W **architekturze** - prezentacja nieistniejących już budynków w ich rzeczywistym otoczeniu. Jeżeli istnieją ich opisy zapisane do systemu baz danych, to wykorzystując AR generuje się ich wygląd w czasie rzeczywistym; podobnie można postępować z częściowo uszkodzonymi eksponatami muzealnymi itp. Wprowadzenie rozszerzonej rzeczywistości w **robotyce** było prawdziwym przełomem, np. w przypadku pracy z interaktywnym ramieniem, możliwe stało się szkolenie pracownika na wirtualnym symulatorze idealnie oddającym pracę z rzeczywistym urządzeniem, możliwa stała się także praca zdalna. **Marketing** - wykorzystując najczęściej darmowe oprogramowanie oraz urządzenia mobilne, wiele firm rozpoczęło promowanie różnych wyrobów, restauracji lub instytucji. W **handlu** AR umożliwiło np. wirtualną „przymiarke” mebli we własnym domu. Wykorzystując marker pobrany ze strony producenta mebli, można zapoznać się, jak dany mebel będzie wyglądał w miejscu docelowym. Innym zastosowaniem jest wirtualna przymierzalnia ubrań. **Edukacja** - interaktywne książki, materiały naukowe, nakładki AR na istniejące obiekty. W przypadku **rozrywki**, AR wykorzystywane jest w tworzeniu interaktywnych gier. Dzięki tej technologii mieszającej świat wirtualny z rzeczywistym, każdy użytkownik może stać się bohaterem gier. Rozwinęły się tzw. gry terenowe, łączące w sobie element nawigacji (GPS), a także awatary rzeczywistych przeciwników lub awatary tzw. botów, wspomaganymi przez sztuczną inteligencję. Możliwy stał się więc „wyścig” do ustalonego punktu w mieście czy na mapie, w rzeczywistym środowisku, ale z wirtualnymi przeciwnikami widzianymi jedynie na ekranie tabletu czy smartfonu. Jedną z najciekawszych gier wykorzystujących AR, a obecnie jedną z najbardziej zaawansowanych technicznie i wykorzystujących najwięcej pośredniczących technologii to gra wykorzystująca dron. Wykorzystując WiFi, użytkownicy sterują helikopterami AR Drone, latającymi w rzeczywistym środowisku. Miniaturowa kamera umieszczona w urządzeniu transmituje z niego obraz do sterującego nim tabletu czy smartfonu. Wirtualne środowisko rozszerza zabawę o pociski i wybuchy. Użytkownik ma możliwość trafienia innego AR Drona i widzi to na ekranie swojego tabletu czy smartfona dokładnie tak, jak i jego oponent. W momencie trafienia przeciwnik czuje wibrację na swoim urządzeniu sterującym, a jego AR Drone zaczyna automatycznie lądować i informuje swojego właściciela o wirtualnym uszkodzeniu. Instrumenty pokładowe stosowane w **lotnictwie** pokazują pilotom ważne dane na temat ukształtowania terenu, który widzą przed sobą. **Ułatwienia dla osób niedowidzących** - ta dziedzina zainteresowań rzeczywistości rozszerzonej, choć niezwiązana ściśle z przemysłem, zawiera potencjał do zwiększenia stopy zatrudnienia w tej grupie społecznej. Wady wzroku niektórych osób są na tyle poważne, że nie da się ich skorygować za pomocą zwykłych okularów czy soczewek kontaktowych, a jednocześnie ich oczy wykazują pewne reakcje na światło. Dzięki temu obróbka obrazu zarejestrowanego przez kamerę

cyfrową umieszczoną na głowie osoby niedowidzącej, poprzez np. powiększenie zaobserwowanych liter bez utraty ich kontekstu lub zwiększenie kontrastu, a następnie wyświetlenie go bezpośrednio przed oczyma lub wręcz na siatkówce oka. Przykładem zastosowania AR w **motoryzacji** jest wyświetlanie kluczowych informacji lub obrazów, np. z komputera pokładowego, radia lub systemu nawigacji, na przedniej szybie samochodu lub motocykla, dzięki czemu poprawia się bezpieczeństwo jazdy gdyż kierowca nie musi odrywać wzroku od dróg. W przypadku **gospodarki magazynowej** opisanie każdego z obiektów, znajdujących się w magazynie (bibliotece, archiwum, itp.) zbiorem danych na temat jego położenia, nazwy, kategorii, ciężaru i innych parametrów może pomóc użytkownikowi w łatwiejszym odnalezieniu danego przedmiotu poprzez wirtualne „podświetlanie” obiektów spełniających kryteria wyszukiwania. **Szkolenia** - AR zapewnia studentom, uczniom, osobom trenowanym niezbędne dane o specyficznych obiektach, nad którymi pracują [13].

4. Zastosowanie AR w zarządzaniu jakością

Jednym z obszarów w przedsiębiorstwie produkcyjnym, w którym rozszerzona rzeczywistość ma zastosowanie jest kontrola jakości. Wiele działań podejmowanych w tym dziale dzięki wykorzystaniu technologii AR można znacznie uprościć, a proces kontroli zoptymalizować. Modelowanie cyfrowe i symulacje (wizualizacje) z wykorzystaniem technologii AR są wsparciem podczas:

- 1) **Pomiarów** - (okablowania maszyny, urządzenia) wraz z przesyłem danych przez WiFi. Rola: przypisanie zużytej energii do wykorzystywanych urządzeń w procesie. Symulacja zużycia energetycznego, zagospodarowanego obszaru hali. Przykład: wykorzystanie aplikacji rozszerzonej rzeczywistości przez inżynierów na budowie. Odpowiednia aplikacja AR pozwalająca w czasie rzeczywistym sprawdzać zgodność parametrów budowy obiektu z projektem. Inżynier zamiast patrzeć w dokumentację, a później wykonywać pomiary, mógłby w goglach rozszerzonej rzeczywistości wykonywać pomiary bez użycia dodatkowych urządzeń. Wykorzystanie AR w trakcie produkcji jest dużym wsparciem przez porównywanie wyprodukowanego elementu z zapamiętanym wzorcem. Pozwala to na szybkie wychwycenie ew. wady produktu i niedoskonałości. Innym zastosowaniem AR może być ułatwienie dla operatora logistycznego w obsłudze klienta. DHL jest w trakcie opracowywania nowej aplikacji dla klientów, która umożliwi pomiar ładunku i określenie wielkości paczki przy minimalnych kosztach wysyłki do miejsca docelowego. Skaner wbudowany w aplikację zmierzy przedmiot, który ma być wysłany i na podstawie określonych wymiarów i wagi dobierze opakowanie i odpowiedni sposób wysyłki.

- 2) **Obserwacji** - wraz z pomiarem działań pracowników na poszczególnych stanowiskach (obserwacja samodzielnej organizacji stanowisk - metafora "wytyczania nowych ścieżek"), podział pola, na które oddziałuje pracownik względem siatki/punktów do wyznaczenia obszarów krytycznych. Rola: optymalizacja i reorganizacja stanowisk pracy (w AR). Lean manufacturing – poprzez eliminację zbędnych ruchów.
- 3) **Weryfikacji działań pracownika zgodnie z instrukcją** (wyświetlana jako AR). Rola: Pomiar czasu realizacji zadania. Wybór optymalnego ułożenia czynności. Uwzględnienie strat energetycznych związanych z realizacją operacji (nawiązanie do każdorazowego ładowania akumulatora wkrętarki). Technologia AR w firmie Bosch jest wykorzystywana do przekazywania instrukcji dotyczącej montażu. Jest to bardzo podobne zastosowanie do tego, które jest stosowane w procesie kompletacji w magazynie. Przez rozszerzenie pola widzenia pracownika linii montażowej o dodatkową informację uzyskuje on wskazówki w jakiej kolejności, i w jaki sposób ma wykonywać czynności na swoim stanowisku pracy. Dodatkowo system informuje, czy pracownik pobrał właściwe materiały do montażu.
- 4) **Porównywaniu stanowisk pracy** (organizacji, osprzętu) stanu rzeczywistego ze stanem wzorcowym (AR). Technika porównywania obrazu. Rola: Lean management. Analiza stanowisk pod kątem BHP, zagrożeń i odchyień. Szybki dostęp do alertów. W trakcie wirtualnego spaceru możliwa jest weryfikacja zagęszczenia stanowisk o poszczególnych stopniach oceny ryzyka zawodowego. Pozwala to na szybką ocenę, która część hali ma więcej zagrożeń. Można również rozpatrywać zmiany w przeprowadzonych ocenach ryzyka zawodowego.
- 5) **Kontroli jakościowej (wizualna)** realizowana za pomocą porównywania obrazów. Rola: szybsze rozpoznanie braków. Identyfikacja wyrobów. Dzięki zastosowaniu rzeczywistości rozszerzonej w przemyśle możliwe jest zupełnie nowe podejście do tematyki przeglądów, serwisowania i utrzymania ruchu. Przykładem jest prezentowanie instrukcji serwisowych na fizycznym urządzeniu. Wirtualne instrukcje nałożone na rzeczywisty obraz przyspieszają serwisowanie, dodatkowo zmniejsza się prawdopodobieństwo popełniania błędów. Technik może też zeskanować kod na części zamiennej i zweryfikować, czy prawidłowo ją montuje, a także zobaczyć wizualizację docelowego systemu.
- 6) **Analizy ścieżek pracowniczych** - optymalizacja hali produkcyjnej (vel. magazynu) za pomocą GPS, analizy spaghetti. Rola: Wizualizacja ścieżek. Wyznaczenie najkrótszej drogi do stanowiska, palety, regału itp. Zamodelowanie nowego układu pomieszczenia, rozmieszczenia maszyn i ponowna analiza spaghetti. Na przykład magazynier w polu widzenia uzyskuje informację o liście produktów do pobrania, następnie system lokalizuje obiekty i wyznacza optymalną ścieżkę pobrania, przy zachowaniu należytej kolejności. W momencie

pobrania zostaje sprawdzony kod pobieranego produktu z kodem produktu na liście. Rozwiązanie to pozwala na śledzenie lokalizacji produktów w czasie rzeczywistym, zwolnienie rąk magazyniera przez pozbycie się zbędnego nośnika papierowego oraz skrócenie czasu potrzebnego na przeszkolenie nowego pracownika. Zmniejszają się też popełniane błędy w trakcie procesu kompletacji.

- 7) **Upraszczenia wymiany informacji** – dzięki AR pracownicy działów produkcji mogą bezpośrednio zgłaszać problemy inżynierom i zespołom obsługi technicznej, wyświetlać KPI w czasie rzeczywistym oraz analizować informacje – wszystko bez zakłócania produkcji. Dodatkowo dzięki możliwości wymiany danych online i komunikacji z innymi osobami z zespołu, możliwe staje się rozwiązywanie trudnych problemów przez osoby nie będące ekspertami w danej dziedzinie. W praktyce dzięki AR serwisanci mogą dokonywać napraw praktycznie bez konieczności uprzedniego szkolenia.
- 8) **Skracania czasu przestoju** – wdrożenie systemów rzeczywistości rozszerzonej pozwala na szybsze reagowanie na występujące problemy z maszynami i instalacjami technologicznymi.
- 9) **Wyświetlania bieżących danych** – operatorzy mogą wyświetlać informacje dotyczące maszyny lub przebiegu procesu, dodatkowo – np. skanując kody QR – można na bieżąco mieć dostęp do materiałów wideo, grafik, itp. w celu obsługi bądź naprawy urządzenia. Na przykład obiekty wirtualne mogą być pokazywane jako dołączone do tych rzeczywistych, obrazując, jak dana część ma być zmontowana lub zdemontowana. W ten sam sposób klipy wideo mogą pokazywać procedurę trudną do opisanego w formie tekstowej.
- 10) **Dostęp do zasobów i wiedzy** – mobilne technologie AR umożliwiają pracownikom łatwiejszy dostęp do zasobów, instrukcji obsługi czy podręczników użytkownika w celu rozwiązywania codziennych problemów. Pozwalają one także na zdalną pracę ze specjalistami, w tym w oddalonych geograficznie lokalizacjach.
- 11) **Zarządzania raportami i KPI** – osoby odpowiedzialne za produkcję mogą łatwo dodawać zdjęcia czy filmy do bieżących raportów. Dodatkowo poprawie ulega komunikacja pomiędzy członkami zespołu.

5. Zakończenie

Rozszerzona rzeczywistość stanowi ważną część obszaru badań naukowych współczesnej informatyki. Zakres zastosowań AR jest obszerny i wraz z rozwojem nowych technologii nieustannie poszerza się. Istotną rolę w tworzeniu systemów rozszerzonej rzeczywistości stanowią wyświetlacze. Ich znaczący rozwój w ciągu ostatniej dekady przyczynia się znacząco do postępu AR. Miniaturyzacja urządzeń automatyki i elektroniki przyczyniła się do wyprowadzenia rozszerzonej rzeczywistości poza ściany zamkniętych środowisk (oddziaływanie AR znacząco się zwiększyło). Ważną częścią są systemy śledzące, bez których trudno wyobrazić sobie działanie AR.

Rozszerzona rzeczywistość staje się coraz bardziej przyjazna dla użytkownika. Współpraca i obsługa tych systemów jest coraz bardziej intuicyjna i prosta. Od wielu prowadzone są na całym świecie badania naukowe nad interfejsami i interakcją użytkownika z systemami AR. Również w tej części napotyka się wiele zaawansowanych zagadnień do opracowania, z których ciekawszą część stanowi zaawansowane renderowanie, dzięki któremu obrazy rozszerzonej rzeczywistości staną się nie do odróżnienia od tych rzeczywistych.

Podsumowując, AR jest bardzo ciekawą gałęzią współczesnych badań naukowych informatyki i innych pokrewnych dziedzin. W związku z tym, iż jest to młoda dziedzina, zakres zagadnień jakie można przeanalizować i zgłębić, jest wciąż olbrzymi, a wiele nowych zagadnień powstaje wraz z rozwojem nowych technologii.

Literatura

- [1] Azuma R.: *A survey of augmented reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, Hughes Research Laboratories 3011 Malibu Canyon Road, Malibu 1997.
- [2] Azuma R., Baillot Y., Behringer R., Feiner S., Julier S., MacIntyre B.: *Recent Advances in Augmented Reality*, IEEE Computer Graphics and Applications 21(6), 2001.
- [3] Boulic R., Mas R.: *Hierarchical Kinematics Behaviors for Complex Articulated Figures*, [w:] Interactive Computer Animation, Prentice Hall, 1996.
- [4] Dejnaka A.: *Rzeczywistość rozszerzona i jej zastosowanie w edukacji*, E-mentor, Nr 44, 2018.
- [5] Gmiterek G.: *Rzeczywistość rozszerzona a książka i prasa*, Zakład Historii, Teorii i Metodyki Bibliografii, Warszawa 2015.
- [6] Hensley J., Scheuermann T., Coombe G., Lastra A., Singh M.: *Fast summed-area table generation and its applications*. Technical report, University of North Carolina at Chapel Hill and ATI Research, 2005.
- [7] Hirzer M.: *Marker detection for augmented reality applications*. In Seminar/Project Image Analysis Graz, 2008.
- [8] Pardel P.: *Przegląd ważniejszych zagadnień rozszerzonej rzeczywistości*, Zeszyty naukowe Studia Informatica Number 1 (82), Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2009.

- [9] Schmalstieg D., Höllerer T.: *Augmented reality: principles and practice*, Addison-Wesley Professional, 2016.
- [10] Skórska H. A.: *Systemy i zastosowania rzeczywistości rozszerzonej*, Augmented reality systems and their applications, Przegląd Mechaniczny DOI 10.15199/148.2017.7-8.7, Warszawa 2017.
- [11] Supan P., Stuppacher I.: *Image Based Lighting in Augmented Reality*. Central European Seminar on Computer Graphics for students, Wiedeń 2006.
- [12] Szozda N.: *Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości w łańcuchach dostaw- studia przypadków*, Nauki o zarządzaniu Management Sciences No. 2(31), Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu 2017.
- [13] Szymczyk T.: *Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości we współczesnych systemach informatycznych*, Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 261, Politechnika Lubelska 2013.
- [14] Thomas B., Close B., Donoghue J., Squires J., De Bondi P., Morris M. and Piekarski W.: *ARQuake: AN outdoor/indor augmentem reality first-person apploction*. In Proceedings of the Fourth International Symposium on Weable Computers, Atlanta, GA 2000.
- [15] Wróbel K.: *Stan obecny i perspektywy rozwoju systemów rzeczywistości rozszerzonej w zastosowaniach przemysłowych*, Zeszyty naukowe Akademii morskiej w Gdyni, nr 82, grudzień 2013.
- [16] You S., Neumann U., Azuma R.: *Hybrid Inertial and Vision Tracking for Augmented Reality Registration*, Proceedings of the IEEE Virtual Reality, 1999.

NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE WYDAWNICZO-POLIGRAFICZNY PROCES PRODUKCJI PRASY

Renata KASPERSKA¹

Artykuł dotyczy problematyki gromadzenia, utrwalenia, produkcji i sprzedaży informacji na materiale, jakim jest papier. Prezentuje procesy technologiczne związane z powstawaniem i produkcją prasy codziennej w wydawnictwie prasowym, a także urządzenia i systemy komputerowe stosowane w procesie poligraficznym. W pracy przedstawiono model zintegrowanego systemu, który umożliwia właściwy przepływ informacji, efektywne planowanie i zarządzanie tymi procesami oraz propozycję algorytmu ustalania optymalnej wielkości nakładu zlecanego do druku przez wybrane wydawnictwo prasowe.

Słowa kluczowe: drukarnia, DTP, informacja, prasa, produkcja, SAP, system planowania i zarządzania.

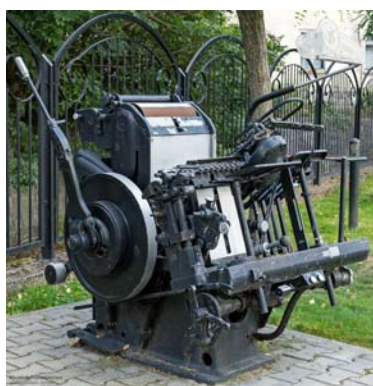
1. Wprowadzenie

Informacja jest obecnie uważana za nowy, cenny towar na rynku, podobny do dóbr materialnych. Informacja, która opisuje stan zaistniałych wydarzeń, może być przenoszona w czasie i przestrzeni, czyli może być magazynowana lub zapamiętywana, przekazywana lub komunikowana [9]. W społeczeństwie przenoszenie informacji odbywa się za pomocą nośników, a jednym z nich może być prasa (dzienniki, tygodniki, miesięczniki i inne czasopisma wydawane cyklicznie), gdzie sprawdzone, rzetelne i najważniejsze informacje są podawane za pomocą pisma i obrazu [12]. Określenie *prasa* pochodzi od nazwy maszyny drukarskiej i sposobu powstawania prasy, który polega na odciskaniu znaków na papierze. Pojęcie prasy reguluje w Polsce ustawa o prawie prasowym [15], w której określono prawa i obowiązki dziennikarzy, redaktorów naczelnych i wydawców. Gazeta jest wynikiem pracy wielu ludzi, także pośrednio z innych branż takich, jak np. przemysł papierniczy (papier), chemiczny (farby drukarskie), ciężki (maszyny drukarskie), transport (kolportaż). Badaniem naukowym prasy zajmuje się prasoznawstwo.

Podstawowym urządzeniem przemysłu poligraficznego, służącego do wykonywania druku na skalę przemysłową, jest maszyna drukarska. Istnieje wiele rodzajów tych maszyn ze względu na różnice w budowie, sposobie składania czcionek i drukowania ich na danym podłożu. Pierwszą maszyną drukarską, służącą do wykonywania druków drzeworytniczych na papierze, była prasa drukarska,

¹ dr inż.; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: R.Kasperska@iim.uz.zgora.pl

wynaleziona ok. roku 600 n.e. w Chinach. Od tego czasu można mówić o wyrobach poligraficznych i poligrafii, czyli o wydajnym powielaniu treści – zarówno graficznych, jak i tekstowych. W Europie druk pojawił się w latach czterdziestych XV wieku. Największy sukces odniósł Jan Gutenberg, który wynalazł aparat do odlewania czcionek z wymiennych matryc oraz prasę drukarską. Przez kolejne ponad czterysta lat przygotowanie do druku obejmowało ręczny skład ruchomych czcionek, wykonywany w zecerni. Dopiero w XIX wieku rozpoczął się proces mechanizacji poligrafii, wynaleziono pierwszą maszynę drukarską z napędem mechanicznym, a następnie maszynę rotacyjną. Nastąpił przełom w technice składu. W 1885 roku wynaleziono linotyp (mechaniczne urządzenie do składania czcionek), a następnie monotyp (poligraficzną maszynę odlewniczą do składu tekstu i odlewania czcionek). W roku 1904 powstała pierwsza maszyna offsetowa. W XX wieku nie wprowadzono żadnych radykalnych zmian w konstrukcji maszyn drukarskich, lecz udoskonalono i unowocześniono już istniejące. Ze względu na technikę druku powstawały różne typy maszyn drukarskich takie, jak: rotograwiurówce (druk wklęsły), światłodrukowe (druk płaski), fleksograficzne, typograficzne (druk wypukły) i inne [4]. Przykłady maszyn typograficznych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Maszyna drukarska typograficzna "Brillant" z 1910r. (z lewej) i "Grafopress" z 1960r. (z prawej) w Muzeum Papiernictwa w Dusznikach-Zdroju

Drukarstwo zostało zrewolucjonizowane w latach osiemdziesiątych XX wieku przez komputery. Przeniesiono metody przygotowania do druku z ręcznego zecerstwa do komputerowego procesu DTP (ang. *desktop publishing*), czyli przygotowania materiałów do publikacji w postaci elektronicznej (cyfrowej). W ramach DTP, czyli komputerowego wspomaganie poligrafii, istnieje możliwość zarządzania przepływem prac w drukarni oraz sterowania urządzeniami przygotowalni poligraficznej, jak i samej drukarni. Postęp techniczny i rozwój oprogramowania spowodował w kolejnych latach dalszą automatyzację procesów produkcyjnych w wydawnictwach prasowych. Coraz większe zapotrzebowanie

na informację utrwaloną w druku wymusza poszukiwania dobrej organizacji pracy, właściwego planowania produkcji i efektywnego zarządzania procesami wydawniczymi [3].

2. Procesy wydawnicze

Funkcjonowanie wydawnictwa prasowego i całością procesu produkcji, w którym końcowym produktem jest gazeta, zostaną przedstawione na bazie działalności lubuskiego wydawnictwa funkcjonującego w ramach grupy Polska Press, będącej wydawcą kilku tytułów w Polsce, w tym 20 dzienników regionalnych (Rys. 2). Grupa posiada 6 nowoczesnych drukarni w całej Polsce, które mogą drukować średnio 3 miliony gazet dziennie. Oddział Poligrafii dysponuje najnowocześniejszą technologią w Europie i dostarcza rozwiązania z zakresu druku offsetowego, coldsetowego i heatsetowego, ograniczając cykl produkcyjny do minimum.



Rys. 2. Tytuły dzienników wydawanych w Polsce przez Polska Press Grupa
 Źródło: <https://polskapress.pl/pl/o-polskapress/o-firmie>

Pojęcie materiałów i procesów wydawniczych zostało określone w normie branżowej BN-71/7401-03 [1]. Wszystkie czynności związane z przygotowaniem materiałów w instytucji wydawniczej, przeznaczonych do produkcji poligraficznej, nazywamy *procesami wydawniczymi*. Dzielą się one na:

- *procesy składania tekstu* - przekształcenie maszynopisu wydawniczego w postać możliwą do zastosowania w dalszych procesach poligraficznych,
- *procesy fotoreprodukcyjne* - przetwarzanie oryginałów ilustracji w postać potrzebną do wytworzenia w następnych procesach technologicznych formy drukowanej.

Przebieg powstawania wyrobu poligraficznego można podzielić na dwie części: przedprodukcyjną (Prepress) i produkcyjną (Press i Postpress) [11]. Całość prac związanych z wydaniem dziennika odbywa się w cyklach dobowych. Centralnym ogniwem w procesie wytwarzania gazety jest redakcja. Zanim nakład gazety zostanie skierowany do produkcji, informacje zgromadzone przez dziennikarzy, redaktorów i fotoreporterów są codziennie przetwarzane, weryfikowane, omawiane i opracowywane w redakcji, czyli w jednostce organizującej proces przygotowywania materiałów do publikacji w prasie. O całokształcie działalności redakcji decyduje osoba posiadająca takie uprawnienia, czyli redaktor naczelny, którego wspierają redaktorzy współdecydujący o publikacji materiałów prasowych. Zadania redakcji to:

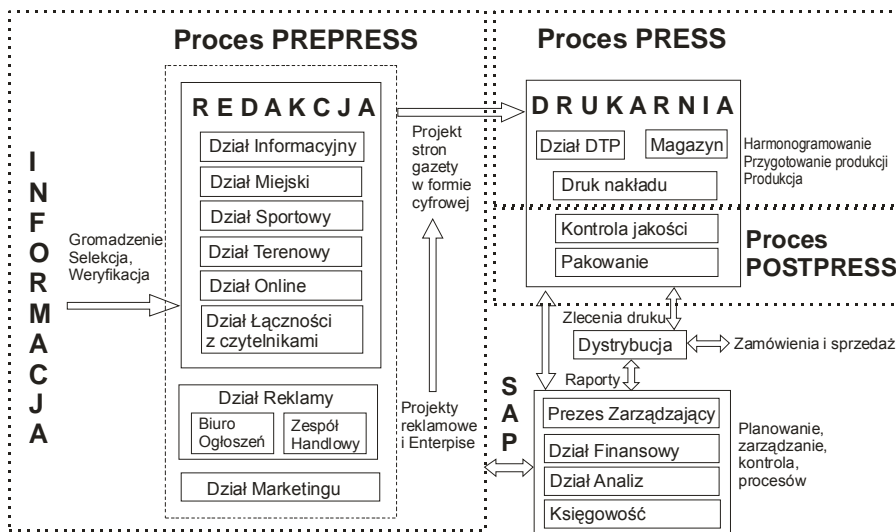
- gromadzenie informacji, czyli materiału tekstowego i fotograficznego z różnych źródeł: agencyjnych (z agencji prasowych, informacyjnych, publicystycznych), własnych (od zatrudnionych reporterów, publicystów, korespondentów), obcych i indywidualnych (od współpracowników, czytelników, z różnych urzędów),
- selekcja materiałów agencyjnych i lokalnych wydarzeń, sprawdzenie i wybór pod kątem ważności, aktualności, użyteczności, atrakcyjności,
- opracowanie merytoryczne, stylistyczne, ortograficzne, interpunkcyjne i techniczne, redagowanie, przygotowanie gotowych do drukowania tekstów i ilustracji,
- przygotowanie co 24 godziny tzw. makiety, planu zadrukowania poszczególnych stron gazety, ustalenia formatu, objętości, mutacji stron,
- przekazanie gotowych materiałów po opracowaniu technicznym do drukarni.

Redakcja musi być tak zarządzana i zorganizowana, żeby zapewnić ciągłość, planowość, systematyczność i terminowość prac na pierwszym etapie przygotowawczym do druku, czyli w *procesie Prepress*, w którym można wyróżnić:

- etap wstępnej selekcji materiałów i wstępnego opracowania,
- etap ostatecznej selekcji i dyspozycji co do ostatecznego opracowania,
- etap ostatecznego opracowania.

Kolejnym procesem jest *proces Press*, czyli etap drukowania. Na tym etapie wykonywane są czynności związane z przygotowaniem narzędzi, materiałów i urządzeń do druku, po czym następuje właściwa produkcja. W trakcie produkcji wykonywana jest kontrola jakości. Ostatnim procesem jest *Postpress*, w którym wykonywane są czynności introligatorskie [14]. Dla prasy codziennej ma miejsce wyłącznie falcowanie, wkładkowanie, pakowanie, ewentualnie foliowanie egzemplarzy. Gotowy produkt jest przekazany z drukarni do dystrybucji według zamówień kolporterów i punktów sprzedaży. Wyniki sprzedaży mogą być kontrolowane przez Związek Kontroli Dystrybucji Prasy (ZKDP), co stanowi dodatkowo zobiektywizowany miernik pozycji tytułu prasowego na tle konkurencji.

Etapy gromadzenia, przepływu, utrwalania i sprzedaży informacji przedstawiono na rysunku 3, gdzie również zaprezentowano modelową strukturę oddziaływań wydawnictwa prasowego.



Rys. 3. Procesy wydawnicze w świetle struktury wydawnictwa prasowego

Praca na drukarni odbywa się w dużym pośpiechu i w ścisłych ryzach czasowych. Materiały docierają z redakcji w godzinach wieczornych i w ciągu 2-3 godzin kilka tysięcy gazet musi być wydrukowanych. Istotne jest tempo druku, podczas którego gumowe obciążenia poddawane są znacznym naprężeniom i wysokim temperaturom. Każde większe opóźnienie druku np. w wyniku awarii urządzenia, zerwania wstęgi papieru, itp. może powodować straty w sprzedaży. Istotna jest też zespołowość pracy i perfekcyjny przepływ informacji między pracownikami i działami.

3. Charakterystyka procesu produkcyjnego

Etapy produkcji poligraficznej określone są w normie ISO 12637. Proces produkcyjny w dużej drukarni jest bardzo skomplikowany ze względu na złożoność techniki druku wielkonakładowej prasy codziennej [2]. Składa się on z wielu etapów i związany jest z przygotowaniem dokumentacji w formie elektronicznej [7]. Proces ten zawiera takie czynności, jak:

- opracowanie techniczne produktu poligraficznego,
- określenie parametrów gazety (numer, objętość, ilość stron, nakład),
- opracowanie alternatywnych sposobów wykonania produktu (na wypadek awarii),
- dobór maszyn i technik druku (strony z drukiem kolorowym lub czarnym, dodatki, zszywanie stron),
- oszacowanie czasu procesu produkcyjnego,
- przygotowanie kosztorysu wstępnego i końcowego.

Druk dziennika regionalnego zaczyna się w godzinach wieczornych. Materiały po składzie makiety w redakcji powinny być dostarczane w postaci plików PDF w przestrzeni barwnej CMYK na serwer naświetlania w celu wytworzenia płyt drukowych w druku offsetowym.

3.1. Proces wytwarzania form drukowych

Formy drukowe (matryce drukujące) są to płyty, których powierzchnie przyjmują lub przepuszczają farbę. Przygotowane za pomocą programu komputerowego obrazy z plików są zamieszczane na cienkich, aluminiowych płytach drukarskich za pomocą technologii CtP (ang. *computer to plate*) w specjalistycznych w pełni zautomatyzowanych urządzeniach zwanych naświetlarkami [10]. Proces trwa około 10-15 minut. Obraz każdej strony gazety jest naświetlony na płytach w 4 kolorach (żółty, niebieski, czerwony, czarny). Substancje chemiczne sprawiają, że płyty mają niebieskawy odcień. Płyty na tym etapie są też zaginane i dziurkowane, tak żeby trzymały się na rolce drukarskiej.

3.2. Proces przygotowania maszyny drukarskiej

Maszyna drukarska, opisywana w tej pracy i stosowana do druku dziennika regionalnego, to Tensor D1400 (Rys. 4). Jest to w pełni zautomatyzowana linia do produkcji gazet, wspomagana cyfrowymi systemami sterowania i umożliwiająca wydrukowanie w ciągu godziny teoretycznie 35 tys. (w praktyce ok. 28-30 tys.) w pełni kolorowych gazet o wymiarach 400x280 mm i objętości max. 48 stron. Jest to amerykańska konstrukcja składająca się z 6 wież drukujących i jednego urządzenia falcującego. Na jednej wieży maszyny drukarskiej znajdują się 4 walce, które mogą równocześnie drukować z jednej wstęgi papieru 8 stron w pełni kolorowych (na jednym walcu równocześnie umieszcza się dwie płyty). Maszyna drukująca ma 19,5 m długości, 8,6 m wysokości i waży ok. 160 ton. Podczas pracy produkuje za jednym obrotem wszystkich cylindrów jedną gazetę. W części drukującej znajduje się zespół drukujący, farbowy i utrwalający. Do sterowania maszyną i wszystkimi jej funkcjami służy bardzo rozbudowany system kontroli i pulpitu sterowniczych wspomagany komputerowo.



Rys. 4. Widok maszyny drukarskiej Tensor D1400

Gotowe płyty po naświetleniu są przenoszone do maszyny drukarskiej, gdzie są zakładane na walcach maszyny (na cylindry płytowe) w odpowiedniej kolejności, od góry: żółty, niebieski, czerwony i czarny. W tej kolejności kolory nanoszone są na każdą papierową stronę gazety. Zbiorniki maszyny wypełniane są farbą drukarską. Z magazynu dostarczone są do maszyny drukarskiej rolki papieru mocowane na nawijakach i odwijakach. Jedna rolka papieru waży od 550 do 700 kg i zawiera około 12 km papieru [5]. Wstęga papieru przechodzi przez całą maszynę od dołu do góry, a wychodząc z uruchomionej maszyny jest już zadrukowana. Po działaniach przygotowujących i wstępnej kontroli jakości druku maszyna jest gotowa do pracy i druku właściwego.

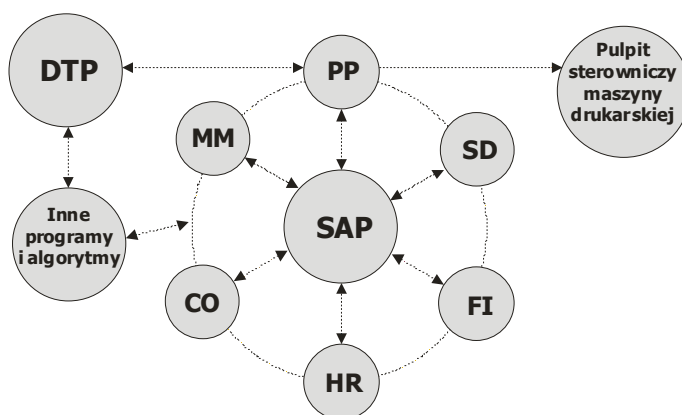
3.3. Proces drukowania

Drukowanie staje się dzisiaj łatwiejsze dzięki automatyzacji. Podczas pracy maszyny farba w odpowiednim kolorze jest natryskiwana na cylinder z płytą, a następnie obraz z tego cylindra płytowego jest odbijany na specjalny cylinder gumowy, a z gumowego na wstęgę papieru.

Zadrukowane wstęgi papieru są w elemencie zwanym popularnie złamywakiem - w tym elemencie wstęgi spotykają się, są z sobą składane, rozcinane, układane w produkt finalny. Gazety wyjeżdżają na taśmociągu, gdzie schną, tu następuje też kontrola jakości produktu. Następnie są liczone przez urządzenie liczące i układane w paczki, najczęściej po 100-200 sztuk i automatycznie wiązane. Pracownik układa gazety na palet i od tego momentu są już gotowe do kolportażu.

4. Komputerowe wspomaganie pracy wydawnictwa prasowego

Powszechna komputeryzacja spowodowała znaczne podniesienie jakości produkowanych gazet oraz optymalizację czasu i kosztów jej produkcji. Dostępne systemy komputerowe ułatwiają przekazywanie pełnej informacji i tworzenie produktu, jakim jest dziennik regionalny, zza biurka. Oprogramowanie umożliwia też kontrolę procesów wydawniczych i produkcyjnych na każdym etapie. W omawianym wydawnictwie prasowym podjęto próbę integracji kilku systemów komputerowych w celu zapewnienia właściwego przepływu informacji, sprawnego planowania i efektywnego zarządzania firmą. Najważniejszymi elementami zintegrowanego systemu są DTP i moduły SAP ERP. Architekturę tego systemu przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Architektura systemu wspomagającego wydawnictwo prasowe

System DTP ma zastosowanie w procesie *Prepress* i umożliwia komputerowe przygotowanie gazety do druku [6]. Na tym etapie pracownicy redakcji zapisują informację tekstową i graficzną w formie cyfrowej za pomocą specjalnie przeznaczonych do tego programów komputerowych. Profesjonalnym programem do komputerowego składu i łamania tekstu (DPT) w wydawnictwie prasowym jest program QuarkXPress, który umożliwia także tworzenie stron oraz serwisów internetowych. Poszczególne elementy graficzne podlegają indywidualnej obróbce (np. retusz, poprawienie kolorów, jasności i kontrastu, kadrowanie, skalowanie, zapisanie w odpowiednim formacie i rozdzielczości itp.), wykonywana jest korekta tekstu. Następnie odbywa się zasadnicza część procesu, czyli ułożenie ze wszystkich elementów gotowego projektu stron gazety oraz dołączenie informacji dla pracowników drukarni. Proces elektroniczny montażu nosi nazwę *impozycji*. Dane komputerowe zapisywane są w formie pliku postscriptowego lub PDF,

z którego tworzony jest w ostatnim etapie obróbki komputerowej obraz rastra drukarskiego oddzielnie dla każdego koloru farby drukarskiej, czyli ripowanie.

W ramach DTP można również sterować urządzeniami wykorzystywanymi na etapie *Prepress*, np. przygotowalni poligraficznej (naświetlanie form drukowanych), jak i zarządzać przepływem prac między pracownikami. Serwer danych oraz wszystkie komputery z oprogramowaniem i urządzeniami wejściowymi i wyjściowymi funkcjonują w jednej sieci wewnętrznej (Intranet), co zapewnia dobrą komunikację między działami i pracownikami wydawnictwa. Dodatkowo, w celu poprawy i unowocześnienia organizacji prac zastosowano:

- cyfrowy system przepływu prac (workflow),
- wszechstronny system przetwarzania plików (puzzle flow),
- oprogramowanie impozycyjne do zarządzania plikami PDF (PdfOrganizer),
- system archiwizacji danych poligraficznych [11].

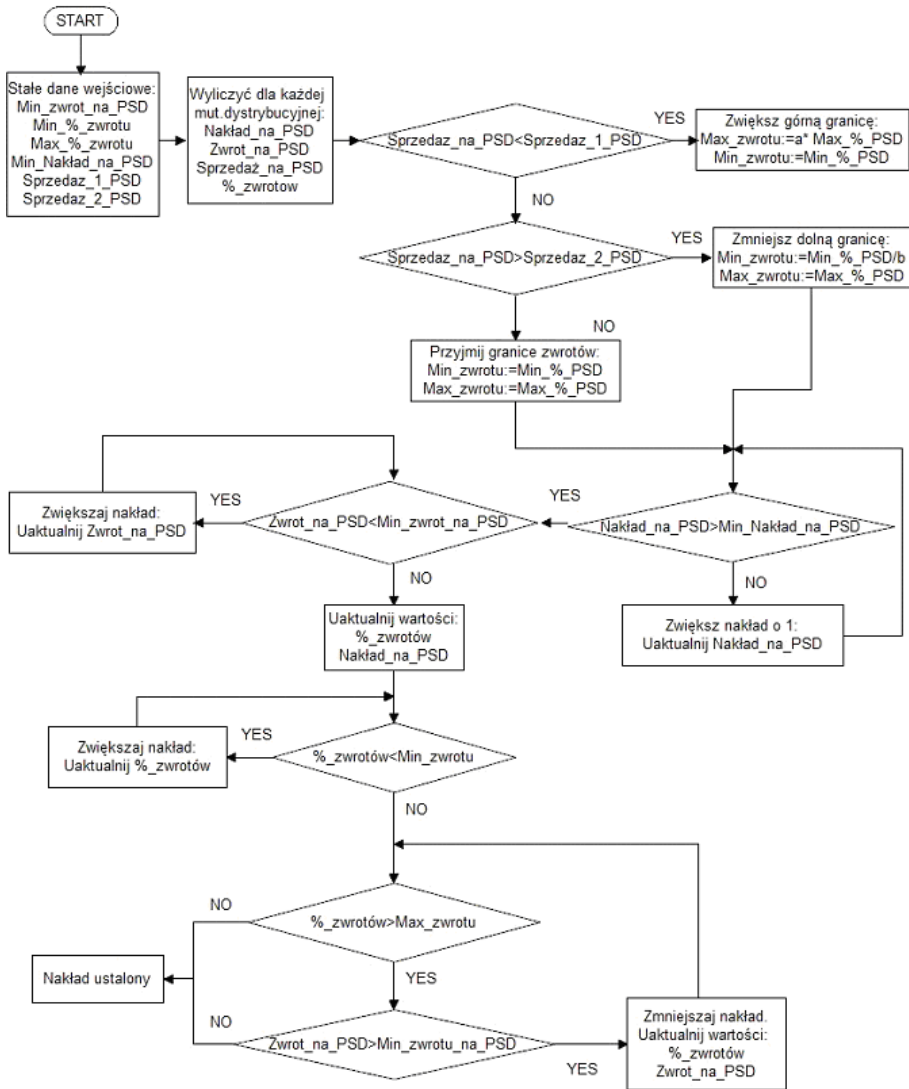
Zastosowanie oprogramowania w dziale DTP pozwala skrócić czas przygotowania gazety do druku i obniżyć koszty działalności wydawnictwa. Dodatkową zaletą jest podwyższenie jakości poprzez wyeliminowanie wielu błędów reprodukcyjnych z równoczesnym podniesieniem powtarzalności i niezawodności produkcji.

System SAP ERP (w zasadzie kilka wybranych modułów tego systemu ECC) wspiera pracę poszczególnych działów omawianego wydawnictwa prasowego oraz produkcję dziennika regionalnego, czyli stosowany jest zarówno na etapie przed, jak i po druku. Wykorzystywane są takie moduły systemu SAP, jak:

- **MM**: Gospodarka Materiałowa (*Materials Management*) - do zarządzania środkami trwałymi oraz zapasami produktów (płyty, farby, papier);
- **PP**: Planowanie i Kontrola Produkcji (*Production Planning and Control*) - do planowania produkcji i zarządzania procesami produkcyjnymi w drukarni;
- **SD**: Sprzedaż i Dystrybucja (*Sales and Distribution*) - do zarządzania zleceniami, sprzedażą gazety, fakturowaniem;
- **FI**: Rachunkowość Finansowa (*Financial Accounting*) - do rozliczeń finansowych i działań operacyjnych;
- **CO**: Kontroling (Controlling) - do raportowania i kontroli procesów;
- **HR**: Zasoby Ludzkie (Human Resources) - do zarządzania personelem, czasem pracy i sprawami związanymi z zatrudnieniem pracowników.

W wydawnictwie wykorzystywane są także **inne programy**, jak MS Office, Corel Draw, itp. zwłaszcza w dziale Redakcji, Reklamy i Marketingu. Do analiz wykorzystywane są narzędzia analityczne takie, jak Kolportal i Pomocnik Wydawcy.

Jednym z istotnych elementów produkcji gazety płatnej jest zaplanowanie optymalnego nakładu, czyli takiej ilości gazet, która zostanie skierowana do punktów sprzedaży, przy założeniu nasycenia sieci oraz minimalnej ilości zwrotów. Autor niniejszego artykułu zaproponował **algorytm** do ustalenia wielkości planowanego nakładu. Schemat tego algorytmu został przedstawiony na rysunku 6.



Rys. 6. Algorytm ustalania optymalnej wielkości nakładu do druku

Wielkość nakładu zależy od dnia tygodnia, mutacji wydania, dodatków/gadżetów, ilości punktów sprzedaży, wielkości sprzedaży i zwrotów w punktach sprzedaży detalicznej (PSD), a także atrakcyjności treści. Ustalenie nakładu wymagało przeanalizowania danych historycznych, danych o nasyceniu sieci sprzedaży i wielkości zwrotów. Algorytm został oprogramowany i wdrożony na etapie *Prepress*. Po ustaleniu nakładu tworzone jest zlecenie ilościowe, przekazywane do drukarni w każdym dniu wydania gazety, które wpływa bezpośrednio na ilość drukowanych

gazet, koszt zużytych materiałów w produkcji (papier, farby) i czas produkcji dla danego tytułu.

Celem zastosowania zintegrowanego systemu wspomagającego wydawniczo-poligraficzny proces produkcyjny jest:

- optymalne planowanie i efektywna produkcja,
- usprawnienie funkcjonowania struktur wydawnictwa,
- automatyzacja procesu planowania i skrócenie czasu produkcji,
- obniżenie kosztów funkcjonowania wydawnictwa,
- wzrost standardów w zakresie jakości gazety.

6. Podsumowanie

Wynalazek druku przyspieszył obieg informacji w społeczeństwie. Rewolucja naukowo-techniczna w prasie umożliwiła rozpowszechnianie się informacji na skalę przemysłową. W aspekcie przemian gospodarczych sytuacja na rynku poligraficznym nieustannie zmienia się. Wydawnictwo, które chce istnieć, musi modernizować się, inwestować w nowoczesne technologie, maszyny drukarskie oraz komputerowe systemy wspomagające pracę wydawnictwa. Nowoczesne systemy zarządzania produkcją w dzisiejszych czasach stały się już standardem. W nowych technikach drukowania metal czcionek i form drukowanych jest zastępowany przez tworzywa sztuczne. Nowoczesne systemy są zautomatyzowane, co w rezultacie zwiększa wydajność drukarni, zapewnia elastyczność i innowacyjność produkcji gazetowej.

Na rynku dostępne są coraz lepsze systemy komputerowe do zintegrowanego planowania i zarządzania firmą. Wydawnictwa prasowe, chcąc sprostać powszechnie dostępnej, masowej informacji, powinny też aktualizować posiadane oprogramowanie lub inwestować w nowe systemy, które będą ukierunkowane na optymalizację działań, czyli minimalizację kosztów, czasów przygotowawczych, opóźnień oraz maksymalizację zysków, przychodu w okresie, obciążenia zasobów i realizacji priorytetów zleceń.

Problemy, z którymi muszą radzić sobie wydawnictwa prasowe, to rosnące koszty, duża konkurencja i coraz bardziej restrykcyjne normy dotyczące m.in. ochrony środowiska. Ostatnie lata to także spadek czytelnictwa i sprzedaży wszystkich dzienników lokalnych. W celu zminimalizowania strat konieczne jest analizowanie obecnie stosowanej technologii oraz ciągłe usprawnianie i zwiększanie jej efektywności. Systemowe planowanie i zarządzanie procesami pozwala uniknąć błędów produkcji i strat finansowych [13]. Potrzebne są badania w branży poligraficznej i poszukiwania nowych innowacyjnych technologii związanych z materiałami (farby, papier), dzięki którym poprawi się wydajność maszyn drukujących oraz organizacja pracy.

Prognozy ekspertów na kolejne 20 lat pokazują, że druk i jego wyroby nadal będą grały znaczącą rolę w cyfrowym świecie [8]. Druk, oprócz funkcji

informacyjnej, będzie spełniał rolę dekoracji przekazującej konsumentowi emocje. Dzięki takim metodom jak *open invitation* można dokładniej rozpoznać pomysły ludzi, stąd produkty poligraficzne będą zindywidualizowane i ekskluzywne, dopasowane do potrzeb klientów. Cechą druku, która będzie odgrywać coraz większą rolę, może być hiperpersonalizacja. Przewidywany jest intensywny rozwój druku cyfrowego na różnych materiałach (np. papier, karton, tekstylia, ceramika, tworzywa sztuczne, tkanka biologiczna) w dwóch i trzech wymiarach przy wsparciu innowacyjnych narzędzi, co oznacza współistnienie świata cyfrowego i analogowego w procesach wydawniczo-poligraficznych.

Literatura

- [1] Centralne Laboratorium Poligraficzne, Materiały i procesy wydawnicze - Nazwy i określenia BN-71/7401-03. Wydawnictwa Normalizacyjne, 2015.
- [2] Dorobek S.: *Wielkoprzemysłowa produkcja poligraficzna w ujęciu logistycznym*. Logistyka, Nr 3, s. 1362-1379, 2014.
- [3] Gehman Ch.: *Systemy produkcyjne w poligrafii*. Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Poligraficznego, Warszawa, 2010.
- [4] Golka B.: *Rozwój drukarstwa prasowego i układu graficznego prasy do roku 1939*. Rocznik Historii Czasopiśmiennictwa Polskiego 10/3, s. 277-302, 1971.
- [5] Jakucewicz S., Magdzik S., Strusiński J.: *Materiałoznawstwo poligraficzne*. WSiP, Warszawa, 1993.
- [6] Kamiński B.: *Cyfrowy prepress, drukowanie i procesy wykończeniowe*. Wydawnictwo Translator, Warszawa, 2001.
- [7] Koziółek K.: *Jak to jest zrobione: Gazeta krok po kroku*. Głos Wielkopolski, Strefa Biznesu, Nr z dnia 24.10.2014, Poznań, 2014.
- [8] Kwiatkowska I.E.: *Przyszłość druku*. Print & Publishing, Nr 249, 2019.
- [9] Mynarski S.: *Elementy teorii systemów i cybernetyki*. PWN, Warszawa, 1979.
- [10] Pilc W.: *Charakteryzowanie maszyn i urządzeń poligraficznych*. Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, Radom, 2007.
- [11] Pilc W.: *Charakteryzowanie procesów poligraficznych i technik drukowania*. Wyd. Instytutu Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, Radom, 2007.
- [12] Pisarek W.: *Prasa - nasz chleb powszedni*. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław, s. 148-163, 1978.
- [13] Stabryła A.: *Zarządzanie strategiczne w teorii i praktyce firmy*. PWN, Warszawa-Kraków, 2000.
- [14] Tedesco T.J., Clossey D., Hershey J.M.: *Procesy introligatorskie i wykończeniowe współczesnej poligrafii*. Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Poligraficznego, Warszawa, 2008.
- [15] Ustawa z dnia 26 stycznia 1984 r., Prawo prasowe. Dz.U. poz. 1914, 2018.

ZARZĄDZANIE ZASOBAMI LUDZKIMI I DOBÓR ZESPOŁÓW ROBOCZYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

Hanna ŁOSYK¹, Anna KOMARNICKA², Taras NAHIRNY³

W pracy przedstawiono zasady zarządzania zasobami ludzkimi oraz reguły budowania wydajnych zespołów roboczych na podstawie doświadczenia, umiejętności i innych wybranych kryteriów.

Słowa kluczowe: metoda AHP, relacje robocze, wskaźnik MBTI, zarządzanie zasobami ludzkimi, zespoły robocze

1. Wstęp

Współczesne przedsiębiorstwa cechują się potrzebą elastyczności i sprawnego zarządzania posiadanymi zasobami. Kluczowym czynnikiem stały się zasoby ludzkie, które pozwalają na zdobycie i utrzymanie przewagi konkurencyjnej na dynamicznie zmieniającym się rynku pracy [4]. Zachodzi, więc potrzeba zmiany w podejściu do ich sterowania. Dobór metod i technik zarządzania zależy przede wszystkim od specyfiki przedsiębiorstwa oraz od jego możliwości. Fundamentalne znaczenie w strategii firmy ma odpowiedni dobór pracowników oraz jak największe wykorzystanie ich potencjału, pozwalające na osiągnięcie sukcesu i sprawną realizację celów. Należy więc dokonać starań, aby w pełni wykorzystać posiadane przez pracowników kwalifikacje, zapewnić im odpowiedni stopień motywacji oraz stworzyć taki system i warunki pracy, który pozwoli na zatrzymanie w firmie najlepszych pracowników. Sukces firmy oparty jest na pracy całego zespołu, nie zaś na indywidualnej pracy jednostki, co prowadzi do konieczności budowania udanych, doświadczonych i zintegrowanych zespołów roboczych. Budowanie optymalnego zespołu pracowników jest procesem długotrwałym, jednakże należy traktować go jak długotrwałą inwestycję, która przyczynia się do sprawniejszej i wydajniejszej realizacji założonych celów przedsiębiorstwa. Inwestycja w posiadane przez organizację zasoby ludzkie wymaga przyjęcia horyzontu czasowego i koordynacji działań z przyjętą strategią, takie podejście umożliwi uzyskanie walorów ekonomiczno-finansowych. W optymalizacji procesów pracy stosuje się coraz

¹ mgr inż.; e-mail: losyk.hanna@gmail.com

² mgr inż.; Valmet Automotive Polska; e-mail: aniaKOMARNICKA@gmail.com

³ prof. dr hab.; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: t.nahirny@iim.uz.zgora.pl

część koncepcji inżynierii współbieżnej [3, 7], w której działania opierają się na pełnej integracji procesów oraz wyspecjalizowanym personelu. Zarządzanie zatrudnionymi w firmie ludźmi oraz poznanie ich indywidualnych preferencji pozwala na utworzenie profilu osobowości pracownika, na podstawie którego budowane są zespoły robocze. Najczęściej stosowanym i najbardziej powszechnym narzędziem do określania typów osobowości jest wskaźnik MBTI (Myers-Briggs type indicator) [5]. Uzyskane tą metodą wyniki pozwalają dopasować członków zespołów w zależności od ich preferencji i występujących pomiędzy członkami relacjami roboczymi, co w rezultacie pozwala zwiększyć ich wydajność pracy. Pomocnym narzędziem w procesach decyzyjnych w obszarze zarządzania zasobami ludzkimi (a także w innych sferach funkcjonowania organizacji) jest także popularna metoda AHP (Analytic Hierarchy Process) [8, 9], która wspomaga ten proces.

Ludzie stanowią współcześnie najcenniejszy zasób organizacji, bowiem każdy produkt, idea, myśl powstaje właśnie dzięki człowiekowi. Ludzie tworzą także image firmy, są przedsiębiorczy i posiadają wiedzę, która pozwala na funkcjonowanie przedsiębiorstwa. Niezbędnym, więc działaniem jest zarządzanie tak cennym zasobem, jakim jest człowiek.

Termin zarządzania zasobami ludzkimi L. Armstrong definiuje jako „*strategiczne i spójne podejście do zarządzania najbardziej wartościowymi aktywami organizacji - pracującymi w niej ludźmi, którzy indywidualnie i zbiorowo przyczyniają się do realizacji jej celów*” [1]. Zazwyczaj przez zasoby ludzkie organizacji rozumiemy zdolność fizyczną i umysłową ludzi zatrudnionych do realizacji konkretnych celów. Znaczący to, że do zasobów ludzkich zalicza się ta część umiejętności i wiedzy pracowników, którą organizacja jest zdolna pobrać i wykorzystać do osiągnięcia własnych celów [6]. Pracodawca inwestujący w szkolenia, z których wyniesiona wiedza pracowników staje się użyteczna dla przedsiębiorstwa, poszerza swoje zasoby, tym samym umacnia swoją pozycję na rynku pracy. Idea ta polega na traktowaniu pracownika jako źródła potencjalnych możliwości do generowania zysków materialnych i pozamaterialnych.

Głównym celem zarządzania zasobami ludzkimi (ZZL) jest dążenie do osiągnięcia sukcesu przedsiębiorstwa poprzez zatrudnionych w nim ludzi. Od lat 70 do dziś występuje także zależność pomiędzy obszarem zarządzania zasobami ludzkimi a przyjętą polityką i strategią firmy. Model ten skierowany jest na długoterminowy rozwój pracowników i tworzenie innowacyjnych warunków i klimatu w przedsiębiorstwie. System zarządzania zasobami ludzkimi jest siatką wielu obszarów, które są od siebie wzajemnie zależne. System ZZL obejmuje m.in.: rekrutację, rozwój oraz określenie roli organizacyjnej pracownika, motywowanie oraz ocenę pracowniczą, a także odpowiada za kształtowanie kultury organizacyjnej. Każde działanie skierowane jest na osiągnięcie jak najlepszych efektów pracy za pomocą posiadanych zasobów ludzkich poprzez ich odpowiednie sterowanie i wykorzystywanie posiadanej przez nich wiedzy i umiejętności.

2. Model członka zespołu

2.1. Typy osobowości opisujące pracę zespołową

Szczegółowy kierowniczy rozpoczynając pracę z zespołem pracowniczym stoi przed wyzwaniem, aby jak najskuteczniej wykonać zadanie. W tym celu stosowane są liczne metody, techniki i narzędzia umożliwiające osiągnięcie sukcesu przez zespół. Należy także skupić się na dopasowaniu jednostek zespołu roboczego w taki sposób, aby wzajemna komunikacja i współpraca przebiegała jak najbardziej efektywnie. Ogólnie panującym założeniem firm jest przeświadczenie, że określone cechy osobowości determinują ludzi do podejmowania pewnych decyzji. Różnice osobowościowe poszczególnych jednostek mają szczególny wpływ na pracę w zespole oraz zachowanie jednostek. Rola członka zespołu w większym stopniu jest ukształtowana poprzez jego osobowość niż przez posiadane przez niego umiejętności [2]. Ustalenie osobowości i preferencji jednostki pozwoli na ograniczenie konfliktów w zespole oraz na zwiększenie wydajności pracy. Coraz powszechniej przedsiębiorcy stosują w tym celu testy osobowości.

W celu udoskonalenia procesu doboru typu osobowości do danego zespołu i określonego rodzaju pracy stosuje się test osobowości bazujący na wskaźniku MBTI. Narzędzie to jest szczególnie pomocne w obszarze podejmowania decyzji o rozwoju kariery. Wskaźnik umożliwia poznanie własnych preferencji, a także poznanie preferencji innych, ułatwiając w ten sposób dopasowanie rodzaju pracy poszczególnym jednostkom oraz zwiększając efektywność wykonywanej pracy. Wskaźnik MBTI określa 16 typów osobowości i składa się z czterech podstawowych wymiarów preferencji, na które składają się określone pary przeciwstawnych typów.

1) Preferencje dotyczące pobudzenia:

- ekstrawertyk (E) - czerpią energię z zewnątrz, ich zainteresowania skierowane są na świat zewnętrzny i na ludzi, dobrze pracują i komunikują się w grupie;
- introwertyk (I) - kierują swoją energię na świat wewnętrzny - do swoich doświadczeń i wrażeń, są dobrymi słuchaczami, lecz wolą pracować samotnie.

2) Preferencje dotyczące zakresu uwagi:

- rozsądny (S) - opierają swoje osądy na faktach i logice, skrupulatnie przywiązują uwagę do szczegółów, przetwarzają informacje w sposób konkretny i obiektywny;
- intuicyjny (N) - przetwarzają informacje w subiektywny sposób, kierując się intuicją.

3) Preferencje dotyczące stylu decydowania:

- myślący (T) - podejmują decyzje i przetwarzając informacje kierują się logiką i rozumem, działają w sposób logiczny i analogiczny;
- emocjonalny (F) - podejmują decyzje pod wpływem emocji i własnych wartości, posiadają silną potrzebę do utrzymania harmonii w grupie.

4) Preferencje dotyczące relacji ze światem:

- osądający (J) - mają zaplanowane i uporządkowane podejście do świata zewnętrznego, podejmują decyzje w sposób szybki i sprawny;
- spostrzegawczy (P) - mają spontaniczne i elastyczne podejście do świata zewnętrznego, decyzje są przez nich podejmowane powoli i przemyślanie.

Wskaźnik osobowości w metodzie MBTI określany jest za pomocą kodu typu psychologicznego składającego się z czterech liter wskazujących dominujące preferencje poszczególnych osób. Uważa się, że zespół nie może składać się ze zbyt wielu osób o przeciwnych osobowościach, gdyż stanowi to utrudnienie we wzajemnych relacjach i współpracy. W najkorzystniej zbudowanym zespole między członkami występuje różnica jednej bądź dwóch preferencji, co umożliwi wzajemne uzupełnienie się i zrozumienie. Typy osobowości według wskaźnika MBTI przedstawiono na rysunku 1.

ESTP	ESFP	ENFP	ENTP
ISTJ	ISFJ	INFJ	INTJ
ISTP	ISFP	INFP	INTP
ESTJ	ESFJ	ENFJ	ENTJ

Rys. 1. Typy osobowości według wskaźnika MBTI

Różne typy kombinacji osobowości tworzą ze sobą wzajemne relacje, które mogą być pozytywne, neutralne lub przeczące [2]. Relacjom tym przypisano następującą punktację: pozytywna +9, neutralna +3, negatywna -3. Na rysunku 2 przedstawiono jak te relacje wyglądają dla poszczególnych par preferencji.

Ekstrawersja (E) - Introwersja (I)

E	+	O
I	O	-

E I

Osądający (J) – Spostrzegawczy (P)

J	+	-
P	-	+

J P

Rozsądny (S) - Intuicyjny (N)

S	O	+
N	+	O

S N

Myślący (T) – Emocjonalny (F)

T	O	+
F	+	O

T F

Legenda: „o” relacja neutralna; „+” relacja pozytywna; „-” relacja negatywna

Rys. 2. Relacje pomiędzy różnymi typami psychologicznymi MBTI

Na podstawie 16 możliwych kombinacji typów osobowości możliwe jest utworzenie macierzy relacji roboczych o wymiarach 16x16 (Tab. 1).

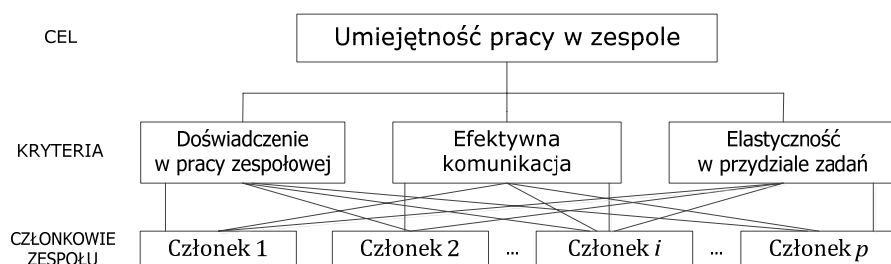
Tab. 1. Robocza macierz relacji dla pracy zespołowej

	ESTJ	ESTP	ESFJ	ESFP	ENTJ	ENTP	ENFJ	ENFP	ISTJ	ISTP	ISFJ	ISFP	INTJ	INTP	INFJ	INFP
ESTJ	24															
ESTP	12	24														
ESFJ	30	18	24													
ESFP	18	30	12	24												
ENTJ	30	18	36	24	24											
ENTP	18	30	24	36	12	24										
ENFJ	36	24	30	18	30	18	24									
ENFP	24	36	18	30	18	30	12	24								
ISTJ	18	6	24	12	24	12	30	18	12							
ISTP	6	18	12	24	12	24	18	30	0	12						
ISFJ	24	12	18	6	30	1	24	12	18	6	12					
ISFP	12	24	6	18	18	30	12	24	6	18	0	12				
INTJ	24	12	30	18	18	6	24	12	18	6	24	12	12			
INTP	12	24	18	30	6	18	12	24	6	18	12	24	0	12		
INFJ	30	18	24	12	24	12	18	6	24	12	18	6	18	6	12	
INFP	18	30	12	24	12	24	6	18	12	24	6	18	6	18	0	12

2.2. Ocena wielozadaniowej wiedzy

Obecnie, mimo powszechnie przyjętego kierunku specjalizacji kwalifikacji, od pracowników wymagany jest szeroki wachlarz uniwersalnej wiedzy i umiejętności. Mimo, iż członek organizacji nie zajmuje stanowiska w pewnym funkcjonalnym dziale przedsiębiorstwa, może on posiadać pewny poziom znajomości tego działu. Uniwersalna wiedza stanowi przydatne narzędzie zwłaszcza w przypadku przedsiębiorstw produkcyjnych, w których rezultat końcowy uzależniony jest od pracy całego zespołu. Pracownik, który dzięki posiadanej wiedzy i umiejętnościach radzi sobie w wielu sferach funkcjonowania organizacji jest kluczowym i funkcjonalnym członkiem niezbędnym do realizacji celów i potrzeb organizacji.

Powszechnie stosowanym narzędziem służącym do zamodelowania wielofunkcyjnej wiedzy członka zespołu jest metoda AHP [8, 9]. Podstawą metody jest hierarchiczna dekompozycja kryteriów oceny. Hierarchia ta ma ściśle określoną strukturę, która obejmuje obranie celu procesu decyzyjnego, kryteriów oceny oraz wariantów rozwiązań. Uwzględnienie preferencji oceniającego stanowi istotę podejścia wielokryterialnego, traktującego owe preferencje jako zjawisko naturalne dla ocen dokonywanych przez człowieka, w odróżnieniu od pomiarów, które mają charakter obiektywne. Wykorzystanie metody AHP pozwala wygenerować możliwe warianty rozwiązań oraz wspomaga procesy decyzyjne. Metoda jest narzędziem wspomagającym podejmowane decyzji. Dokonując wyboru najlepszego rozwiązania decydent kieruje się określonymi kryteriami, wiedzą i zdobyтым doświadczeniem. Na rysunku 3 przedstawiono hierarchiczną strukturę dla oszacowania zdolności pracy zespołowej za pomocą metody AHP.



Rys. 3. Hierarchia decyzji według metody AHP dla oszacowania umiejętności pracy zespołowej

W wielokryterialnej decyzji dla oszacowania umiejętności pracy zespołowej precyzujemy czynniki wyszczególnione w pięciu punktach.

1. Cel: umiejętność pracy zespołowej (dla porównania kryteriów, które ma wyższy wkład)
2. Kryteria: wybrane kryteria - doświadczenie w pracy zespołowej, efektywna komunikacja i elastyczność w podejściu do pracy
3. Porównanie elementów: wszyscy pracownicy przedsiębiorstwa
4. Pary macierzy porównania: rozważane są dwa zestawy macierzy porównania parami. Pierwszy składa się z macierzy 3×3 utworzonej dla trzech wybranych kryteriów w celu otrzymania względnego znaczenia odnośnie zdolności pracy w zespole. Drugi, składający się z trzech macierzy porównania $p \times p$ (dla każdego z kryteriów) uformowanych dla wszystkich p członków w organizacji. Ze zwiększeniem ilości członków zwiększa się rozmiar macierzy porównania co powoduje spore trudności. Saaty [9] stwierdził, że liczba porównywanych elementów nie powinna być większa niż 9. Z tego powodu zwykle stosuje się następujący schemat porównania:

- a. dla kryterium $j = 1$ losowo wybieramy q członków (max. 9) z porównujących p członków; umieszczamy ich w grupie $i = 1$;
 - b. tworzymy $q \times q$ macierz porównania dla grupy i oraz wyznaczamy i - ty wektor własny;
 - c. wybieramy członka l o największym indeksie v_l i - go wektora własnego;
 - d. zwiększamy i o 1; przypadkowo wybieramy $q - 1$ członków (po przyłączeniu członka l grupa zwiększy się do q członków) z pozostałych porównywanych osób z grupy i ; dołączamy wybranego członka l do macierzy porównania;
 - e. tworzymy macierz porównania $q \times q$ dla grupy i ; otrzymujemy i - ty własny wektor, w którym indeks członka l to v'_l ;
 - f. mnożymy każdy indeks w i - tym wektorze przez (v_l / v'_l) ; po wykonaniu tych etapów członek l posiada ten sam indeks w bieżącej grupie i oraz jego ostatniej grupie $i - 1$; obydwie grupy stają się współmiernymi i mogą zostać razem złożone;
 - g. powtarzamy etapy (a) do (f) do momentu, gdy każdy z porównujących członków nie zostanie uwzględniony;
 - h. łączymy wszystkie własne wektory i we własny wektor $p \times 1$;
 - i. normalizujemy wektor $p \times 1$ tak, aby wszystkie składowe wektora znajdowały się pomiędzy 0 a 1.
 - j. zwiększamy j o 1; powtarzamy etap (a) do etapu (h) dopóki każde kryterium nie zostanie uwzględnione.
5. Oszacowanie zdolności pracy zespołowej: założmy, że wektor 1×3 $\mathbf{W} = \{w_1, w_2, w_3\}$ przedstawia względne znaczenie trzech kryteriów. Poprzez użycie schematu porównania, zostają wygenerowane trzy wektory $p \times 1$ dla każdego p członka w organizacji, odnoszące się do każdego z przyjętych kryteriów. Z tych trzech wektorów formujemy $p \times 3$ macierz \mathbf{C} . Końcowe oszacowanie zdolności pracy zespołowej (wektor zdolności pracy zespołowej \mathbf{T}) otrzymujemy poprzez pomnożenie macierzy \mathbf{C} z wektorem \mathbf{W} czyli:

$$\mathbf{T} = \mathbf{C} \times \mathbf{W} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{p1} & c_{p2} & c_{p3} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_1 \\ \dots \\ t_p \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdzie: c_{ij} - komponenty własnego wektora względem kryterium j ($i = 1 \div p$, $j = 1, 2, 3$).

3. Praktyczne zastosowanie metody i oceny doboru zespołów wielodyscyplinarnych

W celu zbudowania optymalnych zespołów roboczych w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym zostały przeprowadzone badania za pomocą kwestionariusza ankiety wśród 18 pracowników. Każdemu pracownikowi biorącemu udział w badaniach przydzielono identyfikator w postaci litery alfabetu (od A do S). Za pomocą uzyskanych wyników określono typy osobowości respondentów według wskaźnika MBTI, a następnie opracowano macierz relacji roboczej dla 18 - stu badanych pracowników. Macierz została opracowana za pomocą tabeli 2.

Tab. 2. Macierz relacji roboczych pomiędzy badanymi pracownikami

		Identyfikatory osób biorących udział w badaniu oraz przypisane im typy osobowości																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S
		ESTP	ISTJ	ESFP	ESFP	ESTP	ESTJ	ISTJ	ESTJ	ISTP	ISTJ	ESTP	ISTJ	ISTJ	ESTP	ESTP	ESTJ	ESTJ	ESTP
A	ESTP		6	30	30	24	12	6	12	18	6	24	6	6	24	24	12	12	24
B	ISTJ			12	12	6	18	12	18	0	12	6	12	12	6	6	18	18	6
C	ESFP				24	30	18	12	18	24	12	30	12	12	30	30	18	18	30
D	ESFP					30	18	12	18	24	12	30	12	12	30	30	18	18	30
E	ESTP						12	6	12	18	6	24	6	6	24	24	12	12	24
F	ESTJ							18	24	6	18	12	18	18	12	12	24	24	12
G	ISTJ								18	0	12	6	12	12	6	6	18	18	6
H	ESTJ									6	18	12	18	18	12	12	24	24	12
I	ISTP										0	18	0	0	18	18	6	6	18
J	ISTJ											6	12	12	6	6	18	18	6
K	ESTP												6	6	24	24	12	12	24
L	ISTJ													12	6	6	18	18	6
M	ISTJ														6	6	18	18	6
N	ESTP															24	12	12	24
O	ESTP																12	12	24
P	ESTJ																	24	12
R	ESTJ																		12
S	ESTP																		

Relacje przedstawione w tabeli 2 stanowiły podstawę do przeprowadzenia analizy generowania trzech zespołów po sześciu członków w każdym. Łącznie utworzono pięć wariantów, celem porównania uzyskanych wyników. W pierwszej części badań podjęto próbę zbudowania zespołów wielodyscyplinarnych

i uniwersalnych dla firmy, następnie zbudowania zespołów dopasowanych do potrzeb konkretnych działów przedsiębiorstwa, wykorzystując informacje o posiadanej wiedzy specjalistycznej przez pracowników oraz pod kątem wysokich relacji roboczych pomiędzy członkami grupy. Ważnym aspektem budowania zespołów było także doświadczenie w pracy zespołowej pracowników oraz ich umiejętność dostosowywania się do warunków pracy. W badanym przedsiębiorstwie wyróżniono trzy działy:

- D1 - planowanie, zaopatrzenie, przetargi, kosztorysy, organizacja i zarządzanie, marketing;
- D2 - dział techniczno-produkcyjny;
- D3 - inne.

Im wyższa uzyskana relacja robocza pomiędzy poszczególnymi osobami z zespołu, tym lepiej osoby te ze sobą współpracują. Pracownicy, pomiędzy którymi wartość relacji roboczych wynosi 0 nie mogą być przypisani do jednego zespołu. Odczytując z tabeli 2 relacje o wartości 0 należy zauważyć, że członkowie zespołu: B i I, G i I, I i J, I i L, I i M nie będą mogli ze sobą współpracować, ponieważ nie występują pomiędzy nimi żadne wspólne powiązania.

4. Analiza procesu doboru pracowników do zespołów roboczych

W analizie procesu doboru pracowników do zespołów roboczych wzięto pod uwagę pięć wygenerowanych wariantów liczących po trzy sześciuosobowe zespoły w każdym, w celu doboru do zespołów wielodyscyplinarnych najlepiej dopasowanych członków. Najlepiej dobrany zespół charakteryzował się najwyższymi relacjami roboczymi pomiędzy pracownikami, natomiast w doborze zespołu do konkretnego działu wzięto pod uwagę także potrzeby danego działu przedsiębiorstwa. Uzyskane relacje robocze w poszczególnych wariantach przedstawiono w tabeli 2. W celu doboru najbardziej optymalnych zespołów wyłoniono te o najwyższym wskaźniku dopasowania. Wskaźnik dopasowania określony jest poprzez uzyskaną sumę relacji roboczych pomiędzy zespołami w danym wariantcie. Najwyższe wskaźniki dopasowania zespołów o łącznej liczbie uzyskanych punktów 840 otrzymano w wariantcie I, IV oraz V. Porównanie tych trzech wariantów zostało przedstawione w tabeli 3. W przypadku uzyskania kilku wariantów o równym wskaźniku dopasowania, należy posłużyć się kolejnym kryterium świadczącym o najkorzystniejszym doborze zespołu, jakim jest różnica występująca pomiędzy wskaźnikami dopasowania poszczególnych zespołów. Im mniejsza różnica relacji między nimi, tym lepiej, ponieważ zespół jest bardziej zrównoważony. Kierując się tym kryterium, wśród trzech wariantów (I, IV i V) o równym wskaźniku

dopasowania, najlepszym wyborem będzie wariant V, ponieważ występuje w nim najmniejsze zróżnicowanie sum relacji roboczych pomiędzy zespołami.

Tab. 2. Porównanie wskaźników dopasowania najlepszego zespołu roboczego

	Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant IV	Wariant V
Wskaźnik dopasowania zespołów	840	804	804	840	840

Tab. 3. Porównanie wariantów o najwyższym wskaźniku dopasowania

	Wariant I		Wariant IV		Wariant V	
	Identyfikator osoby	Wskaźnik dopasowania	Identyfikator osoby	Wskaźnik dopasowania	Identyfikator osoby	Wskaźnik dopasowania
zespół 1	A, C, D, E, I, K.	378	A, C, D, N, O, S	408	C, D, I, N, O, S	378
zespół 2	F, H, J, L, M, P	270	E, F, H, I, K, R	222	A, E, H, K, P, R	252
zespół 3	B, G, N, O, R, S	192	B, G, J, L, M, P	210	B, F, G, J, L, M	210
	Wskaźnik dop. wariantu I	840	Wskaźnik dop. wariantu IV	840	Wskaźnik dop. wariantu V	840

W następnym kroku poddano analizie warianty zespołów wygenerowanych do potrzeb konkretnych działów w przedsiębiorstwie. Podjęto w tym celu analogicznie działania jak w przypadku odnalezienie najbardziej optymalnego zespołu, biorąc także pod uwagę dodatkowe kryterium jakim jest stopień dopasowania poszczególnych pracowników do potrzeb konkretnych działów w badanym przedsiębiorstwie. W badanym przedsiębiorstwie zespoły robocze budowane są do trzech wybranych działów. Porównanie uzyskanych wskaźników z pięciu wygenerowanych wariantów przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Porównanie wskaźnika dopasowania do potrzeb konkretnych działów

	Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant IV	Wariant V
Wskaźnik dopasowania zespołów	648	840	672	816	726

Jak wynika z tabeli 5 najbardziej optymalnym i najlepiej dopasowanym wariantem jest wariant II.

Tab. 5. Wariant o najwyższym wskaźniku dopasowania do potrzeb konkretnych działów

Wariant II		
	Identyfikator osoby	Wskaźnik dopasowania
zespół 1	A, C, D, I, K, N	378
zespół 2	B, F, H, J, P, R	300
zespół 3	E, G, L, M, O, S	162
	Wskaźnik dop. wariantu II	840

Zbudowanie zespołów roboczych według założeń wariantu II umożliwi wysoki poziom komunikacji i współpracy w zespole, a także zapewni odpowiednio wykwalifikowaną kadrę do realizacji celów konkretnych działów. Dopasowane osoby do poszczególnych zespołów posiadają, bowiem wysoki stopień relacji roboczych pomiędzy członkami zespołu oraz wskaźnik dopasowania do poszczególnych działów.

5. Podsumowanie

W dzisiejszych czasach, w silnie konkurencyjnym środowisku, w jakim funkcjonują firmy, umiejętne zarządzanie zasobami ludzkimi jest niezbędne do osiągnięcia sukcesu organizacji. Odpowiednio ukierunkowany i zmotywowany personel jest w stanie zapewnić wysoką jakość świadczonych usług, a tym samym zadowolenie klientów. Zastosowane terminy w polityce kadrowej firm jak „zasoby ludzkie” czy też „kapitał ludzki” mają oddawać strategiczne znaczenie ludzi dla osiągnięcia sukcesu przez organizację. Organizację tworzy grupa ludzi, która poprzez wspólnie włożony wysiłek dąży do realizacji założeń i planów przedsiębiorstwa. Niezbędnym staje się więc odpowiednie zarządzanie i organizacja pracy zespołowej. Budowanie optymalnych zespołów roboczych umożliwia tworzenie kultury organizacyjnej w przedsiębiorstwie i zapewnienia wysoki poziom współpracy i wzajemnej komunikacji. W pracy rozwinięto ilościowy plan reprezentacji dla trzech istotnych cech członka zespołu: wielofunkcyjna wiedza, umiejętność pracy zespołowej oraz wzajemne relacje między pracownikami. Wykorzystano w tym celu metodę AHP, która umożliwiła na oszacowanie wielofunkcyjnej wiedzy każdego członka zespołu oraz na oszacowanie jego zdolności do pracy zespołowej. Pozwoliło to na ukazanie skuteczności w określaniu ilości jakościowych cech każdego członka zespołu. Metoda AHP jest narzędziem wspomagającym decyzje, jednak ostateczna decyzja zależna jest w dużym stopniu od subiektywnego wrażenia, jakie wywołuje poszczególne pracownik na szczeblu kierowniczym.

Przeprowadzenie badań za pomocą wskaźnika MBTI pozwoliło na poznanie typu osobowości i preferencji pracowników oraz określenie występujących pomiędzy nimi

relacji roboczych. Po uzupełnieniu przez kadrę pracowniczą testu i określeniu indywidualnych danych, zdobyte informacje mogą zostać zatrzymane i wprowadzone do banku danych w celu wsparcia i pomocy w zarządzaniu pracownikami oraz budowaniu efektywnych zespołów roboczych. Wykorzystanie w pracy metody AHP oraz wskaźnika osobowości MBTI umożliwiło najlepszy wybór w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym wielodyscyplinarnego zespołu roboczego o wzajemnym dopasowaniu i umiejętnościach współpracy członków.

Literatura

- [1] Armstrong M.: *Zarządzanie zasobami ludzkimi*, Dom Wydawniczy ABC, Kraków, 2000.
- [2] Cleese J.: *Building a Successful Team*, Executive Excellence, Vol. 15, No. 3, pp.10, 1998.
- [3] Kielec R., Sasiadek M.: *Macierzowe planowanie procesów produkcyjnych w inżynierii współbieżnej*. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2014.
- [4] Muhlemann A.P., Oakland J.S., Lockyer K.G.: *Zarządzanie: produkcja i usługi*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 1997.
- [5] Myers I. B., McCaulley M. H.: *Myers-Briggs Type Indicator: MBTI*. Consulting Psychologists Press, 1988.
- [6] Praca zbiorowa: *Zarządzanie zasobami ludzkimi. Zagadnienia wybrane*, (red.) Stalewski T., Ziobro E., Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1995.
- [7] Prasad B.: *Concurrent engineering fundamentals*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Vol. 1, 1996.
- [8] Saaty T. L.: *Decision making with the analytic hierarchy process*. International journal of services sciences, Vol.1, No.1, pp. 83-98, 2008.
- [9] Saaty T. L.: *Fundamentals of decision making*. Pittsburgh: RWS Publications, 1994.
- [10] Zajac C.: *Zarządzanie zasobami ludzkimi*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej, Poznań, 2007.

RACJONALIZACJA PROCESU IMPREGNACJI WYROBÓW DREWNIANYCH

Tomasz MADEJ¹, Tomasz BELICA²

Praca ukierunkowana została na analizę możliwości usprawnienia rzeczywistego procesu produkcyjnego. W oparciu o przedsiębiorstwo zajmujące się produkcją drewnianych elementów architektury ogrodowej, rozpatruje się możliwość poprawy efektywności procesu impregnacji wyrobów. Na podstawie przeprowadzonej analizy stanu obecnego zaproponowano szereg sposobów umożliwiających skrócenie czasu realizacji danego procesu.

Słowa kluczowe: proces produkcyjny, racjonalizacja procesu produkcyjnego, transport wewnątrzzakładowy.

1. Wprowadzenie

Ogół przedsiębiorstw produkcyjnych różni się od siebie asortymentem produkcji, technologią wytwarzania wyrobów, posiadanym parkiem maszyn, metodą zarządzania produkcją, zagospodarowaniem przestrzennym, itp., ale łączy je to co najistotniejsze, czyli cele, tj. dążenie do utrzymania się na rynku przez jak najdłuższy okres czasu, zainteresowanie klienta swoim produktem, niski koszt produkcji oraz wysoki zysk. Dlatego, aby sprostać potrzebom otoczenia, należy dążyć do ciągłego doskonalenia oraz optymalizacji procesu produkcyjnego. Podejmowane decyzje powinny prowadzić do ustalenia jak najbardziej efektywnego i ekonomicznego sprzężenia elementów produkcji, tj. maszyna, urządzenia oraz praca ludzka w taki sposób, by proces wytwarzania stał się jak najbardziej płynny. Sprawny przepływ produkcji wpływa bowiem na jak najlepsze wykorzystanie możliwości produkcyjnych danego przedsiębiorstwa, racjonalizację posiadanych zasobów oraz minimalizację przestoi. Podejmując się zadania usprawnienia istniejącego procesu produkcyjnego należy rozpocząć od przeprowadzenia pomiarów niezbędnych do oceny bieżącego stanu, pozyskania ogólnych informacji dotyczących stanu maszyn i ewentualnych przestoi. Analizując stan obecny produkcji w pierwszej kolejności powinno się sięgać po zasoby niewykorzystywane, które pomimo posiadanego potencjału są marnotrawione. Następnie przechodzić w usprawnienie pracy pracowników produkcji poprzez zmiany metod bądź organizacji pracy.

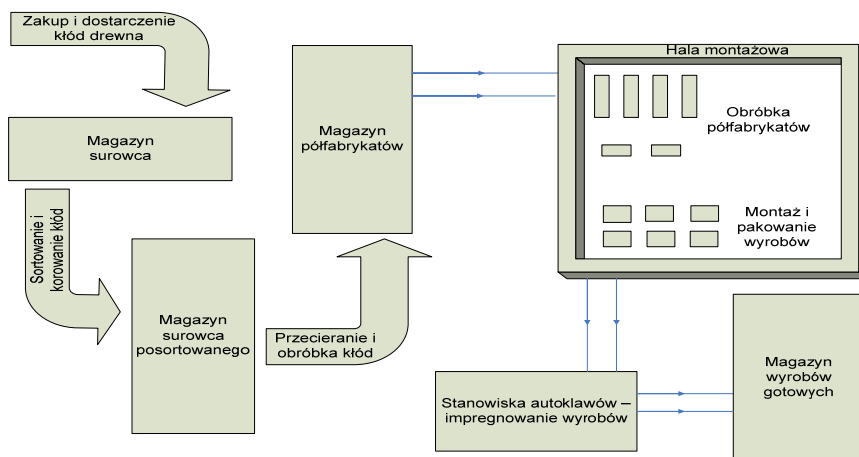
¹ mgr inż.; e-mail: tomaszmadej999@gmail.com

² dr inż.; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: t.belica@iim.uz.zgora.pl

Istotność tematyki związanej z poprawą efektywności procesów produkcyjnych potwierdzają liczne prace [1, 3-13].

W pracy rozpatruje się możliwość poprawy efektywności jednego z procesów realizowanych w przedsiębiorstwie zajmującym się produkcją drewnianych elementów architektury ogrodowej. Przedsiębiorstwo ma w swojej ofercie ponad 2000 wzorów gotowych wyrobów, na stałe znajdujących się w bieżącej produkcji. Uogólniony proces wytwarzania całej gamy produktów przedsiębiorstwa (Rys. 1) można przedstawić następująco:

- zakup, korowanie i grupowanie drewna okrągłego – drewno po dostarczeniu do zakładu zostaje pozbawione kory i posortowane według rozmiaru średnic; całość odbywa się na specjalnie dostosowanej do tego typu zadań linii sortownika,
- przecieranie drewna – surowiec zostaje poddany obróbce na wyposażonej w zestaw głowic ścierających i pił linii SAB; w ten sposób powstaje półfabrykat o zaplanowanych rozmiarach przeznaczony do dalszej obróbki,
- obróbka półfabrykatu – odpowiedni materiał zostaje poddany obróbce w celu wytworzenia podzespołów określonych produktów,
- montaż i pakowanie – ze względu na bardzo dużą różnorodność produktów ten etap można opisać jako łączenie w całość podzespołów przy różnego typu stanowiskach monterskich i ułożenie ich w ściśle określone opakowanie zbiorcze,
- impregnacja – zabezpieczenie produktu przed owadami i grzybami.



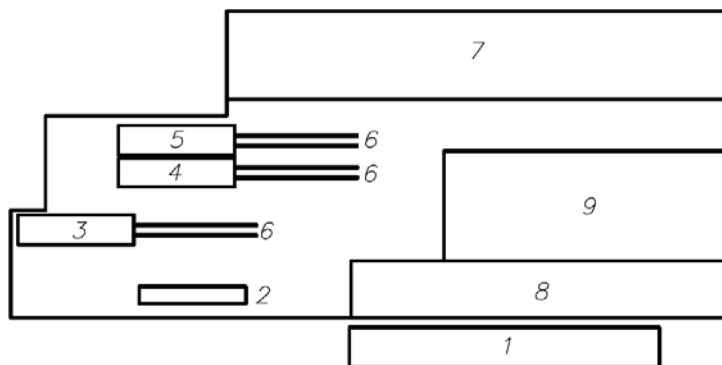
Rys. 1. Uogólniony schemat procesu produkcji

W ramach pracy skupiono się na możliwościach usprawnienia procesu impregnacji w jednym z zakładów przedsiębiorstwa.

2. Charakterystyka wybranego procesu produkcyjnego

Impregnację drewna stosuje się w celu przedłużenia trwałości jego użytkowania. Drewno można w ten sposób częściowo zabezpieczyć przed ogniem, czynnikami atmosferycznymi czy grzybami i owadami. W tym celu można stosować powłoki ochronne lub zastosować nasycenie drewna związkami chemicznymi [2]. Zabiegi impregnacji drewna można podzielić ze względu na głębokość przenikania substancji konserwującej na dwie grupy – powierzchniowe i głębokie. Wszystkie sposoby, które pozwalają na przenikanie zewnętrznej warstwy bielu do 5 mm głębokości zalicza się do metody powierzchniowej. Pozostałe formy pozwalające wprowadzić impregnat głębiej niż 5 mm w głąb drewna zalicza się do metod ciśnieniowych.

W analizowanym zakładzie produkcyjnym stosuje się ciśnieniowo-próżniową metodę impregnacji wyrobów drewnianych. Odbywa się ona w 3 autoklawach, jeden o długości 20 m i dwóch o długości 22 m. Poglądowy schemat poszczególnych stanowisk przedstawiono na rysunku 2. Oznaczono tutaj: 1 - strefa składowania wyrobów przed impregnacją, 2 - wanna ociekowa, 3-5 - autoklawy, 6 - torowiska, 7 - strefa składowania wyrobów po impregnacji, 8 - magazyn techniczny, 9 - strefa przeznaczona do dodatkowego zabezpieczania wyrobów gotowych.



Rys. 2. Poglądowy schemat stanowiska autoklawów

Impregnacja w każdym z autoklawów jest procesem cyklicznym, odbywającym się w trybie ciągłym 7 dni w tygodniu przez 24 godz. na dobę. Stanowiska autoklawów, które mają swoją określoną przepustowość, okresowo stanowią wąskie gardło całego procesu produkcji. Główną z przyczyn powstawania zatoru jest sezonowość zapotrzebowania na wyroby. Asortyment produktów stanowią szeroko rozumiane elementy architektury ogrodowej, na które znaczne zapotrzebowanie u klienta (sieci sprzedażowe) przypada na okres od lutego do końca czerwca. W tym okresie z zakładu wyjeżdża ok. 80 % wyrobów wyprodukowanych w przeciągu całego roku. Wolumen sprzedawanych produktów w przeciągu 5 miesięcy znacznie przekracza

zdolności produkcyjne zakładu w danym okresie czasu. Z tego powodu stosowany jest mieszany typ produkcji. W miesiącach lipiec – styczeń produkcja w znacznej mierze odbywa się na magazyn, a w miesiącach luty – czerwiec wyroby przeważnie produkowane są pod konkretne zamówienia.

Analizowany proces można podzielić na trzy główne etapy (przygotowania, impregnacji, rozładunku). W pierwszym z nich elementy przewożone są ze strefy składowania wyrobów białych i układane są przez operatora za pomocą wózka widłowego na wagoniki. Po ułożeniu wyrobów operator unieruchamia je za pomocą pasów lub łańcuchów (Rys. 3). Zabezpiecza w ten sposób produkty przed niekontrolowanym przemieszczaniem się wewnątrz autoklawu podczas procesu impregnacji. Następnie, przy pomocy wciągarki, wagoniki wjeżdżają po torowisku do wnętrza zbiornika (Rys. 3). Autoklaw zostaje szczelnie zamknięty i rozpoczyna się proces impregnacji. Po skończonym cyklu impregnowania, wyroby wyjeżdżają z autoklawu, po czym operator rozładowuje wagoniki. Po opróżnieniu platform można na nowo układać kolejne wyroby i w ten sposób zacząć kolejny cykl. W celu całkowitego wyschnięcia, operator wywozi zaimpregnowane wyroby w specjalnie wyznaczoną do tego celu strefę.



Rys. 3. Wyroby ustawione na platformie przed wjazdem do autoklawu nr 1 (z lewej) oraz po umieszczeniu w autoklawie (z prawej)

Autoklaw nr 1, ze względu na swoją średnicę (jest największy), w praktyce wykorzystywany jest tylko do impregnacji dużych paczek, w skład których wchodzi przeważnie płyty lamelowe, płyty szczelne, kratki w ramie. Wyroby te biorąc pod uwagę ich zastosowanie można nazwać panelami do grodzenia. Znaczna część tych produktów ma wymiar 1.8 x 1.8 m (różnią się tylko grubością). Dzięki temu, planując załadunki wyrobów, można używać ustalonych segmentów i schematów. W tym przypadku szerokość paczek załadunkowych ustalana jest najczęściej na wymiar 0.6, 0.8 lub 1.2 m. Podane wymiary wynikają z szerokości przestrzeni załadunkowej samochodu ciężarowego (2.4 m). W związku z tym, nie ustala się wymiarów paczek pod kątem optymalnego wykorzystania przestrzeni w autoklawach. Gdy zachodzi potrzeba, w autoklawie nr 1 mogą być impregnowane mniejsze wyroby, w praktyce jednak, zdolności produkcyjne i tym samym realna

wielkość produkcji paczek o dużych wymiarach oraz brak możliwości impregnacji ich w autoklawie nr 2 (ma mniejszą średnicę) sprawia, że autoklaw nr 1 jest obłożony impregnacją tylko dużych wyrobów.

Problem zatorowości nie pojawia się również przy pracy autoklawu nr 3, jest on wykorzystywany do impregnacji małych wyrobów o brązowej barwie takich jak kwietniki, ogrodowe skrzynie z półkami, paliki, podesty itp. Zapotrzebowanie na brązowe wyroby jest mniejsze i tym samym dany autoklaw jest optymalnie wykorzystany bez występowania zjawiska wąskiego gardła.

Problem zatorowości, powstający przy procesie impregnacji, dotyczy przede wszystkim pracy autoklawu nr 2. Różni się on od stanowiska nr 1 nie tylko gabarytami lecz również budową platformy do załadunku. Nie składa się ona z jednej długiej powierzchni, tylko z 5 łączonych ze sobą wagoników (dzięki temu obniżono minimalny poziom wózka i tym samym zwiększono wysokość impregnowanego „wsadu”). To stanowisko służy do impregnacji małych i średnich wyrobów, takich jak podesty, małe płotki ozdobne, mniejsze rozmiary paneli do grodzienia, kratki, krawędziaki, płoty sztachetowe, bramki ogrodowe, rolboty, pergole, kwietnik i wiele innych. Gama tych produktów jest bardzo duża, a rozmiary paczek tychże artykułów różnią się znacznie względem siebie. Zapotrzebowanie na te wyroby jest duże i powstają one równolegle z wyrobami o dużych rozmiarach (często do ich produkcji wykorzystywane są przetworzone odpady produkcyjne z większych wyrobów). Znaczna różnorodność wymiarów paczek tych produktów skutkuje wieloma komplikacjami przy układaniu wsadu do impregnacji i wydłuża łączny czas załadunku i rozładunku do ponad godziny (w przypadku autoklawu nr 1 proces ten trwa ok. 15 min.) Długi czas przygotowania wsadu przyczynia się w dużej mierze do powstawania zatorowości. Operator ma utrudnione zadane, ponieważ musi stworzyć taką kombinację, aby przygotować jak największą ilość towarów do jednego cyklu impregnacji. Operatorzy dostają listy z harmonogramem kolejności produkcji i powinni się kierować zasadą FIFO. Problem zatorowości pojawił się wraz ze wzrostem wielkości produkcji (w ostatnim okresie spółka pozyskała nowe rynki zbytu). Zdolność produkcji wyrobu białego zwiększono poprzez zatrudnienie nowych pracowników i dostawienie nowych stanowisk monterskich, jednakże zdolność impregnacji stanowisk autoklawów pozostała bez zmian. Teoretycznie, wraz ze wzrostem produkcji, należałoby zwiększyć możliwości impregnacji poprzez inwestycje w czwarty autoklaw, jednakże inwestycja taka byłaby olbrzymią ingerencją w istniejącą infrastrukturę zakładu i wiązałaby się z bardzo dużym nakładem finansowym. Biorąc pod uwagę okresowość powstawania problemu wąskiego gardła, rozwiązanie te z uwagi na bardzo duże koszty nie byłoby adekwatne do otrzymanych korzyści. Dlatego postanowiono znaleźć inne rozwiązania, które mogą skutkować zmniejszeniem lub wyeliminowaniem skali problemu.

W pierwszej kolejności dokonano szczegółowych pomiarów czasu procesu impregnacji w danym autoklawie. Wyszczególniono tutaj następujące operacje:

- załadunek - ułożenie wyrobów na wózki, wciągnięcie całości do środka autoklawu, szczelne zamknięcie;
- próżnia wstępna - wytworzenie podciśnienia (0.8 bar),
- wtłoczenie impregnatu do autoklawu,
- wytworzenie ciśnienia (8 bar),
- wypompowanie impregnatu z autoklawu,
- wytworzenie podciśnienia (0.8 bar),
- rozładunek - wyciągnięcie wagoników z autoklawu, rozładowanie wyrobów.

Dla wymienionego podziału operacji dokonano pomiarów czasu 20 cykli impregnacji na przestrzeni 30 dni, tak aby obejmowały pracę wszystkich operatorów. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1.

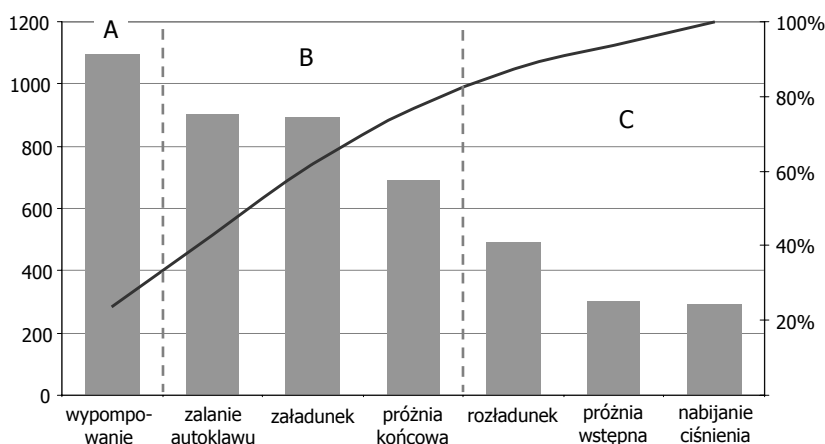
Tab. 1. Wyniki przeprowadzonych pomiarów dla poszczególnych operacji

Nr	załadunek	próżnia wstępna	załanie autoklawu	nabijanie ciśnienia	wypompowanie	próżnia końcowa	rozładunek	□
	wynik pomiaru [min.]							
1	43	15	47	14	56	34	23	232
2	47	14	44	15	55	35	26	236
3	43	15	46	14	54	34	24	230
4	46	14	44	15	55	34	26	234
5	47	14	43	14	54	35	26	233
6	40	18	48	16	56	35	23	236
7	43	15	47	14	56	36	23	234
8	44	14	45	14	55	34	24	230
9	45	14	45	14	55	34	24	231
10	44	14	45	15	55	35	26	234
11	38	18	48	15	57	34	21	231
12	49	13	43	14	54	35	25	233
13	42	17	47	14	56	35	24	235
14	49	18	45	14	55	36	23	240
15	51	14	40	15	51	35	27	233
16	46	14	45	16	54	34	24	233
17	45	15	45	15	55	34	26	235
18	43	16	46	15	56	35	25	236
19	46	14	44	14	54	34	25	231
20	41	17	44	14	55	34	24	229
suma	892	304	902	292	1098	692	490	4670

W celu określenia na których etapach procesu należałoby skupić uwagę została zastosowana analiza ABC. Metoda ta pozwala ocenić wartości poszczególnych operacji przez pryzmat ich udziału w przebiegu całego procesu. Wywodzi się ona z empirycznego prawa Pareto, które mówi, że w wielu sytuacjach realnych 80% konsekwencji wywodzi się z 20% przyczyn. Dzięki tej analizie można skupić się na racjonalizacji tych części procesu, które po poprawie przyniosłyby największy efekt. W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń w oparciu o sumę czasów poszczególnych operacji w obserwowanych 20 cyklach. Wyniki analizy przedstawiono również na rysunku 4.

Tab. 2. Analiza ABC procesu impregnacji

Lp.	operacja	czas operacji [min]	skumulowany czas operacji [min]	wartość udziału [%]	skumulowany wartość udziału [%]	skumulowany udział asortymentowy [%]	Grupa
1	wypompowanie	1098	1098	23,5	23,5	14,3	A
2	zalenie autoklawu	902	2000	19,3	42,8	28,6	B
3	załadunek	892	2892	19,1	61,9	42,9	B
4	próżnia końcowa	692	3584	14,8	76,7	57,1	B
5	rozładunek	490	4074	10,5	87,2	71,4	C
6	próżnia wstępna	304	4378	6,5	93,7	85,7	C
7	nabijanie ciśnienia	292	4670	6,3	100	100	C



Rys. 4. Wykres analizy ABC procesu impregnacji

Na podstawie przeprowadzonej analizy do grupy A zaliczono operację wypompowania impregnatu z autoklawu, do grupy B zakwalifikowane zostały

operacje zalania autoklawu, załadunku wyrobów oraz wytworzenia próżni końcowej. Suma czasów operacji z grupy A i B stanowią 77% czasu całego procesu impregnacji. Nad pozostałymi czynnościami (przydzielonymi do grupy C) należy się przyglądać w ostateczności, ponieważ rozwiązania poprawiające efektywność danych operacji przyniosłyby najmniej realny skutek.

3. Rozwiązania umożliwiające skrócenie czasu impregnacji wyrobów

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i obserwacji, rozmów z operatorami autoklawów, kierownikiem produkcji i dyrektorem zakładu dotyczących stanu obecnego, a także po przeprowadzonej analizie ABC nasuwają się dwie grupy rozwiązań mające na celu skrócenie czasu cyklu impregnacji autoklawu nr 2. Pierwsza grupa dotyczy skrócenia czasu cyklu impregnacji poprzez szybsze napełnienie i opróżnienie autoklawu impregnatem. Druga grupa rozwiązań ma na celu ograniczenie czasu przeznaczanego na załadowanie wagoników platformy wyrobami przeznaczonymi do impregnacji. Analiza ABC wskazała również na operację wytworzenia próżni końcowej. Wytworzenie podciśnienia w zbiorniku po procesie nasycenia drewna impregnatem ma na celu jego wstępne osuszenie poprzez wysysanie części środka impregnującego wypełniającego światło komórek drewna. Z uwagi na niechęć w ingerencję samego procesu impregnacji postanowiono nie modyfikować danej czynności.

3.1. Proces zalewania i wypompowywania impregnatu

Skrócenie czasu napełniania oraz opróżniania impregnatu z autoklawu można uzyskać poprzez poprawę efektywności instalacji hydraulicznej lub/oraz zmniejszenie ilości pompowanego środka impregnującego.

W pierwszym przypadku nasuwają się trzy, możliwe przy istniejącej infrastrukturze, rozwiązania:

- montaż bardziej wydajnej pompy, dostosowanej do istniejącej instalacji,
- montaż bardziej wydajnej pompy wraz ze zmianą instalacji hydraulicznej,
- wykonanie drugiej, kompletnej, pracującej równolegle instalacji pompowej.

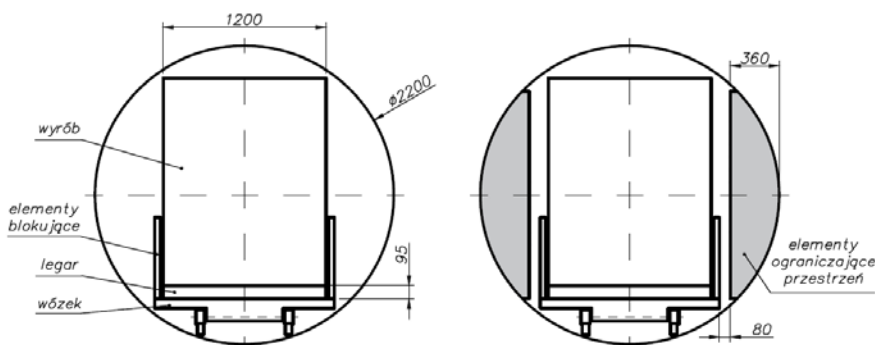
Dla każdego z przedstawionych rozwiązań wykonano wstępne obliczenia. Pojemność pustego autoklawu wynosi 86 m³. Na podstawie wdrożonego w przedsiębiorstwie systemu ERP i przeprowadzonych obliczeń uzyskano informacje, że impregnowane wsady w danym autoklawie mają objętość od 8 do 10 m³ (sumaryczna objętość elementów z których wykonane zostały przeznaczone do impregnacji wyroby). W obliczeniach uwzględniono również m.in. umiejscowienie i charakterystykę pompy, straty hydrauliczne w instalacji, dopuszczalną prędkość przepływu cieczy

w instalacji, itp. Obliczenia przeprowadzono dla kilku wybranych, dostępnych na rynku pomp. Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń otrzymano następujące informacje:

- zakup i montaż pompy, dostosowanej do istniejącej instalacji pozwoliłoby na skrócenie czasu zalewania i wypompowywania impregnatu o ok. 18%;
- montaż nowej pompy wraz z przebudową istniejącej instalacji nie ma ekonomicznego uzasadnienia - dość dobry stan istniejącej instalacji, podobne koszty i więcej korzyści wynikających z zastosowania kolejnego rozwiązania (np. zabezpieczenie w sytuacjach awaryjnych, itp.);
- wykonanie drugiej, o podobnych parametrach, pracującej równolegle instalacji pompowej pozwoliłoby na skrócenie czasu zalewania i wypompowywania impregnatu o ok. 50%.

Dokonując analizy ekonomicznej przedsięwzięcia należy tutaj zwrócić uwagę, że w obu przypadkach do kosztów inwestycji należy również doliczyć stałe, wyższe koszty energii elektrycznej.

Drugą propozycją umożliwiającą skrócenie czasu zalewania i wypompowywania impregnatu jest zniwelowanie wolnych przestrzeni wewnątrz autoklawu (Rys. 5). Zabieg ten ma na celu zmniejszenia objętości zbiornika i tym samym tłoczenie mniejszej ilości środka do wewnątrz.



Rys. 5. Możliwość zniwelowania wolnych przestrzeni wewnątrz autoklawu nr 2

Na rysunku 5 przedstawiono obrys zewnętrzny wózka transportującego wyroby wewnątrz autoklawu. Zaproponowano takie położenie elementów ograniczających przestrzeń, aby zestaw wózków wraz z załadowanymi wyrobami przemieszczał się swobodnie wewnątrz (przyjęto tutaj 80 mm luzu). Z celu zachowania poprawnej „pracy” konstrukcji samego autoklawu w jego wnętrzu nie można stworzyć jednolitej zabudowy. Dlatego proponuje się wykonanie elementów ograniczających przestrzeń w postaci wykonanych z tworzywa sztucznego lub drewna modułów (Rys. 6), które zostaną zamocowane za pomocą szpilek przyspawanych do wewnętrznej części płaszcza.



Rys. 6. Propozycja modułu ograniczającego przestrzeń zalewową

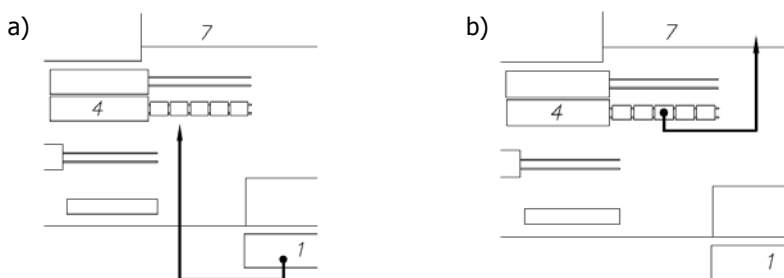
Takie rozwiązanie umożliwi ograniczenie wolnej przestrzeni o ok. 8.8 m^3 , co z kolei przyczyni się do skrócenia czasu zalania i opróżnienia autoklawu o ok. 11%.

3.2. Proces załadunku i rozładunku

Drugą grupą rozwiązań są propozycje, które mają na celu skrócić czas części procesu impregnacji jakimi są załadunek i rozładunek wyrobów. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów (Tab. 1) stwierdzono, że czynności te (uśredniając) zajmują razem blisko 70 min. Bezpośrednie przyczyny, które sprawiają, że czas tych operacji trwa stosunkowo długo szczegółowo zostały przedstawiono w rozdziale 2. Uogólniając można stwierdzić, że przyczynami są:

- duża różnorodność paczek pod względem rozmiarów,
- duża ilość małych paczek, które należy ułożyć aby zapełnić wsad,
- zabiegi wykonywane przez operatorów, które mają na celu racjonalne ułożenie paczek, tak aby jednorazowy wsad był jak największy.

W celu przygotowania wsadu operator przewozi paczki ze strefy składowania wyrobów przeznaczonych do impregnacji i układa je bezpośrednio na wózek (Rys. 7a). Pomimo, że operatorzy jednorazowo przy takim kursie przeważnie przewożą 2-4 paczki, to czynność tę muszą powtórzyć co najmniej kilkanaście razy.



Rys. 7. Uproszczony schemat załadunku (a) oraz rozładunku (b) autoklawu nr 2

Czynności, które wykonywane są w celu rozładowania wagoników po impregnacji wyglądają analogicznie (Rys. 7b). Najrozsądniejszym rozwiązaniem byłaby tutaj „przelotowa” konstrukcja autoklawu – gdzie, podczas trwania procesu impregnacji, z jednej strony następuje załadunek, a po skończonym procesie, z drugiej strony rozładunek. Podobny efekt można byłoby uzyskać poprzez budowę z jednej strony autoklawu dwóch torowisk połączonych zwrotnicą. Jednakże, z uwagi na brak możliwości przebudowy istniejącej infrastruktury, takie rozwiązania nie są możliwe.

Postanowiono dany proces w pewnym stopniu usystematyzować. Jako cel przyjęto możliwość przygotowania określonej wielkości „paczek wsadu” w trakcie trwania procesu impregnacji. W pierwszym kroku pobrano szczegółową informację z ostatnich 6 miesięcy dotyczącą impregnowanych wyrobów w danym autoklawie. Na tej podstawie podjęto próbę stworzenia przestrzennej mapy układania poszczególnych wyrobów w ten sposób, żeby stworzyć różne konfiguracje „paczek”. Jako ograniczenia przyjęto tutaj dopuszczalne wymiary paczki (dopasowane do wielkości wagonika), maksymalnie 15 możliwych konfiguracji układania wyrobów (zbyt duża ilość generowałaby problemy przy ich układaniu) oraz możliwość uzyskania rozwiązania dla niepełnego załadunku autoklawu (mniej niż 5 wózków). Na podstawie przeprowadzonej symulacji udało się określić dwa rozwiązania: w pierwszym - 13 różnych konfiguracji układania paczek dla 4 wózków, w drugim - 8 różnych konfiguracji układania paczek dla 3 wózków. Dla każdej z konfiguracji opracowano instrukcje dla pracowników. W zależności od rozwiązania, jeden lub dwa wózki będą musiały być wypełniane w sposób nieustalony. Z uwagi na fakt, że paczka będzie składać się z dużej ilości wyrobów o różnych gabarytach oraz jej transport wózkami widłowymi, zmodyfikowano również podest (platformę) na której dane wyroby będą układane. Na podstawie kilku przeprowadzonych prób określono, że czas załadunku można skrócić w pierwszym przypadku o 54% lub w drugim przypadku o 41%, natomiast czas rozładunku: w pierwszym przypadku o 60%, w drugim o 43%. Z uwagi na brak praktyki z przedstawionymi rozwiązaniami wśród pracowników, w przypadku ich wdrożenia uzyskane wskaźniki będą jeszcze korzystniejsze.

4. Podsumowanie

W pracy poruszono problem dotyczący poszukiwania rozwiązań mających na celu usprawnienie rzeczywistego procesu produkcyjnego. Analizując możliwości poprawy efektywności produkcji należy mieć na uwadze szereg czynników, m.in. możliwość automatyzacji, reorganizacja stanowisk pracy, przeprojektowanie istniejących lub budowa nowych stanowisk, istniejąca infrastruktura, czynnik ludzki, ocenę ekonomiczną przedsięwzięcia, itp. Jako obiekt badań przyjęto proces ciśnieniowo-próżniowej impregnacji wyrobów drewnianych, przy czym celem nie była tutaj zmiana samego procesu impregnacji, a jedynie jego „otoczkę”. Po zapoznaniu się

ze stanem obecnym określonego procesu, podjęto próbę znalezienia rozwiązań umożliwiających jego skrócenie. Przy poszukiwaniu rozwiązań pomocne były metody burzy mózgów, analizy morfologicznej oraz elementy techniki SMED. Niezbędne było również przeprowadzenie szeregu obliczeń inżynierskich. Dla danego problemu znaleziono kilkanaście możliwych rozwiązań, spośród których kilka można było przedstawić w pracy. Efektem opracowanych propozycji będzie zmieszenie skali występującego problemu lub jego całkowite wyeliminowanie.

Literatura

- [1] Antosz K., Pacana A.: *Ocena efektywności wdrożenia metody SMED dla wybranych stanowisk produkcyjnych – studium przypadku*. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Red. R. Knosala, Opole: PTZP, T. 1, s. 313-321, 2017.
- [2] Babiński L.: *Impregnacja drewna metodą próżniową*. Ochrona Zabytków, Nr 45/4, s. 360-368, 1992.
- [3] Babirecki W., Chmielewska J.: *Optymalizacja procesu wytwórczego wyrobów ze stali nierdzewnej*. Metody i narzędzia w inżynierii produkcji. Red. T. Nahirny, T. Belica, Zielona Góra, T. 2, s. 7-18, 2017.
- [4] Gala B., Wolniak R.: *Problems of implementation 5S practices in an industrial company*. Management Systems in Production Engineering, Vol. 4 (12), pp. 8-14, 2013.
- [5] Galińska, B., Saciński, O.: *Zastosowanie metody Mapowania Strumienia Wartości w celu identyfikacji podstawowych wad i skrócenia czasu trwania procesu produkcyjnego*. Logistyka, Nr 2, s. 151-158, 2015.
- [6] Grzelczak A.: *Korzyści dla przedsiębiorstwa i pracowników wynikające z ciągłej racjonalizacji procesów pracy*. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie, Nr 33, s. 17-23, 2001.
- [7] Imai M.: *Gemba Kaizen*. Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa, 2006.
- [8] Jagodziński J., Ostrowski D.: *Optymalizacja wybranego procesu produkcyjnego w oparciu o zasadę ciągłego doskonalenia na przykładzie przedsiębiorstwa X*. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie. Nr 24, T. 2, s. 201-214, 2016.
- [9] Matuszek J., Kasperek T.: *Racjonalizacja czasów przebrojeń stanowisk roboczych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i zarządzanie. Z. 70, s. 287-299, 2014.
- [10] Moreira A., Pais G.: *Single minute exchange of die. A case study implementation*. Journal of Technology Management & Innovation, Vol. 6 (1), pp. 129-146, 2011.
- [11] Płonka S.: *Algorytmy wielokryterialnej optymalizacji struktury procesów wytwarzania*. Inżynieria Maszyn, T. 22, Z. 1, s. 7-18, 2017.
- [12] Smuśkiewicz P., Starzyńska B.: *Doskonalenie organizacji procesu przebrojeń maszyn*. Inżynieria Maszyn, Nr 18, Z. 1, Wydawnictwo Wrocławskiej Rady FSNT NOT, Wrocław, s. 97-108, 2013.
- [13] Womack J. P., Jones D. T.: *Lean Thinking*. Free Press, London & New York, 2003.

WSPARCIE INNOWACJI W PROCESIE INŻYNIERII PRODUKCJI NA PRZYKŁADZIE SZYBKIEJ ŚCIEŻKI

Maciej SABAL¹

W artykule omówiono możliwości wsparcia przedsiębiorstw ze środków Poddziałania 1.1.1 POIR pn. „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” potocznie zwanego „szybką ścieżką”. Funkcjonujący od ponad dwóch lat system wsparcia cieszy się popularnością wśród polskich przedsiębiorstw, choć sposób finansowania innowacji w ramach tego poddziałania podlegała zmianie. Możliwości wsparcia finansowego opisane zostały w kontekście znaczenia wprowadzania innowacyjności w przedsiębiorstwach w świetle obowiązujących teorii i kluczowych definicji w tym obszarze.

Słowa kluczowe: innowacje, innowacyjność, projekt B+R, przedsiębiorstwo, program strategiczny

1. Innowacje w przedsiębiorstwach – definicje, uwarunkowania

Dla przedsiębiorstw działających w branży produkcyjnej i usługowej, ważnym aspektem są innowacje, które dla większości tego typu podmiotów stają się nieodzownym elementem funkcjonowania w nowoczesnej gospodarce. Teza ta znajduje potwierdzenie w rozwiniętych systemach ekonomicznych gospodarki rynkowej i praktycznie nie jest dziś kwestionowana. Wdrożenie innowacji w postaci udoskonalonych produktów, nowatorskich usług, nowych sposobów komunikowania z otoczeniem w zmieniającej się gospodarce prowadzi do zwiększenia liczby klientów, a co za tym idzie, zwiększenia zysków przedsiębiorstw. Warto przypomnieć, że korzyści płynące z kreatywności innowacyjności jako podstawowy czynnik kapitalizmu uznał za kluczowe i opisał Joseph Schumpeter. Już w latach trzydziestych XX wieku zyski utożsamiał z teorią wzrostu gospodarczego [12]. Zgodnie z koncepcją austriackiego ekonomisty kluczowymi bodźcami rozwoju ekonomicznego są zastosowane przez przedsiębiorców nowe kombinacje środków produkcji (przedsięwzięcia, innowacje). Jak pisze Schumpeter, kapitalizm jest dynamicznym systemem, który przez nieustanny proces innowacji wciąż się zmienia, co odbywa się za sprawą głównie modyfikacji metod produkcji oraz struktury konsumpcji.

¹ dr; Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych; e-mail: sabal@agh.edu.pl

Naturalnie w czasach „po Schumpeterze” sama innowacyjność definiowana była i jest w sposób zróżnicowany. Wskutek analiz różnych definicji innowacyjności można dojść do przekonania, że ujmowana jest niejednoznacznie, lecz na potrzeby niniejszego wywodu można przyjąć, za Magdaleną Pichlak, że opiera się ona o triadę o wierzchołkach zdefiniowanych jako: skłonność do generowania (adaptacji) innowacji, zdolność do generowania innowacji oraz gotowość do podjęcia ryzyka związanego z wdrażaniem innowacji [8]. Ujęcie to skupia w sobie podstawowe czynniki nieodzowne do podjęcia decyzji o wdrożeniu innowacji.

Kluczowym pojęciem w rozpatrywaniu opisywanego zjawiska jest zmiana, którą Drucker ujmuje jako systematyczną innowację polegającą na celowym i zorganizowanym poszukiwaniu nowości oraz na systematycznej analizie możliwości, jakie te zmiany mogą oferować dla innowacji ekonomicznej bądź społecznej [1]. Znany badacz innowacji wskazuje na aspekt organizacji i braku przypadkowości w tworzeniu innowacji. Określa ją jako narzędzie przedsiębiorcy do tworzenia nowej wartości w firmie. W tym kontekście istotne jest jeszcze uzupełnienie pojęcia innowacji o czynnik teoretycznie znajdujący się na niższym, czy też operacyjnym poziomie (tj. niewystępujący w przytoczonych ujęciach), ale w realiach prowadzenia działalności gospodarczej niezwykle istotny – związany z finansowaniem. W literaturze przedmiotu mówi się oczywiście o uwarunkowaniach czy czynnikach innowacyjności, które ogólnie zakwalifikować można jako czynniki zewnętrzne (egzogeniczne), związane z otoczeniem, oraz wewnętrzne (endogeniczne), zależne od zasobów przedsiębiorstwa [4]. Wśród czynników wewnętrznych wymienić należy zasoby ludzkie, a także finansowe, rzeczowe oraz niematerialne (takie jak wiedza i umiejętności). Na czynniki zewnętrzne składają się natomiast poziom mikrootoczenia (mowa o klientach, konkurencji, warunkach dostaw czy współpracownikach), poziom mezootoczenia (co związane jest z polityką władz samorządowych, bliskich instytucji otoczenia biznesu czy infrastruktury transportowej, informatycznej etc. [15]; a także poziom makrootoczenia (czynniki ekonomiczne, społeczne, polityczne, prawne, ale także związane z udziałem w organizacjach międzynarodowych, w tym Unii Europejskiej).

W interesującej w kontekście niniejszego wywodu materii decydujący wpływ mają zatem czynniki wewnętrzne (finansowe) oraz zewnętrzne, w tym przypadku środki na innowacje pochodzące głównie z funduszy europejskich, ale także, wcale niemałe, środki krajowe. Naturalnie finansowanie innowacji wpisuje się w szeroki kontekst działania przedsiębiorstw i nie można go rozpatrywać w oderwaniu od innych czynników. Jak wskazują doświadczenia z okresu przedakcesyjnego, a także pierwszych lat członkostwa Polski w Unii Europejskiej, środki przeznaczone na innowacje stanowiły margines w planach finansowych przedsiębiorstw, z powodu tak prozaicznego powodu, jak brak zasobów oraz utrudniony dostęp do kredytu. W tym kontekście opisane jako kluczowa triada

w innowacyjności (skłonność, zdolność oraz gotowość do podjęcia ryzyka) nie mogła nastąpić, z uwagi na brak środków finansowych.

2. Wsparcie dla innowacji w warunkach polskich

W opisywanym okresie w Polsce (pierwsza dekada XXI wieku) sytuacja finansowa przedsiębiorstw była zgoła odmienna od tej, która w tym samym czasie miała miejsce z krajach zachodniej Europy. Jak wynika z badania GUS dotyczącego działalności innowacyjnej przedsiębiorstw w tym okresie, w 2009 r. nakłady na działalność innowacyjną poniosło zaledwie 14,4% przedsiębiorstw przemysłowych (nawet mniej niż w i tak słabym pod tym względem 2008 r., w którym takie nakłady poniosło 17,1% badanych przedsiębiorstw). Wśród przedsiębiorstw z sektora usług wynik był jeszcze gorszy, bowiem nakłady na działalność innowacyjną poniosło 11,6% badanych, wobec 13,1% w 2008 r. [10]. Warto zatrzymać się nad tymi danymi, które wskazują, jak trudna sytuacja występowała w przedsiębiorstwach, szczególnie małych i średnich, uznawanych za motor napędowy gospodarki. Dla tego typu przedsiębiorstw brak środków był przed dekadą barierą niemal nie do pokonania, w ich przypadku ryzyko poniesienia nakładów na innowacyjność było czynnikiem wtórnym wobec braku własnych zasobów oraz dostępu do kredytu [5]. Opisuując ostatnie lata pierwszej dekady XXI wieku jako okres w pewnej mierze przełomowy dla zmiany w zakresie finansowania innowacji przedsiębiorstw w Polsce, warto przywołać wyniki badania przeprowadzonego w roku 2008 na próbie 1002 małych i średnich przedsiębiorstw, w którym pytano o czynniki społeczne wpływające na innowacyjność przedsiębiorstw. Zgodnie z wnioskami z tego badania, małe i średnie przedsiębiorstwa postrzegały innowacyjność jako zjawisko wyjątkowe i ryzykowne w kontekście pochłaniania środków finansowych [6].

Lata 2008-2009 można określać jako przełomowe z uwagi na rozpoczęcie wdrażania pierwszych programów wspierających innowacyjność, z dominującym znaczeniem Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG). Choć program formalnie rozpoczął się wraz z nastaniem tzw. pierwszego okresu programowania, czyli w roku 2007, to realnie finansowanie zmian nastąpiło nieco później. Wspomniany POIG stanowił dla polskich przedsiębiorstw wyjątkową okazję na sfinansowanie działań innowacyjnych. Można mówić w tym kontekście o polskim modelu wspierania innowacyjności polegającym na transferze środków publicznych, choć nie będzie nadużyciem stwierdzenie, że podobny obowiązuje w całej Europie Środkowo-Wschodniej (wśród państw będących członkami Unii Europejskiej, w których z uwagi na lata funkcjonowania gospodarki nierynkowej nie zgromadzono odpowiedniego kapitału).

W warunkach polskich zatem członkostwo w Unii Europejskiej i uczestnictwo w programach rozwojowych miało kluczowe znaczenie dla rozwoju innowacyjności. Trzeba jednak zaznaczyć, że transfery publiczne nie są domeną państw takich jak

Polska, czyli „nadrabiających” znaczące braki w zakresie kapitału. Wsparcie innowacyjności wpisuje się bowiem w nurt aktywności państwa w gospodarce kapitalistycznej, zgodnie z którym państwo jest kluczowym aktorem w zakresie rozwoju nowych technologii. Zgodnie z tezami zawartymi w pracach Mariany Mazzucato sektor prywatny ma w państwie równoprawnego partnera, w wielu sytuacjach śmielszego i gotowego do większego ryzyka [7]. W wielu krajach kapitalistycznych państwo bywa tym ogniwem w łańcuchu innowacyjności, bez którego mógłby się w ogóle nie rozpocząć. W Polsce od dekady transferowane są środki na innowacje o niespotykanej dotąd skali, a państwo ma bardzo duży wpływ na kierowanie strumienia tych środków. Kluczowe zatem jest sformułowanie takiej polityki, która będzie powodować wzrost innowacyjności w sposób jak najbardziej efektywny. Można powiedzieć, że w Polsce są możliwości realizacji postulatów włoskiej ekonomistki na szeroką skalę, co może przyczynić się do zmiany sytuacji polskich przedsiębiorstw, dla których źródła kapitału potrzebnego na innowacje stają się coraz łatwiej dostępne. Jednocześnie pewnym nadużyciem mogą być niektóre nader entuzjastyczne sformułowania, zgodnie z którymi postęp w zakresie zwiększenia innowacyjności jest w prostej mierze przełożeniem zainwestowanych środków. W przypadku Polski mówią o tym rankingi innowacyjności, które bezpośrednio nie przekładają się na wyraźną poprawę w tym obszarze. Do właściwej analizy tego zjawiska bardzo pomocny może być również przegląd modeli dystrybucji środków publicznych.

3. Bariery i utrudnienia we wprowadzaniu innowacji w warunkach polskich

Pierwsze lata funkcjonowania POIG przyniosły liczne, niespotykane dotąd, możliwości w zakresie finansowania innowacyjności. Co prawda nie stało się od razu po uruchomieniu programu, bowiem z uwagi na kwestie formalne na szeroką skalę środki zaczęto transferować od 2009 roku (program formalnie funkcjonował z lat 2007-2013, ale finansowano go aż do roku 2015). Niezależnie od daty rozpoczęcia realnego finansowania, do roku 2015 na wsparcie innowacyjności w ramach POIG wydano ponad 10 mld euro, co jest skalą bez precedensu w warunkach polskich [13]. Trzeba zaznaczyć, że instytucje odpowiedzialne za program poszukiwały optymalnego modelu wspierania grantobiorców. Do roku 2015 sposób dystrybuowania środków, nie tylko tych przeznaczonych na innowacje, znacznie ewoluował, najczęściej na skutek słuchania głosów tych, dla których środki te były przeznaczone. W przypadku finansów na innowacje istotnym probierzem skuteczności oferowanych narzędzi wsparcia była popularność określonych rozwiązań wśród grantobiorców. Wiele informacji na ten temat można znaleźć w analizach, które powstawały na zlecenie m.in. ministerstw odpowiedzialnych za

sferę gospodarki i rozwoju, a także Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Jednym z przykładów takich opracowań jest badanie przeprowadzone na potrzeby analizy funduszy europejskich w latach 2007-2013. Wyniki badania wskazały na wiele barier związanych z pozyskiwaniem funduszy bezzwrotnych [3]. Dominantą tego badania było zidentyfikowanie powodów, dla których przedsiębiorcy nie przystępowali do określonych programów, mimo atrakcyjnych rozwiązań finansowych. Okazało się, że aż 38% spośród badanych firm stwierdziło, że procedury były zbyt skomplikowane i czasochłonne. Z tego względu aż 27,5% przyznało się, że nie było w stanie samodzielnie wypełnić wniosku i musiało zatrudnić dodatkową osobę. Badani przedsiębiorcy wskazywali również, że ramy programów pomocowych były zbyt sztywne i niedostosowane do sytuacji rynkowej. 23,7% przedsiębiorców stwierdziło, że kryteria przyznawania finansowania były dla nich niejasne. Autorzy badania konstatowali, że opieranie planów rozwojowych firm wyłącznie na funduszach unijnych dla wielu przedsiębiorstw było nazbyt ryzykowne, z uwagi na niepewność ich pozyskania.

Dla oddania pełniejszego obrazu warto podkreślić, że autorzy konkursów od początku duży nacisk kładli na współpracę przedsiębiorstw z jednostkami badawczymi, co zyskało aprobatę potencjalnych grantobiorców. Jak pokazały doświadczenia z realizacji projektów, współpraca jednostek badawczych i prywatnych przedsiębiorstw układała się bardzo dobrze, w wyniku czego stała się przyczynkiem do innych wspólnie realizowanych przedsięwzięć, nie tylko finansowanych ze środków publicznych. Jednocześnie uzupełnieniem tego skrótkowo przedstawionego obrazu pierwszych lat intensywnego wsparcia projektów badawczo-rozwojowych jest fakt, że w związku z poprawiającą się sytuacją finansową przedsiębiorstw, część z nich wolała zaciągnąć kredyt na innowacje, niż korzystać z oferowanych środków. Może to świadczyć o tym, że wiele z potencjalnych uczestników projektów nie przystąpiło do konkursów, co można interpretować jako swoiste niepowodzenie twórców programów innowacyjnych. Nie są dostępne szczegółowe badania dotyczące skali tej luki, ale do dyspozycji są badania, z których można się sporo dowiedzieć o motywach przedsiębiorców, którzy zdecydowali się skorzystać ze wsparcia, a także tych, którzy nie wyrazili takiej woli. Opracowania te wzięto pod uwagę pod koniec pierwszego okresu programowania, w trakcie tworzenia zapisów nowej perspektywy finansowej 2014-2020, wychodząc ze słusznego założenia, że należy jak najpełniej wykorzystać doświadczenia zdobyte w latach 2007-2013.

4. Szybka ścieżka

Przedstawione powody rezygnacji z możliwości skorzystania z pomocy finansowej dotyczą tylko niektórych obszarów, które można uznać jako niedogodności w zakresie ubiegania się o środki na innowacje. Warto powtórzyć, że instytucje organizujące nabory w znacznej mierze modyfikowały zasady przyznawania wsparcia, co przełożyło się na zainteresowanie oferowanymi programami, czego przykładem są uznawane za bardzo udane projekty systemowe (działanie 1.5 POIG „Projekty systemowe Narodowego Centrum Badań i Rozwoju”), realizowane od roku 2011, czyli stosunkowo późno, biorąc pod uwagę datę rozpoczęcia realizacji POIG. W ramach działania 1.5 ogłaszano popularne wśród przedsiębiorców i jednostek badawczych konkursy takie jak INNOTECH, DEMONSTRATOR czy INNOLOT. Opisane konkursy przygotowane były w oparciu o wcześniejsze doświadczenia, stąd ich stosunkowo późne rozpoczęcie można uznać za atut, bowiem, jak wspomniano, powstały przy uwzględnieniu refleksji związanej z sygnalizowanymi niedogodnościami odczuwanymi przez przedsiębiorców. Dla przykładu, program INNOLOT (pełna nazwa: Innowacyjne Lotnictwo) dedykowany był wsparciu sektora, który w Polsce zaliczany jest do jednego z nielicznych mających pozytywny bilans handlu zagranicznego w kategorii produktów wysokiej techniki. Tworząc ten program uznano, że inwestycje w lotnictwo mają pozytywny wpływ na innowacyjność gospodarki nie tylko w wyniku eksportu produktów wysokiej techniki, ale też poprzez transfer innowacyjnych technologii pierwotnie opracowanych dla lotnictwa do innych branż, jak również pośrednio przez pracowników migrujących do innych sektorów gospodarki. Tworząc ten program wzięto pod uwagę, że specyfiką przemysłu lotniczego są wysokie koszty rozwoju, bardzo wysokie ryzyko oraz znaczna cykliczność zapotrzebowania rynku. Wymusza to konieczność angażowania środków publicznych w celu utrzymania rozwoju tego sektora, co jest normą w rozwiniętych krajach. Program INNOLOT poprzez dobrze zdefiniowane cele cieszył się dużą popularnością wśród przedsiębiorstw związanych z branżą lotniczą i uczelni technicznych i stanowi przykład udanej inicjatywy nakierowanej na rozwój innowacyjności. Wyrazem tego są przygotowane do wdrożenia rezultaty projektu, co było wymogiem ubiegania się do dofinansowania w konkursie.

Rozpoczęcie drugiego okresu programowania środków z UE (formalnie od roku 2014, lecz prace nad kluczowymi dokumentami trwały już wcześniej), był czasem refleksji nad proponowanymi rozwiązaniami oraz przedefiniowaniem niektórych celów. Flagowym programem w zakresie wsparcia innowacyjności jest Program Innowacyjny Inteligentny Rozwój (POIR, 2014-2020). Szczególnie interesującym z punktu widzenia przedsiębiorców jest działania 1.1 POIR, szczególnie poddziałanie 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” potocznie zwane „szybką ścieżką”. Konkurs uwzględni wnioski z organizacji

wcześniejszych konkursów, a także niektóre postulaty przedsiębiorców. Sama nazwa zgodnie z wypowiedziami przedstawicieli NCBR wzięła się z deklarowanych krótkich terminów oczekiwania na przyznanie dofinansowania. Zgodnie z projektem, przedsiębiorcy powinni otrzymywać informację o przyznaniu dotacji już nawet w ok. 60 dni od zamknięcia naboru wniosków (faktycznie taka jest praktyka). Jednocześnie istotne jest, że „szybka ścieżka” to program horyzontalny, bez ograniczeń tematycznych. Zgłaszane projekty muszą jedynie wpisywać się w Krajowe Inteligentne Specjalizacje, zatem ściśle wskazane obszary uznane za kluczowe dla rozwoju polskiej innowacyjności, choć jednocześnie opisane na tyle szeroko, że bardzo duża grupa polskich przedsiębiorstw może być postrzegana jako potencjalni grantobiorcy. Trzeba przy tym zaznaczyć, że tego typu zdefiniowanie adresatów eliminuje przedsiębiorstwa z branż, takich jak handel, gastronomia, turystyka etc., w których również jest miejsce na innowacje, niemniej takie przedsiębiorstwa zostały praktycznie wykluczone z możliwości o ubieganie się o wsparcie w opisanych konkursach. Jeśli chodzi o same założenia, to twórcy programu wzięli pod uwagę okoliczność, że mimo kilku lat intensywnego wsparcia innowacyjności, polską gospodarkę wciąż charakteryzuje niski poziom nakładów inwestycyjnych przedsiębiorstw na B+R i ograniczona współpraca z sektorem nauki, co ma negatywny wpływ na poziom komercjalizacji realizowanych prac badawczo-rozwojowych.

Wsparcie w ramach I osi priorytetowej skierowano do przedsiębiorstw (zarówno dużych jak i MŚP), rozpoczynających lub rozwijających działalność B+R, które planują realizację projektów B+R samodzielnie bądź we współpracy z zewnętrznymi podmiotami, w tym z innymi przedsiębiorstwami, jednostkami naukowymi, sektorem pozarządowym lub partnerami społecznymi. Projekty B+R powinny obejmować badania przemysłowe i prace rozwojowe lub wyłącznie prace rozwojowe. Konkursy są przeprowadzane osobno dla dużych przedsiębiorców, a osobno dla MŚP. Pierwsza edycja, zarówno dla MŚP, jak i dużych przedsiębiorstw została zorganizowana wiosną 2015 roku i jest ogłaszana regularnie. Efektem interwencji mają być rozwiązania technologiczne przekładające się na wprowadzenie do praktyki gospodarczej innowacji produktowych lub procesowych. Docelowo wyniki dofinansowanych projektów mają zakończyć się wdrożeniem, nie jest to jednak przedmiotem wsparcia w Działaniu 1.1 PO IR. Skala zaplanowanego wsparcia w ramach tego poddziałania została zakrojona na szeroką skalę – alokacja na lata 2014 – 2020 wraz z rezerwą wykonania wynosi ok. 1,94 mld EUR, czyli nieco ponad 8 mld zł.

W dokumentach programowych przeczytać można, że założeniem konkursów było przekazanie wsparcia dla projektów obejmujących badania przemysłowe i/lub prace rozwojowe, a także prowadzące do innowacji produktowej lub procesowej co najmniej w skali kraju. Kluczowym założeniem było również to, że początkowo przewidziano samodzielną realizację projektów – nie dopuszczano

dofinansowania dla konsorcjów przemysłowych (złożonych z samych przedsiębiorców), ani naukowo-przemysłowych (co we wcześniejszych konkursach w ramach POIG było powszechne). Koszty podwykonawstwa nie mogły wynosić więcej niż 50% wszystkich kosztów kwalifikowanych. Podwykonawcami mogą być organizacje naukowo-badawcze wybrane na zasadach komercyjnych.

Z lektury opisanych założeń można wyciągnąć wniosek, że zainteresowanie konkursami powinno być spore. Co prawda tworzenie konsorcjów z jednostkami badawczymi nie stanowiło wcześniej problemów (tzn. w trakcie POIG), to tym razem przedsiębiorstwa mogły przystępować do konkursu samodzielnie, co ograniczało do minimum formalności związane choćby z przygotowaniem dokumentacji konkursowej (wspólny start w konkursie wymaga uzgodnienia zapisów w dokumentacji, dodatkowych umów etc.). Pierwsze wyniki naboru wskazały jednak, że w przypadku szczególnie dużych przedsiębiorstw zainteresowanie nie było zgodne z oczekiwaniami. W związku z powyższym, organizatorzy konkursu zareagowali szybko i zlecili badanie, które miało pomóc w znalezieniu przyczyny takiego stanu [2]. Autorzy raportu oszacowali, że choć w Polsce działa ponad 3 tys. dużych firm, to wiele z nich nie może być beneficjentem w Działaniu 1.1, z uwagi m.in. na wymienioną wcześniej kwestię związku z obszarami wskazanymi w Krajowych Inteligentnych Specjalizacjach. Liczebność tych firm, które mogłyby brać udział w konkursie, oszacowano raptem na ok. 500-700 podmiotów [2]. Jednocześnie wśród tych firm zainteresowanie prowadzeniem projektów B+R jest znaczne – zapewniali twórcy raportu. Badani zapewniali, że prace badawcze są bowiem postrzegane jako warunek konieczny do skutecznego konkurowania w globalizującej się gospodarce. Autorzy raportu starali się zidentyfikować, na czym polegała zatem mniejsza od spodziewanej popularność programu, poza wymienioną kwestią zawężenia w związku z inteligentnymi specjalizacjami.

Wśród czynników postrzeganych jako umiarkowane trudności w aplikowaniu do Działania 1.1 znalazły się m.in. poziom skomplikowania zasad aplikowania do konkursów oraz stosunkowo długi czas upływający od złożenia wniosku do podpisania umowy. Dodatkowo badani wskazywali na potrzebę zwiększenia limitu kosztów pośrednich rozliczanych stawką ryczałtową, wynoszącego 17% bezpośrednich kosztów kwalifikowalnych projektu (w innych programach normą jest 20-25 %). Wskazane powyżej zastrzeżenia powtarzały się już we wcześniejszych konkursach, czego dowodzą wcześniejsze opracowania, niemniej jednak realnie przyczyniają się do mniejszego zainteresowania konkursami.

Druga grupa czynników związanych z obiekcjami potencjalnych grantobiorców dotyczy kwestii bardziej fundamentalnych. Chodzi o ograniczenia co do minimalnej wartości kosztów kwalifikowanych. Początkowo bowiem w Poddziałaniu 1.1.1 wprowadzono dolny próg tych kosztów na poziomie 12 mln zł (w Poddziałaniu 1.1.2 aż 30 mln zł). Tymczasem wiele spośród potencjalnych firm zainteresowanych wsparciem realizowała projekty B+R na niższym poziomie finansowania, rzędu 2 do

5 mln zł, wobec czego projekty o stosunkowo dużych kosztach nie były w obszarze ich zainteresowań. Innym ważnym czynnikiem wpływającym na mniejsze zainteresowanie programem był obowiązek przestrzegania wymogu konkurencyjności, co sprowadzało się do konieczności podpisywania z podwykonawcami umów warunkowych i nałożonych ograniczeń w zakresie podwykonawstwa w projekcie. Gdy prace B+R powierzone podwykonawcy mają kluczowy charakter, wybór podwykonawcy musi być zakończony przed złożeniem wniosku o dofinansowanie, przynajmniej w zakresie etapu kończącego się pierwszym kamieniem milowym, a wnioskodawca musiał podpisać z podwykonawcą umowę warunkową. W pierwszym konkursie obowiązywał wymóg dołączenia na etapie aplikowania zawartych umów warunkowych z podwykonawcami w projekcie, po zmianach wystarczy oświadczenie, że takie umowy zostały zawarte. Możliwość pozyskania potencjalnych podwykonawców ograniczono do jednostek naukowych, które uzyskały ocenę jakości działalności naukowej lub badawczo-rozwojowej na poziomie co najmniej B, dla pozostałych podmiotów wymagane było uzyskanie zgody NCBR, co wśród przedsiębiorców uchodziło za bardzo czasochłonne [2].

Zmiany spowodowane wnioskami z raportu, a także kontaktami z potencjalnymi i rzeczywistymi beneficjentami programu zostały wprowadzone szybko, bo już jesienią 2017 roku. Wśród istotnych zmian należy wymienić dopuszczenie możliwości realizacji projektu w formie konsorcjum z innym przedsiębiorstwem (dużym lub MŚP). Obniżono minimalną wartość kosztów kwalifikowalnych projektu realizowanego samodzielnie przez dużego przedsiębiorcę do 5 mln zł, 10 mln zł dla konsorcjum (wcześniej 12 mln zł), a w przypadku MŚP 1 mln zł (wcześniej 5 mln zł). Wzrosła również stawka ryczałtu dla kosztów pośrednich dla całego projektu do 25% (wcześniej wynosiły 17 %). Jeśli chodzi o postulat związany z pominięciem zasady konkurencyjności, to ze zrozumiałych przyczyn nie można tego zrobić. Z opisanych zmian wynika, że twórcom konkursu zależało na jak najszerszym dostępie do oferowanych środków, co stanowić może bodziec rozwojowy. Duże przedsiębiorstwa z racji skali swej działalności są zdolne do przeprowadzenia innowacji zakrojonych na szerszą skalę, dlatego, jak się wydaje, starano się dopasować maksymalnie ofertę dla ich potrzeb.

Kolejna zmiana w regułach konkursu miała miejsce w roku 2019. Najważniejsza, w kontekście wdrażania innowacji, polegała na umożliwieniu realizacji projektów realizowanych w konsorcjum (do trzech podmiotów) niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa: konsorcjum przedsiębiorstw lub konsorcjum składające się z przedsiębiorstw i jednostki naukowej. Jak widać, nowością jest umożliwienie realizacji projektów w konsorcjach z jednostkami badawczymi. Jeśli chodzi o duże przedsiębiorstwa, to może być to duża szansa dla zacieśnienia współpracy z jednostkami badawczymi, na innych zasadach niż podwykonawstwo (albo powrót do sprawdzonej formuły kooperacji, bowiem w poprzedniej perspektywie 2007-2013 normą była realizacja przedsięwzięć w konsorcjach, w składzie przedsiębiorstwa-

jednostki badawcze). W regulaminie wprowadzono szeroką definicję jednostek naukowych, rozumianych jako organizacje prowadzące badania zarówno z sektora publicznego, jak i prywatnego oraz niezależnie od ich formy prawnej, co należy odbierać jako istotny krok na drodze do elastyczności w realizacji projektów. Właśnie elastyczność jest częstym postulatem przedsiębiorstw uczestniczących w konkursach organizowanych przez NCBiR. Zmiana pozwalająca na udział jednostek badawczych w konsorcjach ma też znaczenie dla małych i średnich przedsiębiorstw, które dzięki takiej formule mają możliwość łatwiejszego dostępu do zaplecza badawczego, którym często same po prostu nie dysponują.

Obecnie za wcześnie jest na ocenę zmian w regulaminie, a tym bardziej na zmierzenie ich efektywności, niemniej z punktu widzenia grantobiorców modyfikacje te są z pewnością dużym ułatwieniem z planowaniu i wdrażaniu innowacji. Można postawić tezę, że w przypadku konkursu z I osi NCBiR poprzez częste zmiany w dużym stopniu wyszła naprzeciw oczekiwaniu grantobiorców.

5. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę sytuację wyjściową polskiej gospodarki przez pryzmat oceny samych przedsiębiorców w roku 2008, po zestawieniu jej z wynikami badań z roku 2017, widać duże zmiany w obszarze możliwości wspierania innowacji. Oto bowiem na progu polskiej obecności w Unii Europejskiej możliwości finansowe polskich przedsiębiorstw były znacznie ograniczone, a po dekadzie firmy mają komfort wyboru form wsparcia, nie musząc sięgać po kredyty (choć po dekadzie są one również znacznie łatwiej dostępne).

Są to jednak bardziej zmiany jakościowe, niż ilościowe. Pozostają bowiem również przesłanki, aby ocenić sytuację przedsiębiorstw w zakresie innowacji niejednoznacznie pozytywnie. Jak wynika bowiem z rankingu innowacyjności w latach 2013-2015, w 2015 r. nakłady poniesione na działalność innowacyjną w przedsiębiorstwach przemysłowych wyniosły 31,1 mld zł (wobec 22,6 mld w roku 2009), natomiast w przedsiębiorstwach usługowych – 12,6 mld zł (wobec 8,2 mld w roku 2009). Sam odsetek przedsiębiorstw ponoszących nakłady na działalność innowacyjną zmienił się niewiele. Odsetek przedsiębiorstw przemysłowych, które poniosły nakłady na działalność innowacyjną w 2015 r. wyniósł 14,0%, a przedsiębiorstw usługowych – 7,4% (przypomnijmy, że w 2009 r. było to odpowiednio 14,4% i 11,6%) [11]. Nakłady były zatem wyższe pod względem wysokości dofinansowania, ale nie nastąpił wzrost firm, które takie nakładą ponoszą. Należy jednak wziąć pod uwagę okoliczność, że badaniu podlegają przedsiębiorstwa z różnych branż, które nie uchodzą za innowacyjne, często też badani nie postrzegają swojej działalności jako innowacyjnej, siłą rzeczy nie wykazują tego w ankietach. Warto przy tym podkreślić, że w roku 2017 na działalność innowacyjną przedsiębiorstwach przemysłowych poniesiono nieco ponad

28 mld zł nakładu, a w przedsiębiorstwach usługowych 13,1 mld zł, wobec czego dynamika ta nie uległa znaczącej zmianie [14]. Przywołane dane należy traktować z odpowiednim dystansem, jeśli chodzi o dynamikę wzrostu innowacyjności, powtórzyć należy, że badane są w ten sposób wszystkie przedsiębiorstwa, niemniej można również zauważyć pewne trendy, zgodnie z którymi nakłady te ogólnie nie rosną.

Drugą kwestią jest oczekiwany wzrost innowacyjności polskiej gospodarki. Oczekuje się, że w wyniku wsparcia programu wzrosną nakłady przedsiębiorstw na działalność B+R. Przyjęty w osi I wskaźnik rezultatu charakteryzujący wzrost nakładów przedsiębiorstw na B+R – nakłady sektora przedsiębiorstw na działalność B+R w relacji do PKB (BERD) – wzrosło z 0,38% w roku 2013 do 0,93% w roku 2023. Obecnie Polska wciąż należy do umiarkowanych innowatorów, wobec czego sytuacja jest jeszcze daleka od oczekiwanej.

Oprócz wskaźników związanych z realizacją projektów, istotne są jeszcze zmiany, które nie podlegają bezpośrednio zmierzaniu, związane z rozwojem polskich przedsiębiorstw. Oto bowiem zachodzące w ostatnich latach zmiany dotyczące zarządzania procesami produkcji, związane z dążeniem do skracania cyklu produkcyjnego, obniżenia kosztów produkcji, utrzymania wysokiej jakości produktów czy wymogów ochrony środowiska, nie są możliwe bez wdrażania innowacji. Dostępne wsparcie na działania B+R w ramach obecnej perspektywy finansowej, a także tej poprzedniej, przyczyniły się do wielu pozytywnych zmian, zarówno tych czysto technologicznych, jak i organizacyjnych. Efekty te są trudno mierzalne, jednocześnie mają duże znaczenie dla kondycji polskich przedsiębiorstw.

Literatura

- [1] Drucker P.: *Innowacja i przedsiębiorczość: praktyka i zasady*. PWE, Warszawa, 1992.
- [2] Gajewski M., Szczucki J., Kubajek R., Witkowska J.: *Ocena przyczyn niewielkiego zainteresowania dużych przedsiębiorstw realizacją projektów w ramach działania 1.1 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój*. Policy & Action Group Uniconsult Sp. z o.o., Warszawa, 2017.
- [3] Hryniewicka M.: *Wpływ Funduszy Europejskich na rozwój sektora MSP w Polsce w latach 2007-2013*. Difin, Warszawa, 2015.
- [4] Janasz W., Koziół-Nadolna K.: *Innowacje w organizacji*. PWE, Warszawa, 2011.
- [5] Klonowski D.: *Innowacyjność sektora MSP w Polsce. Rządowe programy wsparcia a luka finansowa, Sprawne Państwo*. Ernst & Young, Warszawa, 2009.
- [6] Mazurek-Kucharska, B., Block, A., Wojtczuk-Turek A.: *Społeczne determinanty innowacyjności przedsiębiorstw. Raport z badania*. Pentor International Research, Warszawa, 2008.
- [7] Mazzucato M.: *Przedsiębiorcze państwo. Obalić mit o relacji sektora publicznego i prywatnego*. Wydawnictwo Ekonomiczne Heterodox, Poznań, 2016.
- [8] Pichlak M.: *Uwarunkowania innowacyjności organizacji. Studium teoretyczne i wyniki badań empirycznych*. Difin, Warszawa, 2012.

- [9] Program Operacyjny Inteligentny Rozwój. <https://www.poir.gov.pl/>, (dostęp 20.05.2019).
- [10] Rozkrut D. i in.: *Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2006-2009*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2010.
- [11] Rozkrut D. i in., *Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2013-2015*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2016.
- [12] Schumpeter J.A.: *Teoria wzrostu gospodarczego*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1960.
- [13] Sprawozdanie Końcowe z Realizacji Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013. Ministerstwo Rozwoju, Warszawa, 2017.
- [14] www.stat.gov.pl, (dostęp 2.06.2019).
- [15] Wach K.: *Regionalne otoczenie małych i średnich przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków, 2008.

METODY JAKOŚCIOWE I ILOŚCIOWE W KONTROLI JAKOŚCI

Marek SAŁAMAJ¹, Dawid JUNG²

W artykule nacisk kładziony jest na zagadnienia związane z jakością wytwarzanego produktu. Nie ulega wątpliwości, że w obecnych czasach jest to jeden z najważniejszych czynników na jakie wiele firm produkcyjnych zwraca uwagę w swojej działalności. Nieustanne dążenie do poprawy i zwiększania poziomu jakości sprawia, że tworzy się wiele różnych i niezależnych od siebie narzędzi oraz mechanizmów, które w ramach kontroli jakości pozwalają na faktyczne zweryfikowanie poziomu jakości, a następnie na odniesienia tych wyników do konkretnych norm z zakresu systemów zarządzania jakością. W związku z tym, w artykule zostały między innymi zebrane i zaprezentowane informacje na temat jakości, zagadnień związanych z zarządzaniem jakością oraz metod ilościowych i jakościowych stosowanych w kontroli jakości. Następnie, zagadnienia te zostały przeniesione na realia zakładu produkcyjnego, w tym przypadku zakładu produkującego przewody stało-oporowe (grzejne).

Słowa kluczowe: jakość, zarządzanie jakością, metody ilościowe i jakościowe

1. Jakość w procesach produkcyjnych

Produkcja wyrobów charakteryzująca się najwyższą jakością oraz spełniająca wszystkie normy jakościowe, powinna być priorytetem dla firm zajmujących się wytwarzaniem. Podstawą w osiągnięciu satysfakcjonujących efektów jest wieloetapowa kontrola jakości produkcji i wyrobów. Realizacja wymogów stawianych przez różnego rodzaju normy, oczekiwania klienta oraz ciągłe doskonalenie procesów produkcyjnych, uwzględniane są na każdym z etapów, wchodzących w skład ogólnego znaczenia produkcji. Gwarancją dostarczenia produktów wysokiej jakości jest odpowiedni dobór dostawców surowców, szczegółowa kontrola jakościowa na każdym etapie produkcji oraz sztab wyspecjalizowanych pracowników w zakresie kontroli jakości. Każdy z elementów składa się na końcowe zadowolenie klienta.

Pojęcie jakości jest powszechnie znane oraz stosowane w wielu dziedzinach życia, przez co istnieje wiele jej określeń. W produkcji, definicję tą określa norma ISO 9000, w której opisano jakość jako ogół cech i właściwości wyrobu, które decydują o zdolności wyrobu do zaspokajania stwierdzonych i przewidywanych

¹ dr inż.; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: m.salamaj@iim.uz.zgora.pl

² inż.; e-mail: jungdawid@gmail.com

potrzeb. Jakość można również zdefiniować jako właściwość, rodzaj danego przedmiotu oraz cechy wyróżniające dany przedmiot na tle innych [13].

Jedno z przełomowych określeń definicji jakości sformułował J. M. Juran, będący twórcą spirali jakości. Określił ją jako stopień, w jakim można wyrazić potrzeby danego nabywcy oraz w jakim stopniu te potrzeby zostały zaspokojone (tzw. jakość rynkowa). J. M. Juran określił również pojęcie „jakość zgodności”, będącą stopniem zgodności produkowanego elementu z wymaganiami i wzorcowym modelem [14]. W. E. Deming definiuje to pojęcie jako stopień jednorodności i niezawodności wyrobu przy możliwie niskich kosztach i maksymalnym dopasowaniu do wymagań rynku. Kolejny uczyony, P.B. Crosby określił, że jakość to zgodność z wymaganiami. Uważał, że jakością jest stopień zgodności ze specyfikacją, a nie dobry produkt, oraz głównym elementem osiągnięcia jak najwyższego poziomu jest praktyka a nie jedynie ocenianie [10]. Analizując stwierdzenia w dziedzinie jakości, warto również wspomnieć o polskim uczonym Edwardzie Kindlarskim. Dla Profesora nauk technicznych, pojęcie jakości oznaczało stopień uwolnienia wyrobu od wad i błędów. Uważał, że jakość jest całokształtem z uwzględnieniem struktury wewnętrznej i związkiem z otoczeniem [5].

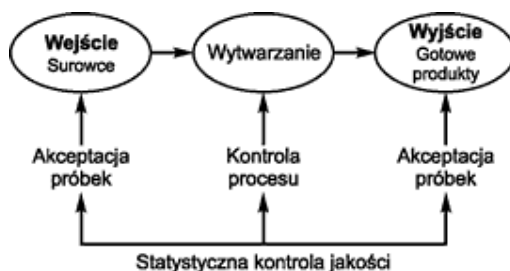
1.1. Historia jakości

Definicja oraz pojęcie jakości od zawsze towarzyszyły człowiekowi i były nieodłącznym elementem w dążeniu do perfekcji. Początkiem zdefiniowania terminu „jakość” uważa się okres (428-348 p.n.e.), w którym to Platon opisywał jakość jako rzeczywisty świat, który jest niedoskonałym odbiciem istniejących, doskonałych idei. Dla Platona jakość była pewnym stopniem doskonałości [4].

Początki średniowiecza nie były szczególnie owocne dla rozwoju w dziedzinie jakości. Dopiero powstanie cechów rzemieślniczych, które były organizacjami zrzeszającymi fachowców w danych dziedzinach, przyczyniło się do dbania o jakość przy produkcji wyrobu. Cechy rzemieślnicze wyróżniało to, że gromadziły specjalistów o dużych umiejętnościach, stosowały inspekcje, kontrole oraz były gwarantem ochrony przed nieuczciwymi pracownikami. Głównym sposobem określania jakości przez cechy rzemieślnicze było stosowanie znaków towarowych, który określał wykonawcę oraz miasto pochodzenia. Dla dokładniejszej weryfikacji, wykonywano spisy wszystkich członków, a pieczęć na produkcie przybijana była przez wybranych członków, cieszących się największym uznaniem. Zakup tak oznaczonego produktu był gwarantem najwyższej jakości. Tylko wyroby o nienagannej jakości mogły zostać potwierdzone stosownym znakiem. Mistrz nie mógł pozwolić sobie na zatwierdzenie produktu niezgodnego, który mógłby nadszarpnąć jego reputację [15].

Rewolucja przemysłowa, będąca wielkim krokiem naprzód, miała ogromny wpływ na każdą z dziedzin dotyczącą produkcji. Przewrót nie ominął również

obszaru dotyczącego jakości produkcji oraz standardu jakości produkowanych elementów. Ze względu na zastąpienie rzemieślniczej produkcji przemysłowym wytwarzaniem, oraz rozwijającym się handlem zagranicznym i rozszerzającym rynkiem zbytu, powstał olbrzymi popyt. Produkowanie na wielką skalę spowodowało sytuację, w której najważniejszym aspektem była ilość produkowanych elementów, natomiast jakość i dokładność stała się elementem drugorzędny. Brak określonych standardów jakościowych odbiło się na klientach końcowych, którzy byli konsumentami wyrobów wątpliwej jakości. Sytuacja krzywdząca klientów nie trwała długo, ze względu na rosnącą świadomość odbiorców. Duży rynek spowodował możliwość wyboru, który wpłynął na coraz to wyższe wymagania klientów. Efektem było powstawanie stowarzyszeń konsumenckich, będących swego rodzaju informatorem klienta w kwestii przysługujących mu praw. Początkowym sposobem na rozwianie problemów, związanych z wątpliwą jakością produktów była wymiana wyrobu na nowy, pozbawiony wad. Prowadzenie tego typu polityki generowało olbrzymie koszty obciążające produkcję. Zaistniała sytuacja wymusiła stworzenie procesów i stanowisk eliminujących jak największą ilość błędnych wyrobów, jeszcze na etapie produkcji, przed dostarczeniem do klienta. W ten sposób powstała metoda nazywana „jakość przez sortowanie”, która polegała na przydzieleniu pracownikowi stanowiska na którym decydował, czy wyprodukowany wyrób może trafić do klienta. Powstawanie stanowisk kontrolujących produkowane wyroby, wiązało się z wprowadzeniem dokładniej zdefiniowanych metod kontroli jakości. Początkowo były to metody ilościowe, będące podstawą statystycznej kontroli jakości, które polegały na coraz to bardziej szczegółowych kontrolach na różnych etapach produkcji [7]. Podstawą statystycznej kontroli jakości (Rys. 1) jest wykonywanie wrywkowej kontroli jakości podczas produkcji, na różnych etapach. Kontrola polega na pobraniu w sposób losowy produkowanego elementu, na którym wykonywane są szczegółowe badania, określające czy dana partia z której został pobrany produkt, spełnia określone wartości jakościowe.



Rys. 1. Statystyczna kontrola jakości [7]

Wiek XX był owocnym czasem w zakresie pojęcia i stosowania jakości w produkcji. Już z początkiem lat 20, w okresie międzywojennym, W. Shewhart

opracował stosowanie kart kontrolnych. Początkowo nie były stosowane na wielką skalę, jednak idea kart kontrolnych została rozpowszechniona, co spowodowało, że stała się głównym i podstawowym narzędziem statycznego sterowania procesami. Głównym celem kart jest minimalizacja zbędnych numeracji oraz możliwość obserwacji toku pracy. Służą one również do kontroli zmienności oraz identyfikacji zaistniałych przyczyn wad [8].

Punktem zwrotnym w dziedzinie jakości były lata 50 XX w, w których to grupa amerykańskich uczonych m.in. William Edwards Deming i Joseph Juran udali się do Japonii, by wspomóc tamtejszy przemysł w odbudowie, który był zniszczony działaniami wojennymi. Specjaliści pracowali nad koncepcją statystycznej kontroli jakości w procesie produkcji. Efektem wspólnych prac było wiele nowych koncepcji, nowatorskich poglądów oraz spostrzeżeń o jakości np. TQM [5].

1.2. Zarządzanie jakością TQM

Skrót TQM pochodzi od angielskiego Total Quality Management, który oznacza kompleksowe zarządzanie jakością lub zarządzanie przez jakość. Wg Z. Kłosa, TQM można określić jako sposób zarządzania przedsiębiorstwem w sposób charakteryzujący się podejściem systemowym, skierowanym na strategiczne cele oraz zdolnością i dążeniem do ciągłej poprawy.

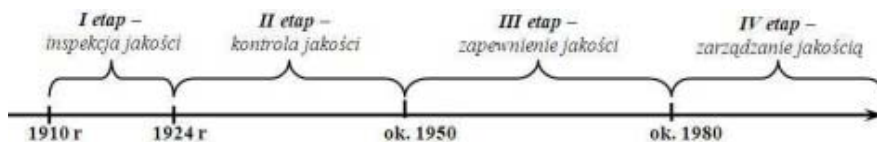
W dążeniu do jak najwyższego poziomu jakości, niezbędne jest zaangażowanie wszystkich pracowników, niezależnie od zajmowanego stanowiska. Efektem wysiłków ma być spełnienie potrzeb klienta. TQM wykracza poza standardową granicę definicji jakości, będącą jedynie kontrolą na ostatnim etapie produkcji. W jej zamyśle, elementami podlegającymi ciągłemu doskonaleniu są również procesy wspomagające, które mają duży udział na końcowy efekt produkcji oraz na koszty jego wytworzenia [5].

Filozofią i głównymi elementami, cechującymi definicje TQM są:

- ulepszenie, próba ciągłego doskonalenia procesów produkcji,
- monitorowanie oraz redukcja kosztów związanych z kontrolą jakości,
- polepszanie stosunków z dostawcami.

1.3. Etapy rozwoju zarządzania jakością

Rozwój metod kontroli jakości oraz ich ewolucję na przestrzeni XX wieku przedstawić można za pomocą etapów (Rys. 2). Każdy z kolejnych etapów został zapoczątkowany, ważnym dla pojęcia jakości, określeniem lub metodą precyzującą mechanizmy w dążeniu do jak najlepszych wyników [9].



Rys. 2. Schemat przedstawiający etapy rozwoju zarządzania jakością [9]

I etap – inspekcja jakości, której za początek uważany jest rok 1910, charakteryzował się stworzeniem stanowisk, na których inspektorzy analizowali gotowy produkt, pod kątem zgodności z wzorcem.

II etap – kontrola jakości. Została zapoczątkowana przez Shewharta w 1924 roku, przez wdrążenie kart kontrolnych. Dodatkowo wprowadzono sprzężenie zwrotne, pomiędzy rezultatami kontroli a produkcją. W procesie kontroli uczestniczył pracownik.

III etap – zapewnienie jakości. Etap charakteryzujący się rozwinięciem dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie jakości. Określono regulację, planowanie i symulowanie jakości.

IV etap – zarządzanie jakością, określane również jako metoda (TQM), w dziedzinie jakości zaowocowała w inny punkt spojrzenia. Zdefiniowano je jako narzędzie do powiększania przewagi nad konkurencją z planowaniem strategicznym.

2. Metody jakościowe i ilościowe w kontroli jakości

Kontrola Jakości (ang. *Quality Inspection*) to działania mające na celu sprawdzenie, zmierzenie lub przetestowanie jednej lub więcej cech produktu i odnoszenie wyników do wyspecjalizowanych wymagań w celu potwierdzenia zgodności [11]. Zadanie to zwykle wykonywane jest przez wyspecjalizowany personel i nie wchodzi w zakres obowiązków pracowników produkcyjnych. Produkty niezgodne ze specyfikacją są odrzucane lub przekazywane do poprawienia [2].

Kontrola może mieć następujące formy:

- bierna, która dotyczy gotowych wyrobów i polega na eliminowaniu złych produktów;
- czynna, obejmująca całość procesu wykonania, a w trakcie jej trwania następuje identyfikacja źródeł błędów;
- całkowita, w czasie gdy kontroli jakości podlegają wszystkie wytworzone wyroby, jest to metoda kosztowna, ale najpewniejsza;
- częściowa (wyrzykowa), gdy sprawdza się określoną ilość produktów wybranych według określonego algorytmu, najczęściej losowego. Metoda ta często nosi nazwę statystycznej kontroli jakości. W zasadzie statystyczna kontrola jakości jest wariantem kontroli wyrzykowej, której przebieg ustala się na podstawie danych statystycznych i rachunku prawdopodobieństwa.

2.1. Jakościowe metody kontroli jakości

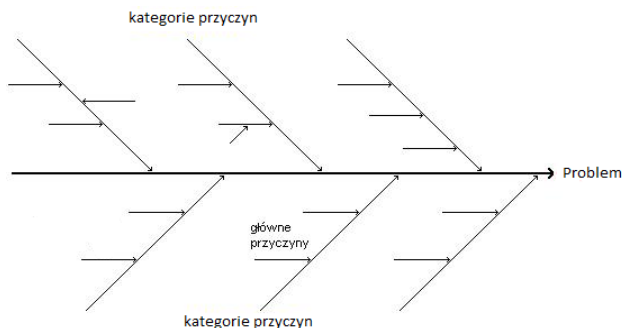
Jakościowa metoda kontroli jakości polega na analizie wizualnych cech produktu, kiedy nie jest konieczna reprezentatywność wyników, a podstawą jest ogólna charakterystyka wyprodukowanego wyrobu. Głównym celem przeprowadzania badania jakościowego jest wykonanie rzetelnego opisu oraz uzyskania informacji najwyższej jakości do poszerzenia stanu wiedzy o badanych wyrobach. Prowadzenie badań jakościowych pozwala na weryfikowanie dotychczasowej wiedzy oraz wprowadzaniu korekt w istniejących stanach informacji. W porównaniu do metod ilościowych, badania jakościowe nie są w żaden sposób usystematyzowane. Ze względu na brak określonych norm, wynikiem badań nie jest statystyczna liczba, a nowa informacja będąca poradą dla specjalistów, projektantów, kontrolerów, która pomaga w zrozumieniu potrzeb oraz wymagań klientów. Ze względu na koszty wynikające z przeprowadzenia jakościowej analizy, stosowana jest na zdecydowanie mniejszą skalę, niż metoda ilościowa.

Dobrym przykładem ilustrującym wykonywanie jakościowej metody jest badanie sprzedawanego już gotowego wyrobu. Badanie atrakcyjności produktu nie opiera się na podstawie ilości sprzedanych produktów, a na informacji decydującej o tym, że klienci zainteresowali się właśnie tym produktem i co zdecydowało o tym, że wybrali właśnie ten produkt [1].

Każdy rodzaj badań ma swoje zalety jak i wady. Nie inaczej jest w przypadku jakościowych metod kontroli jakości. Badanie to dostarcza nowych informacji na temat analizowanego wyrobu, co wpływa na objętość wiedzy nowej jakości oraz pomaga lepiej zrozumieć mechanizmy działania analizowanych zagadnień. Wadą badań jakościowych jest punkt spojrzenia badającego, przez co wynik może być subiektywny, nie odzwierciedlający zdania innych o badanym wyrobie.

Wykres przyczyn i skutków, znany jako diagram Ishikawy, jest przykładem metod jakościowych, który charakteryzuje się kształtem rybiej ości, stąd też nazwa diagram rybiej ości. Metoda ta pomocna jest w analizie i identyfikacji wszystkich przyczyn, będących powodami zaistniałego problemu. Ishikawa określił 5 głównych przyczyn problemów, określanych jako 5M: ludzie, metody, maszyny, materiały, zarządzanie. W celu zastosowania wykresu przyczyn i skutków, należy dokładnie zdefiniować problem z jakim mamy do czynienia, zebrać wszystkie informacje oraz zastanowić się nad możliwymi przyczynami. Dobrą metodą przy tworzeniu diagramu jest tzw. „burza mózgów”, która umożliwi zebranie jak największej ilości informacji o problemie od zespołu pracującego nad jego rozwiązaniem.

Głównym punktem diagramu jest pozioma oś skierowana w prawą stronę, na końcu której zapisany jest problem. Natomiast osie pochyle, skierowane na główną oś, są podstawowymi możliwymi przyczynami problemu. Do każdej pochylonej osi przyporządkowane są poziome strzałki, które zdefiniować można jako elementy składowe powstałego problemu (Rys. 3).



Rys. 3. Przykład diagramu Ishikawy

Stworzony diagram należy przeanalizować oraz ustalić prawdopodobnie najważniejsze przyczyny powstałego problemu. Kolejnym krokiem jest opracowanie działań korygujących, niwelujących powstałą przyczynę w taki sposób, aby nie była powodem do powstawania problemu.

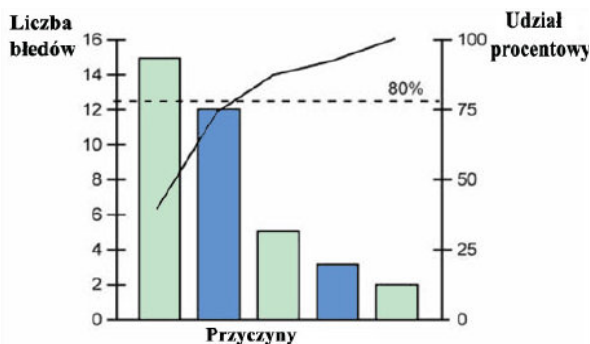
2.2. Ilościowe metody kontroli jakości

Narzędzia do wykonywania ilościowej próby jakościowej stworzone zostały do przeprowadzania pomiarów określonych zjawisk lub wyrobów. Badania ilościowe pomagają w wyznaczeniu ważnych dla całego wyrobu danych oraz umożliwiają wnioskowanie statystyczne. Prowadzony pomiar jest powtarzalny, co w przypadku zastosowania tych samych narzędzi, przy identycznej próbie i takich samych warunkach da nam wynik identyczny lub będzie się różnił, jednak w granicach błędu statystycznego. Głównym celem jest weryfikacja oraz szacowanie częstotliwości występowania wad oraz ilościowa weryfikacja hipotez [3].

Przeprowadzanie ilościowych metod badawczych najczęściej przebiega w dużych próbach, przy określeniu narzędzia oraz techniki badawczej oraz dąży się do nadania określonych miar [6]. W badaniach ilościowych, skupiających się na pomiarach i ich dokładnych wynikach, największą zaletą jest możliwość porównywania ze sobą grup oraz możliwość zdefiniowania czynników wpływających na badany wyrób. Za główne wady można uznać brak szerszego kontekstu badanych zjawisk, pochopne wyciąganie wniosków oraz możliwe błędy, wynikające z niedokładności przeprowadzenia badań.

Sytuacją najbardziej miarodajną jest połączenie wyników badań ilościowych i jakościowych w sposób taki, aby mogły się uzupełniać. Badania ilościowe i jakościowe nie stanowią przeciwstawnych propozycji badań stosowanych. Najczęściej wykorzystywanym sposobem łączenia badań ilościowych i jakościowych w ramach projektu badawczego, jest stosowanie badań jakościowych jako wstępu do badań ilościowych.

Przykładem metod ilościowych jest diagram Pareto-Lorenza, który umożliwia kwalifikację czynników wpływających na badane zjawisko. Jest graficznym obrazem, wskazującym względne oraz bezwzględne rozkłady istniejących rodzajów błędów i ich przyczyn (Rys. 4).



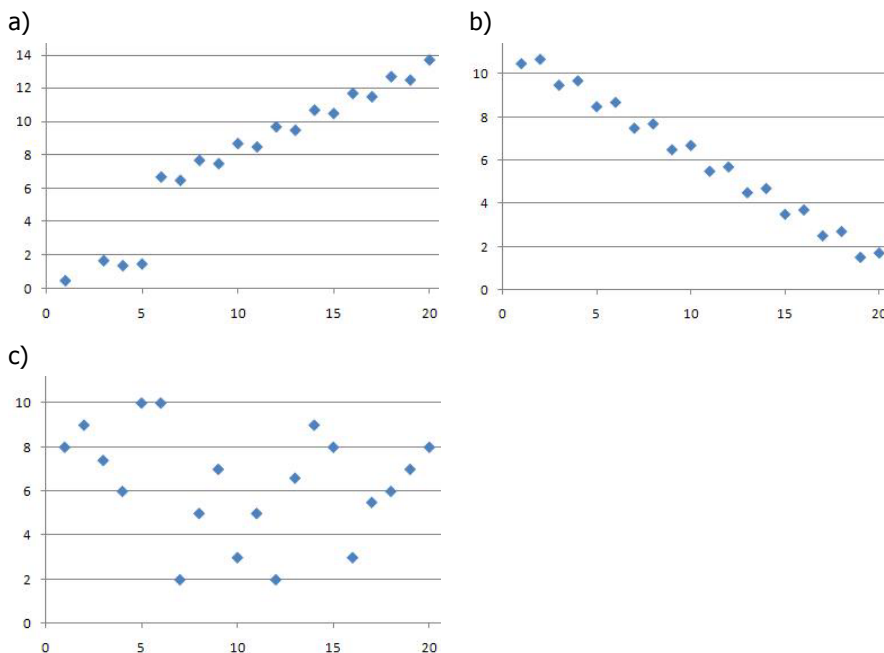
Rys. 4. Przykład diagramu Pareto-Lorenza [1]

Analizując diagram Pareto-Lorenza można określić jaki procent możliwych przyczyn odpowiedzialny jest za zdecydowaną większość zaistniałych problemów z jakością. Zasada umożliwia znalezienie 20% przyczyn odpowiedzialnych za 80% strat [1].

Innym przykładem metod ilościowych są arkusze kontrolne, które są niezwykle prostymi oraz przydatnymi narzędziami, niezbędnymi przy porządkowaniu informacji, zbieranych podczas analizy przebiegu procesu. Występuje w postaci graficznej, umożliwiającej umieszczanie danych dotyczących częstotliwości występowania problemów lub zdarzeń podczas produkcji. Arkusze kontrolne charakteryzują się krótkim czasem przygotowania, niskimi kosztami realizacji, wysoką efektywnością oraz możliwością dopasowania się do procesów, które mają zostać przeanalizowane. Kaoru Ishikawa podzielił arkusze kontrolne ze względu na ich funkcje, w następujący sposób:

- wykorzystywane do wykonywania rozkładu prawdopodobieństwa procesu,
- określające częstotliwość występowania wad podczas wykonywania procesu,
- przedstawiające liczebność wad oraz przypisanie im powodów powstania,
- wykorzystywane do realizacji kolejnych kroków procedury.

Wykres rozproszenia, inaczej nazywany punktowym diagramem korelacji jest kolejnym przykładem metody ilościowej - narzędziem wykorzystywanym przy doskonaleniu procesów jakości. Przedstawia zależności oraz relacje pomiędzy dwoma zmiennymi, w formie wykresów (Rys. 5).



Rys. 5. Wykres rozproszenia; a) korelacja dodatnia, b) korelacja ujemna, c) brak korelacji [12]

Wykonując analizę przeprowadzonych badań, można dowiedzieć się, czy istnieją związki pomiędzy procesami. W przypadku ustalenia więzi, wykres rozproszenia pozwala określić siły tych związków. Narzędzie pozwala np. na przeanalizowanie wpływu jakości na wzrost lub spadek popytu produkowanego wyrobu. Przypadek, w którym wzrost wartości jednego procesu związany jest ze wzrostem drugiego procesu nazywany jest korelacją dodatnią (Rys. 5a). Przykładem może być związek pomiędzy planowaną liczbą produkcji wyrobu, a kosztami związanymi z tą produkcją. Korelacja ujemna występuje, gdy spadek wartości jednego procesu związany jest ze spadkiem drugiego procesu (Rys. 5b). Brakiem korelacji nazywamy sytuację, w której w żaden sposób nie można zaobserwować zależności pomiędzy porównywanymi procesami (Rys. 5c).

3. Produkcja i kontrola jakości w firmie produkującej przewody stało-oporowe

Analiza metod kontroli jakości w wybranej firmie zajmującej się produkcją przewodów grzejnych została przeprowadzona na przykładzie produkcji kabla stało-oporowego (Rys.6).



Rys. 6. Schemat budowy kabla grzewczego

Omówiono różne etapy jego produkcji począwszy od momentu przyjęcia potrzebnego surowca w produkcji, magazynowania przez firmę, a kończąc na kontroli końcowej jej finalnych produktów dostarczanych do klienta. Opisano również wpływ i ważność sposobów kontroli jakości, maszyn oraz najważniejszego czynnika - oddziaływania człowieka na produkt końcowy, który jest w pełni zgodny z oczekiwaniami klienta oraz spełnia wszystkie normy jakościowe. Ponadto, celem było również przedstawienie wdrażania określonych form jakości na linię produkcyjną oraz wykorzystanie ich w praktyce.

3.1. Metody kontroli oraz standardów jakości

Głównymi elementami określającymi standardy jakości we wspomnianej firmie produkcyjnej są księgi jakości, normy ISO 9001, polityka jakości oraz procedury jakości. Ważnym elementem kontroli własnej pracy oraz jej efektów jest przeprowadzanie audytów, które są narzędziami wykorzystywanymi do weryfikacji działalności firmy wykonanej na przestrzeni określonego czasu. W ten sposób, audytorzy sporządzają sprawozdanie, które obejmuje wszystkie spostrzeżenia oraz listę niezgodności w stosunku do wymaganych norm PN-EN ISO 9001, a następnie przekazują je specjalistom jakości. Dopiero na tej podstawie, przeprowadza się

różnego rodzaju konsultacje z osobami odpowiedzialnymi za konkretne działy, w których zostały wykryte niezgodności oraz wykonuje zaplanowane działania korygujące i działania zapobiegawcze, tak aby wykryte problemy nie pojawiły się w przyszłości.

Metody kontroli oraz standardów jakości w głównej mierze opierają się na wytycznych zawartych w powszechnie wykorzystywanej i stosowanej normie ISO 9001. W tym przypadku, norma ISO 9001 określana jest jako międzynarodowa norma, wyrażająca wymagania dla systemu zarządzania jakością. Norma mająca zastosowanie w każdym przedsiębiorstwie nie zależy od wielkości. Wprowadzenie norm zgodnych z wymaganiami ISO 9001 zobowiązuje przedsiębiorstwa do nieustannego dostarczania wyrobów zgodnych z wymaganiami klienta oraz uzyskanie jego zadowolenia. W czasach nieustannej walki na rynku, zadowolenie oraz satysfakcja klienta końcowego z wyrobu jest priorytetem i nie może być w żaden sposób pomijana. Certyfikat potwierdzający zgodność prowadzonych działań z normą ISO 9001, przeprowadzony przez niezależne organy, jest swego rodzaju potwierdzeniem dbania o jakość w celu zadowolenia klienta. Norma ta jest najpopularniejszym standardem określania i regulowania jakości na świecie [16].

Do identyfikacji materiałów, surowców oraz produktów na terenie zakładu wykorzystywane jest kodowanie, które przeprowadzane jest na każdym etapie realizacji wytwarzanego wyrobu. Tego typu metoda, w prosty sposób pozwala na identyfikację z jakiej partii materiału został wyprodukowany dany produkt. Pozwala to również na szczegółową identyfikację, z której dokładnie dostawy czy partii materiału został wykorzystany surowiec. Tak nadane wytwarzanym produktom kody zapisywane są w kartach kontrolnych na wszystkich etapach produkcji. Wprowadzenie metody kodowania produktów dość znacznie ułatwia diagnozę i wyszukanie ewentualnych wadliwych partii produktów.

Natomiast, do kontroli i opisywania wyników kontroli jakości materiałów wykorzystuje się system znakowania etykietami o odpowiedniej kolorystyce. Dzięki temu, metoda ta uniemożliwia wykorzystanie wadliwego półproduktu w dalszej produkcji. W tym przypadku, wprowadzono trzy różne kolory odpowiadające różnym statusom:

- kolor zielony (materiał zgodny z wymaganiami jakościowymi, nadający się do wykorzystania w dalszej produkcji),
- kolor żółty (materiał do ponownej analizy, w danej chwili nie do wykorzystania w dalszej produkcji),
- kolor czerwony (materiał niezgodny z wymaganymi normami) - produkt oznaczony taką etykietą dyskwalifikuje materiał do dalszego jego wykorzystania w produkcji.

3.2. Weryfikacja dostawców surowców

Do produkcji kabli grzewczych wykorzystywane są różne półprodukty oraz surowce dostarczane przez producentów według potrzeb określonych przez dział zaopatrzenia. Materiałem niezbędnym do produkcji kabli są z całą pewnością druty oporowe o odpowiedniej rezystancji, dobranej do danego rodzaju kabla oraz jego długości. Natomiast, materiałem stosowanym przy wykonywaniu powłok izolacji żył grzewczych jest tworzywo sztuczne. Do wykonania ekranu stosowana jest specjalna folia oraz oplot wykonany z ocynkowanych drutów miedzianych. W związku z tym, podstawą wytworzenia produktu spełniającego oczekiwania klienta oraz osiągnięcie postawionych przed firmą norm jakościowych jest wykorzystanie w produkcji surowców i półproduktów najwyższej jakości. Aby było to możliwe, niezbędne jest dobranie dostawców oferujących jedynie produkty o najwyższej jakości. Firma produkcyjna dokonuje oceny wyrobu dostawców na podstawie zdolności do dostarczenia materiału o ustalonym poziomie jakości, w określonym czasie oraz przy konkurencyjnej cenie zakupu. Przy doborze dostawców surowców ważna jest również ocena handlowa, możliwości techniczne, jakość materiału oraz normy dotyczące produkcji materiału w zgodzie ze środowiskiem. Po dokonaniu wyboru firmy dostarczającej materiał do produkcji kwalifikowana jest ona do jednej z dwóch grup:

- grupa A - to dostawca preferowany (posiadający pozytywną ocenę jakościową i techniczną),
- grupa B - to dostawca sprawdzony (ocena pozytywna lub dostawca z grupy A, który dostarczał materiał o nieodpowiedniej jakości).

Dodatkowo, wszyscy dostawcy wraz z materiałem, dostarczają deklaracje zgodności oraz wyniki kontroli jakości przeprowadzone we własnych laboratoriach, jeszcze przed dostarczeniem surowca. Rodzaj przeprowadzanych kontroli jakości zależy od surowca dostarczanego do firmy. W tym przypadku, przedstawione dokumenty powinny zawierać:

- typ, gatunek lub inne dane precyzyjnie identyfikujące wyrób,
- wymagania techniczne w formie opisowej lub numer dokumentu,
- normy lub inne przepisy określające jakość wyrobu,
- ewentualnie numer normy dotyczącej systemu jakości, która ma być stosowana do wyrobu,
- dodatkowe wymagania np.: weryfikacja materiału u dostawcy przez odbiorcę wyrobu, itp.

Takie podejście sprawia, że towar zostaje przyjęty bez konieczności wykonywania własnych kontroli i pomiarów. Nawiązanie tego typu kontaktów handlowych firmy produkującej przewody grzejne z firmami oferującymi własne badania jakościowe pozwala ograniczyć kontrolę surowców do wyrównanej, losowej próby na danej partii, co znacząco wpływa na czas produkcji, jak i zmniejsza koszty wiążące się

z utrzymaniem specjalnego laboratorium oraz specjalistów kontrolujących poziom jakości dostarczanych materiałów. Wykonywana przez pracowników działu jakości wyrwkowa próba jakościowa polega na sprawdzeniu wszystkich parametrów surowca oraz porównaniu ich z przedstawionymi przez producenta wynikami. W celu potwierdzenia zgodności zostaje sporządzony protokół badania materiału, w którym potwierdzone zostają wszystkie wyniki i prawidłowości. W przypadku zgodności badanego surowca, który spełnia wszystkie normy, przekazany jest na halę linii produkcyjnej, gdzie oczekuje na wykorzystanie w produkcji. Natomiast, w przypadku wykrycia niezgodności cała partia zostaje sprawdzona. Wszystkie uwagi zostają opisane na protokole badania materiału oraz zostaje podjęta decyzja dotycząca ewentualnej reklamacji.

4. Podsumowanie

Do najważniejszych wymagań współczesnego rynku jakie narzucane są producentom jest zapewnienie wymaganej jakości wyprodukowanych wyrobów. Dlatego, producenci, a zarazem przedsiębiorstwa by osiągnąć tak wytyczony cel powinny: adekwatnie do wykonywanych zadań szkolić w odpowiedni sposób swój personel, w miarę możliwości korzystać z najnowszych osiągnięć i rozwiązań technologicznych (wiedzy i techniki), sukcesywnie modernizować własne linie produkcyjne, usprawniać technologię oraz stosować w produkcji materiały, które są nieszkodliwe dla środowiska. Na podstawie przedstawionych materiałów należy wnioskować, że jakość, kontrola jakości oraz systemy zarządzania jakością są istotnym elementem każdego procesu produkcyjnego. Dlatego, tego typu elementy powinny być stosowane na każdym etapie produkcji, gdyż tak przeprowadzana kontrola eliminuje ryzyko powstania półwyrobu niezgodnego z wymaganiami, którego późniejsze przetwarzanie mogłoby spowodować powstanie awarii maszyn lub urządzeń na kolejnych etapach produkcji. Efektem prowadzonych badań jakościowych powinna być nie tylko weryfikacja poziomu jakości produkowanych wyrobów, ale również jakości procesu produkcyjnego. Natomiast, w przypadku niespełnienia przez wyrób określonych wymagań jakościowych konieczne jest zweryfikowanie zdolności procesu produkcyjnego zgodnie z wyznaczonymi wskaźnikami.

Literatura

- [1] Dahlgaard J.J., Kristesen K., Kanji K.: *Podstawy zarządzania jakością*. Przekład: Wasilewski L. PWN, Warszawa, 2001.
- [2] Hamrol A., Mantura W.: *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*. PWN, Warszawa, 2002.
- [3] Hague P.: *Badania marketingowe – planowanie, metodologia i ocena wyników*. Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2006.

- [4] Kiliński A.: *Jakość*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1979.
- [5] Kindlarski E., Bagiński J.: *Podstawy zarządzania przez jakość (TQM)*. Wyd. Bellona, Warszawa, 1994.
- [6] Kodon R. J.: *Badania marketingowe*, PWE, Warszawa, 2008.
- [7] Lisiecka K.: *Kreowanie Jakości*. Wyd. Uczelniane Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2002.
- [8] Myszewski J. M.: *Zarządzanie zmiennością. Systemowe spojrzenie na metody statystyczne w zarządzaniu jakością*. Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemysłu „ORGMAZ”, Warszawa, 1998.
- [9] Olszewska A. M.: *Karty kontrolne nowej generacji w zarządzaniu jakością produkcji*. Rozprawa doktorska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2002.
- [10] Rutkowski I.: *Strategie produktu. Koncepcje i metody zarządzania ofertą produktową*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2011.
- [11] Skotnica-Zasadzań B., Wolniak R.: *Zarządzanie jakością dla inżynierów*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2010.
- [12] Steczkowski J., Zeliaś A.: *Metody statystyczne w badaniu zjawisk jakościowych*. Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków, 1999.
- [13] Wawak T.: *System jakości ISO 9000*. Wydawnictwo Informacji Ekonomicznej, Kraków, 1996.
- [14] Wilczek M.: *Podstawy zarządzania projektem inwestycyjnym*. Wyd. Akademii Ekonomicznej, Katowice, 2002.
- [15] Zymonik Z.: *Wytwarzanie w średniowiecznych organizacjach rzemieślniczych pierwszą generacją zarządzania jakością*. Problemy Jakości. T. 36, Nr 9, s. 36-40, 2004.
- [16] PN-EN ISO 9000:2006, Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia

ORDERED LOGIT MODELS IN THE ASSESSMENT OF THE MANUFACTURING ENTERPRISE INNOVATIVENESS

Katarzyna SKRZYPEK¹, Karol DĄBROWSKI², Duc TRAN ANH³

Manufacturing enterprises have to develop uninterruptedly. The enterprise development is often connected with the innovativeness. The innovation problems were entered into the economic publication by J. Schumpeter. The innovativeness, as a characteristic of an innovative enterprise, has not a synthetic indicator. In the references, there are many various approaches to the innovativeness measurement process. The objective of the paper is to present the ordered logit models for assessment of the enterprise innovativeness. The first, theoretical part treats the concept of innovation and the ordered logit model. The second part represents the use of these models.

Keywords: *ordered logit model, level of innovation, manufacturing enterprise, assessment of the enterprise innovativeness*

1. Introduction

At the beginning of 2007, during the Consumer Analyst Group of New York conference, the management of Procter & Gamble was asked how they are able to maintain the business' growth rate amidst increasing spending by the competition. The management of Procter & Gamble replied in three words: innovations, innovations, innovations... [11]. The enterprise development is often connected with the innovativeness. The innovation problems were entered into the economic considerations by J. Schumpeter. He thought that innovations give new possibilities of creation of richness to the resources possessed [10]. With time passing, there occurred new and new innovativeness definitions [1, 2, 7, 8] (Table 1). Contemporary definitions of innovations in the bibliography are described tightly take as a commercial introduction of novelties [8] or broadly as a multi-stage, purposeful process and its effect, which is a beneficial change [9, 12]. Damanpour and Schneider state: "Innovation is studied in many disciplines and has been defined from different perspectives" [20, 21].

¹ dr; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: k.skrzypek@iim.uz.zgora.pl

² mgr; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: k.skrzypek@iim.uz.zgora.pl

³ mgr; BTU Cottbus-Senftenberg, Cottbus, Faculty of Mechanical Engineering, e-mail: duc.trananh@b-tu.de

Tab. 1. A review of definitions - the concept of innovation

Authors	Definition
Ferraresi A.A., Quandt C.O., Santos S.A., Frega J.R.	„Innovation is the process of transforming knowledge into value through the application of new or improved products, processes and systems. Authors use the concept of innovation with reference to the creation of new value for a business, its stakeholders and clients. Contrary to opinions purported by some scholars, an idea or invention only become an invention when their economic potential is effectively realised”[4].
Schumpeter J.A.	„Innovation is the introduction into production of new products or the improvement of existing products, improvement or introduction of a new production process (process innovation), development of a new product distribution method, opening of a new market, application of new materials or raw materials for production, introduction of a new production model”[10].
Skrzypek K.	„An innovative enterprise is an enterprise which, over some time, has introduced at least one innovation to the market - a product or process innovation and as a result of the implementation of the innovation, has improved its competitiveness, achieved total profit, increased employment in the departments of the enterprise requiring specialist knowledge and established cooperation with external partner organizations”[19].
Marciniak S.	„Innovations are creative changes in the social system, economic structure, technology and nature”[22].
Marciniak S., Głodziński E., Krwawicz M.	„Innovation is the introduction of a new or significantly improved product / process, the use of a new or significantly improved marketing / organizational / technological solution”[23].

In literature on the subject one may find many classifications differentiating innovations. The categorisation seen most often is based on scope. It identifies product, process (also known as technological), organisational and marketing innovation [8].

When using the definition included in the Oslo Manual textbook, the innovative enterprise is such one that has introduced at least one product and process innovation within the period under the survey [8]. In the article 2 of the Act dated 30 May 2008, concerning some forms of supporting of the innovative activity (Journal of Laws Dz.U. nr 116, poz. (item) 730), by an innovative activity, it is called „the activity consisting in development of a new technology and starting, on its basis, to manufacture new or significantly improved goods, processes or services” [13].

Determining the level of an organization's innovativeness is important to be able to define its strategy and manage it effectively. Innovation management reflects

changes in the organization by moving away from traditional processes, procedures, structures and ways of achieving a specific task or objective [24]. Table 2 provides several definitions of management innovation selected by Volberda.

Tab. 2. A review of definitions – the management of innovation [24]

Authors	Definition
Mol, M.J., Birkinshaw J.	<i>„The introduction of management practices that are new to the firm and intended to enhance firm performance” [25].</i>
Birkinshaw J., Hamel G., Mol M.J.	<i>„The generation and implementation of a management practice, process, structure, or technique that is new to the state of the art and is intended to further organizational goals” [26].</i>
Hamel, G.	<i>„A marked departure from traditional management principles, processes and practices or a departure from customary organizational forms that significantly alters the way the work of management is performed” [27].</i>
Kimberly, J.R.	<i>„... any program, product or technique which represents a significant departure from the state of the art of management at the time it first appears and which affects the nature, location, quality, or quantity of information that is available in the decision-making process” [28].</i>

At the present state of the knowledge, there is no systematised meters for assessment of the innovativeness level of the enterprises acting in the common market. The innovativeness, as a characteristic of an innovative enterprise, has not, also, a synthetic indicator. In the references, there are many various approaches to the innovativeness measurement process. The objective of the paper is to present the ordered logit models for assessment of the enterprise innovativeness. The use of these models in the described context is new.

2. The ordered logit model

Ordered variables are applicable in many research areas and are used for measuring the unmeasurable features in survey questionnaires. They have at least three categories among which there is a natural ordering. “Therefore, it is possible not only to state whether the variables for two objects have the same or different values, but also compare these values, that is to say that for one of the objects the variable has higher or lower value than for the other” [5]. For ordered variables modelling most frequently used tool is a multinomial ordered logit model which is an extension of binomial model.

The ordered logit model [5, 6]:

- defines/models an ordinal dependent variable with at least two categories which are characterised by natural ordering and which can be compared to one another,
- deals with independent variables of qualitative and quantitative nature,
- allows the analysis of influence of particular variables on dependent variable,
- enables making prognosis of the dependent variable for new values of the independent variables,
- allows making the analyses and prognoses supporting the expert.

Specification, calculation and quality model evaluation methods as well as the ways of the parameter interpreting have been thoroughly presented in e.g. publications [5, 6].

The application of the ordered logit model allows determining the probability of the company affinity to one of the categories assumed by the author: modest innovator, moderate innovator, innovator. The procedure of the innovativeness level evaluation of a production company in the two selected sectors based on the theory of the ordered logit models should, according to the author, be carried out according to 6 steps (Fig. 1).

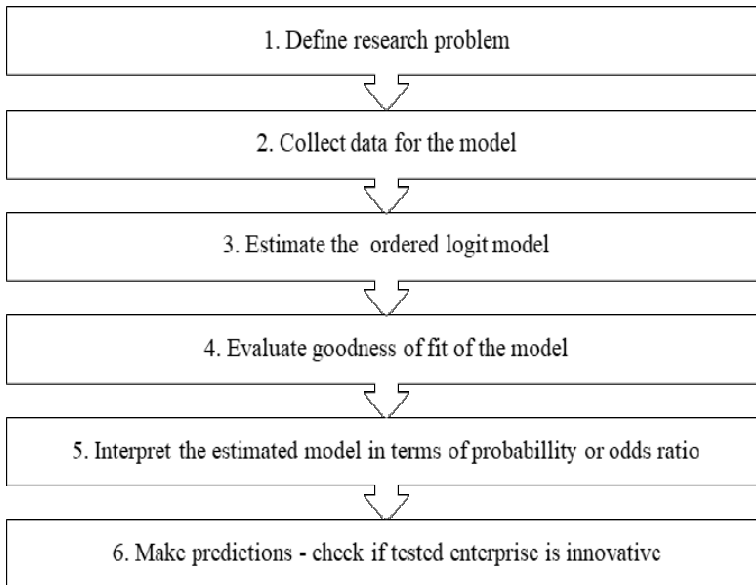


Fig. 1. The manufacturing enterprise innovativeness assessment procedure based on the ordered logit model theory

3. Innovativeness level evaluation on the example of a manufacturing enterprise in the metal and automotive sectors

A given manufacturing enterprise carries out its business activity in two sectors alike – metal and automotive sectors. To evaluate the innovativeness level of this company, the procedure specified in Chapter 2 of this paper has been proposed.

In the first step, the level of innovativeness was selected as the modelled variable (dependent variable). The examined enterprise could be qualified as:

- modest innovator,
- moderate innovator,
- innovator.

In the next stage, based on the literature studies, a questionnaire, whose aim was to standardise the questions asked to the companies, was created. The aim of the survey was to obtain the data for developing the innovativeness level evaluation model of companies active in metal and automotive sectors. The questionnaire was delivered via e-mail to the group of respondents having their registered offices throughout the whole territory of Poland and representing micro, small, medium and large production companies. On the basis of description of the respondents' business activity, out of 239 surveyed companies, the ones that claimed to be active in both metal and automotive sectors, were selected (131 enterprises). The survey contained the set of closed-ended questions divided into 5 thematic groups and demographics where the surveyed persons stated the size of the company they work in and the business sector. In the survey, the person answering the questionnaire had to provide the information on the position at the company. All the respondents represented the companies' management, at least middle management.

In step 3, the following four independent variables (influencing the modelled variable) were selected to model the level of the company innovativeness based on the data obtained from the survey and analysed afterwards together with the analysis of appropriate literature studies:

- number of new products developed in the company in the last 3 years,
- number of new technologies developed in the company in the last 3 years,
- number of employees with engineering or technical higher education degree in the last year,
- percentage of income spent on research and development activity.

Each variable had three possible answers (categories):

- 0-10 range,
- 11-20 range,
- above 20.

The ordered logit model was established in stage 4. For the ordered logit model, a general probability formula, where for i – of this object, the dependent variable will have the value j , is in the form of [4]:

$$p_{ij} = P(y_i = j) = \frac{\exp(\kappa_j - x'_i \beta)}{1 + \exp(\kappa_j - x'_i \beta)} - \frac{\exp(\kappa_{j-1} - x'_i \beta)}{1 + \exp(\kappa_{j-1} - x'_i \beta)} \quad (1)$$

where:

$i = 1, 2, \dots, n$ ($n \in \mathbb{N}$) – object index,

$j = 1, 2, \dots, J$ ($J \in \mathbb{N}$) – value of the dependent variable, ϵ

p_{ij} – probability that for i - of this object, the dependent variable will have the value j ,

κ_j, κ_{j-1} – cut-off points,

$x_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}]$ – vector of independent variable value for i - of this object,

$\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n]$ – vector of unknown model parameters of actual values.

For the ordered logit model estimated in research with the use of R statistical software, the probability formula of affinity of i - of this object to one of the categories (1 – modest innovator, 2 – moderate innovator, 3 – innovator) is in the following form:

$$p_{i1} = P(y_i = 1) = \frac{\exp(0.32 - m_i)}{1 + \exp(0.32 - m_i)} \quad (2)$$

$$p_{i2} = P(y_i = 2) = \frac{\exp(1.69 - m_i)}{1 + \exp(1.69 - m_i)} - \frac{\exp(0.32 - m_i)}{1 + \exp(0.32 - m_i)} \quad (3)$$

$$p_{i3} = P(y_i = 3) = 1 - \frac{\exp(1.69 - m_i)}{1 + \exp(1.69 - m_i)} \quad (4)$$

$$m_i = 0.2x_{i,1.2} + 1.9x_{i,1.3} - 0.3x_{i,2.2} - 2.3x_{i,2.3} + 1.1x_{i,3.2} + 1.4x_{i,3.3} + 1.7x_{i,4.2} + 2.5x_{i,4.3} \quad (5)$$

where:

$i = 1, 2, \dots, 131$ – company number,

0.32 and 1.69 – cut-off points estimated on the basis of the survey results,

p_{i1} – probability that for i - of this company, the dependent variable will have the value 1 – modest innovator,

p_{i2} – probability that for i - of this company, the dependent variable will have the value 2 – moderate innovator,

p_{i3} – probability that for i - of this company, the dependent variable will have the value 3 – innovator,

[0.2, 1.9, 0.3, -0.3, -2.3, 1.1, 1.4, 1.7, 2.5] – model parameters vector based on the survey results,

x_1 – number of new products developed in the company,

x_2 – number of new technologies developed in the company,

x_3 – number of employees with higher education degree,

x_4 – percentage of income spent on research and development activity.

The designation such as e.g $x_{i,1.2}$ is understood as the value of the first independent variable for the second range [11-20]. The range 0 – 10 was selected as the reference category.

Assignment of the values characterising a given company to particular independent variables took place in the last stage of the procedure. The following results have been obtained:

- number of new products developed in the company in the last 3 years: 11-20,
- number of new technologies developed in the company in the last 3 years: 0-10,
- number of employees with engineering or technical higher education degree in the last year: 11-20,
- percentage of income spent on research and development activity: 0-10.

Based on the formulas (2), (3), (4), (5), probability of a company's affinity to one of the selected categories was estimated. Eventually it has been estimated that the probability that the examined production company active in metal and automotive sectors is innovative, is only 40%. This evaluation was confirmed by an innovation audit of the examined company carried out by experts from one of Polish universities.

4. Conclusions

With regard to Schumpeter's definition, an unprecedented increase in innovation is generated by the use of robots and sensor technologies in production. The associated processes can be optimized on the basis of disproportionately increasing data [15]. The availability of, for example, quality-related data offers the potential to sustainably improve the susceptibility to errors, process and product quality [16]. Data management allows a new view of innovation. According to the "Cisco Visual Networking Index™ (VNI)", global data traffic will triple by 2021 and then reach a volume of 3.3 Zettabyte per year [17]. Today, one fifth of German companies already use Big Data [18]. The huge amounts of data serve as raw materials, which needs to be processed automatically in order to exploit its full economic potential. By structuring and analyzing mass data and subsequently enriching it with semantic models, for example, profitable knowledge can be generated - Big Data becomes Smart Data. Smart Data in turn becomes the innovation incubator of the 21st century. But many companies still fail to meet the challenge of "Big Data" even though such technologies are available. The problem is often that no concrete goal is set. Without a goal, every innovation project is unnecessary. This makes it all the more important to be able to measure innovation regarding to goals in order to correctly weigh up the investment in knowledge and technology [14].

The study about the innovation level of manufacturing enterprises in the metal and automotive industries becomes important from while the point of view of strategic management and is dependent on, among others, the European Commission guidelines in the aspect of, for example, granting funds for the development of enterprises. There is no one recommended methodology for calculating the company's innovation level. Ordered logit models are used to calculate the probability of a certain phenomenon related to an explanatory variable. In this case, it is the level of innovation. The author of the article indicated the procedure of proceedings, how to assess the level of innovation of the studied production enterprise using the indicated method.

References

- [1] Allen J.A.: *Scientific innovation and Industrial Prosperity*. Longman, London, 1966.
- [2] Drucker P.F.: *Innowacja i przedsiębiorczość: praktyka i zasady*. PWE, Warszawa, 1992
- [3] Faraway J.J.: *Extending the Linear Model with R. Generalized Linear Mixed Effects and Nonparametric Regression Models*. Chapman&Hall/CRC, Boca Raton, London, New York, 2006.

- [4] Ferraresi A.A., Quandt C.O., dos Santos S.A., Frega J.R.: *Knowledge management and strategic orientation: leveraging innovativeness and performance*. Journal of Knowledge Management, Vol. 5, 2012.
- [5] Gruszczynski M.: *Mikroekonometria. Medele i metody analizy danych*. Wolters Kluwer, Warszawa, 2012.
- [6] Hosmer D. W., Lemeshow S., Sturdivant R. X.: *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons, New Jersey, 2013.
- [7] Mansfield E.: *Industrial Research and Technological Innovation*. W. W. Norton, New York, 1968.
- [8] Oslo Manual: *Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. 3rd OECD and Eurostat, 2005.
- [9] Schippers M.C., West M.A., Dawson J.F.: *Team Reflexivity and Innovation: The Moderating Role of Team Context*. Journal of Management, No 10, 2012.
- [10] Schumpeter J. A.: *Teoria rozwoju gospodarczego*. PWN, Warszawa, 1960.
- [11] Skrzypek K., Dąbrowski K., Wojciech M., Kłos S.: *Analysis of innovation levels exhibited by Polish manufacturing companies in the metal and automotive industries*. Innovation, Management, Development Sustainability, and Competitive Economic Growth - Vision 2020, Seville, 2016.
- [12] Tavassolia S., Karlsson Ch.: *Persistence of various types of innovation analyzed and explained*. Research Policy, Vol. 44, 2015.
- [13] Ustawa z dnia 30 maja 2008 r. o niektórych formach wspierania działalności innowacyjnej. Dz. U., 2008, Nr 116, poz. 730.
- [14] Klein A., Gräf J.: *Reporting und Business Intelligence*. Reporting und Business Intelligence. 3rd print, Haufe Gruppe, Freiburg, 2017.
- [15] Mertens, K., Mertens, D. K.: *Herausforderungen beim Einsatz von Datenanalytik für eine ressourceneffiziente Produktion-of-a-kind production*. Data quality, BHM, Vol. 164, No 1, pp. 26–30, 2019.
- [16] Lee, J. et al.: *Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment*. Manufacturing Letters, Vol. 1, No 1, pp. 38-41, 2013.
- [17] Cisco Systems, Inc., Cisco Visual Networking Index (VNI).
- [18] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Monitoring-Report| Kompakt – Wirtschaft DIGITAL, 2017.
- [19] Skrzypek K.: *Model wyboru kooperantów do realizacji projektów innowacyjnych w sieci przedsiębiorstw produkcyjnych branży metalowej i automotive*. Rozprawa doktorska, Wyd. Mechaniczny Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2018.
- [20] Baregheh A., Rowley J., Sambrook S.: *Towards a Multidisciplinary Definition of Innovation*, Management Decision, Vol. 47, No 8, 2009.
- [21] Damanpour F., Schneider M.: *Phases of the adoption of innovation in organizations: effects of environment, organization and top managers*. British Journal of Management, Vol. 17, No. 3, pp. 215-36, 2006.
- [22] Marciniak S.: *Innowacje i rozwój gospodarczy*. Kolegium Nauk Społecznych i Administracji Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000.

- [23] Marciniak S., Głodziński E., Krwawicz M.: *Ekonomika przedsiębiorstw produkcyjnych dla inżynierów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013.
- [24] Volberda H. W., Van Den Bosch F. A. J., Heij C. V.: *Management Innovation: Management as Fertile Ground for Innovation*. European Management Review, Vol. 10, Issue 1, Special Issue: Management Innovation, 2013.
- [25] Mol M. J., Birkinshaw J.: *The sources of management innovation: When firms introduce new management practices*. Journal of Business Research, No 62, 2009.
- [26] Birkinshaw J., Hamel G., Mol M.J.: *Management innovation*. Academy of Management Review, No 33, 2008.
- [27] Hamel, G.: *The why, what and how of management innovation*. Harvard Business Review, No 84, 2006.
- [28] Kimberly, J. R.: *Managerial innovation*. In P. C. Nystrom and W. H. Starbuck (eds.), *Handbook of organizational design*., New York: Oxford University Press, 1981.

RZECZYWISTOŚĆ ROZSZERZONA I WIRTUALNA W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

Małgorzata Śliwa¹, Wojciech Babirecki²

Założenia czwartej rewolucji przemysłowej mają na celu rozwój digitalizacji przedsiębiorstw. Jednym z napędzających ją czynników jest zastosowanie rzeczywistości rozszerzonej (AR), wirtualnej (VR) oraz mieszanej (MR), co stanowi wsparcie dla zarządzania wiedzą – zarówno w aspekcie jej formalizacji jak i transferu. W publikacji opisano wykorzystanie modelowania rzeczywistości w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Zdefiniowano i opisano przykłady implementacji przedmiotowej technologii w obszarze m.in: logistyki, produkcji, utrzymania ruchu czy projektowania. Dokonano jej oceny oraz przedstawiono możliwe kierunki rozwoju. Wdrożenie omawianych rozwiązań wpływa na eliminację błędów ludzkich, lepszą kontrolę oraz zwiększenie wydajności realizowanych procesów i wzrost jakości produktów.

Słowa kluczowe: rzeczywistość rozszerzona, rzeczywistość wirtualna, cyfryzacja, przemysł 4.0, przedsiębiorstwo produkcyjne, zarządzanie wiedzą

1. Cyfryzacja przedsiębiorstw – przemysł 4.0

Podczas czwartej rewolucji przemysłowej (ang. *Industry 4.0*) rozwój przedsiębiorstw uzależniony jest od wiedzy ekspertów, konkurencyjnego i innowacyjnego produktu, oraz dostępu do nowoczesnych technologii bazujących na rozwiązaniach informatycznych.

Na rynku pracy, od kilku lat, niezmiennie obserwuje się wzrost zapotrzebowania na inżynierów-specjalistów. Winni oni posiadać kluczowe kompetencje oraz znajomość i umiejętność korzystania z nowoczesnych technologii informacyjnych [1]. Takich ekspertów jest wciąż za mało, mają wysokie wymagania w stosunku do warunków zatrudnienia, często rotują. Stąd potrzeba zachowania ich wiedzy, ułatwiania pracy zdalnej i szybszego wdrażania nowych pracowników w ich obowiązki bez powodowania przestoju maszyn i angażowania zbędnych zasobów. Programy wspierające ten rozwój opierają się na: zwiększaniu stopnia digitalizacji, pozyskiwaniu, wymianie danych z ocujnikowanych maszyn i urządzeń przy wykorzystaniu Internetu Rzeczy (ang. *IoT*), procesach wspomagających ich agregację, integrację i wnioskowanie na ich podstawie. Wśród trendów

¹ dr inż.; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: m.sliwa@iim.uz.zgora.pl

² dr inż.; Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Mechanicznej; e-mail: w.babirecki@iim.uz.zgora.pl

technologicznych w sferze produkcji wymienia się: łączność, inteligencję i elastyczną automatyzację [27].

Według Australijskiego Departamentu Przemysłu, Innowacji i Nauki, wyróżnić można cztery kluczowe czynniki napędzające rozwój cyfryzacji przedsiębiorstw [3]:

- rosnące ilości danych, mocy obliczeniowej maszyn i ich łączność,
- pojawiające się możliwości analityczne w aplikacjach Business Intelligence (BI),
- nowe formy interakcji człowiek-maszyna, takie jak interfejsy dotykowe, systemy rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości,
- usprawnienia w przekazywaniu instrukcji cyfrowych do świata fizycznego, np. poprzez pracę robota, drukowanie 3D.

W związku z tym, stosowne jest propagowanie zastosowania tzw. rzeczywistości przedłużonej (ang. *Extended reality, XR*), która zmienia sposób czy też stanowi kolejny wymiar doświadczania przez ludzi środowiska fizycznego i wirtualnego, od obserwacji po zanurzenie [7].

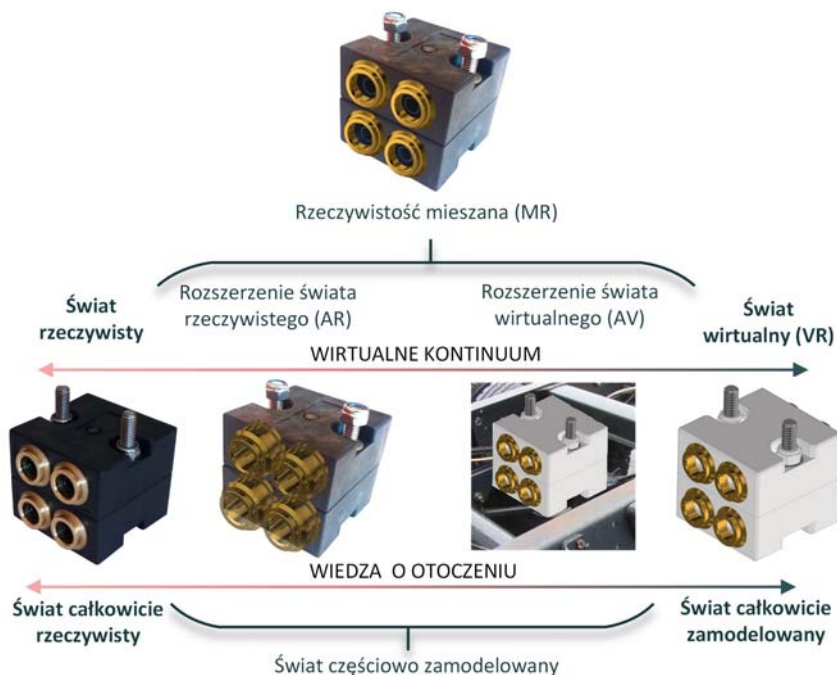
Na świecie zlokalizowano sieć przedsiębiorstw, które stanowią wzorcowe jednostki wykorzystujące rozwiązania zgodne z postulatami Industry 4.0 [27]. Niektóre z nich wprost, spośród pięciu najważniejszych stosowanych przez nie rozwiązań technologicznych wraz z powodami by je za takie uważać, wymieniają modelowanie rzeczywistości [27]:

- Bayer, Division Pharmaceuticals w Garbagnate, Włochy - przyznaje, że dzięki zastosowaniu rzeczywistości mieszanej o 30% zmalał czas przebrojeń.
- Johnson & Johnson DePuy Synthes w Cork, Irlandia - treningi w wirtualnej rzeczywistości spowodowały pięciokrotny wzrost zatrzymania przez pracowników informacji odnośnie bezpieczeństwa pracy w danym otoczeniu,
- Phoenix Contact w Bad Pyrmont and Blomberg, Niemcy - stwierdza, że wykorzystanie rzeczywistości mieszanej w utrzymaniu ruchu pozwala na efektywniejsze zarządzanie czasem i zmniejszenie występowania błędów,
- Schneider Electric w Le Vaudreuil, Francja: deklaruje, że rzeczywistość mieszana powoduje 20% spadek czasu niezbędnego do diagnostyki i napraw w zakresie utrzymania ruchu.

2. Modelowanie rzeczywistości wsparciem do zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie

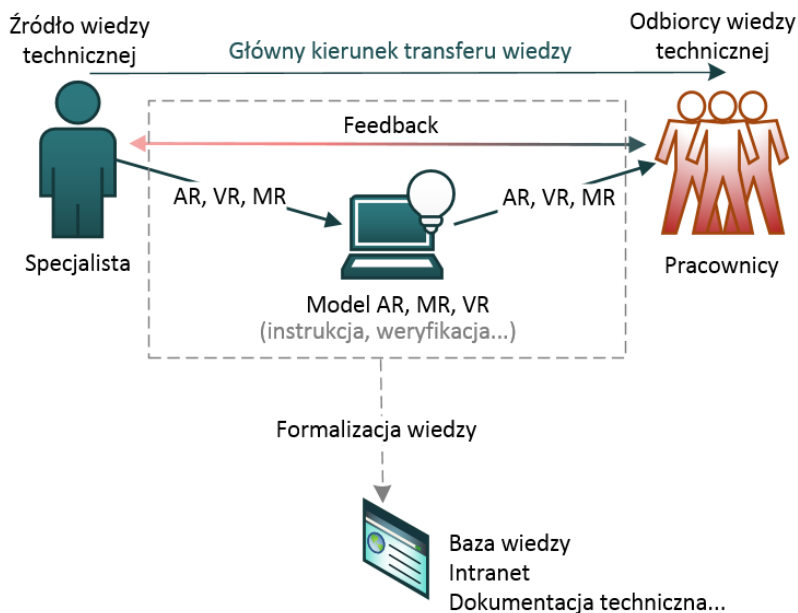
Według taksonomii [20] wyróżnia się z jednej strony świat rzeczywisty, a z drugiej całkowicie wirtualny (ang. *Virtual Reality, VR*) – to jest taki, w którym otoczenie jak i akcje między wirtualnymi obiektami są całkowicie zamodelowane, bez dostępu bodźców zewnętrznych [17]. Pomędzy nimi definiuje się: (1) rzeczywistość rozszerzoną (ang. *Augmented Reality, AR*), która pozwala na wyświetlanie obiektów zamodelowanych w środowisku rzeczywistym, a które to są z nim połączone

za pomocą znaczników (np. określony kształt, dane GPS); (2) rozszerzenie rzeczywistości wirtualnej (ang. *Augmented Virtuality, AV*) przez dodanie informacji/ obiektów pozyskanych z otoczenia aby poszerzyć efekt percepcji w zamodelowanym otoczeniu (np. implementacja tzw. „efektów pogodowych”) [12]. Elementem pośrednim jest rzeczywistość mieszana (ang. *Mixed Reality, MR*), gdzie wirtualne obiekty wchodzą w interakcje ze środowiskiem rzeczywistym, występuje manipulacja obiektami w obydwu środowiskach [17], a bryły widziane przez człowieka są przestrzenne. Bazując na zaprezentowanych definicjach wyróżniono także zasięg generowanej poprzez model wiedzy o otoczeniu (Rys. 1). Przy czym im więcej wiedzy pozostaje w świecie rzeczywistym, a tym samym w umysłach ludzi - tym jest ona bardziej rozproszona, mniej usystematyzowana [20]. Jej przeciwieństwo stanowi środowisko opisane za pomocą funkcji obrazujących relacje między obiektami. Tak też można rozumieć proces wsparcia zarządzania wiedzą w nowoczesnym przedsiębiorstwie, tj. formalizowanie wiedzy technicznej, czyli pozasystemowych zasad, które pozwalają na odniesienie sukcesu w rozwiązywaniu napotkanych problemów inżynierskich [4, 22]. Jej zachowanie oznaczałoby zapis procesów np. za pomocą logicznych zależności, modeli geometrycznych – w przypadku wizualizacji, modeli matematycznych w przypadku inteligentnych systemów wspomagających decyzyjność [24].



Rys. 1. Reprezentacja wirtualnego continuum i wiedzy o otoczeniu; opracowanie własne na podstawie [20]

Dynamika działań podejmowanych w przedsiębiorstwie wymaga stosowania technik służących szybkiemu i powtarzalnemu przekazywaniu wiedzy, głównie w przypadku treningów, szkoleń czy instruktaży. Kierunek przekazywania wiedzy następuje od eksperta do pracowników poddawanych imersji, tj. zanurzeniu w zamodelowaną rzeczywistość (Rys. 2).



Rys. 2. Technologie AR, MR i VR przedstawione jako medium wspomagające formalizację i transfer wiedzy w przedsiębiorstwie; opracowanie własne

Doświadczony specjalista będący źródłem wiedzy technicznej, generuje modele i wizualizacje graficzne zbudowane w środowiskach CAD, CAM lub dostosowuje bryły i chmury punktów pozyskane drogą inżynierii odwrotnej, np. poprzez wykorzystanie skanerów współrzędnościowych czy rozwiązań bezstykowych. Kolejną rolą inżyniera jest definicja parametrów środowiska pracy i otoczenia produkcyjnego. Szersze zastosowanie w przedsiębiorstwie daje wykorzystanie technik rozszerzonej i mieszanej rzeczywistości – ponieważ użytkownik skupia się na odniesieniu wizualizacji względem rzeczywistego otoczenia, którego nie trzeba modelować, a które to nadaje pewne warunki brzegowe.

Wiedza w środowisku wykorzystującym obrazy cyfrowe zachowana jest głównie w postaci wizualnych instrukcji, a tam:

- sekwencji czynności,
- definicji wskazówek, odpowiedzi, komentarzy w formie audiowizualnej,
- wyświetlanych kluczowych wskaźników, parametrów, alertów,

- definicji szybkiego dostępu do materiałów z wiedzą zarchiwizowaną,
- definicji warunków zgodności przy ocenie procesu, wyrobu, itp.

Istnieje możliwość wymiany wiedzy pomiędzy specjalistą, a pracownikami w wyniku rozmów, dodawaniu oznaczeń i grafik w czasie rzeczywistym do środowiska widzialnego przez pracownika. Metody te wykorzystywane są głównie podczas realizacji zdalnego serwisu za pomocą technologii AR. Komunikacja zwrotna między odbiorcą wiedzy a jej źródłem (specjalistą), sprzyja szybszemu rozwiązywaniu problemów i nauce. Zachowanie przez pracowników wszelkich treści dotyczących zamodelowanej rzeczywistości skutkuje rozbudową wewnętrznych baz wiedzy, portali typu Intranet. Działanie te są rozumiane jako np.: sporządzanie nagrań z podejmowanych akcji, zachowanie zdjęć otoczenia (VR, AR, MR) z komentarzami, nagrywanie notatek głosowych itp. Modelowanie rzeczywistości może także służyć wyłącznie lepszej komunikacji i wsparciu dla procesu lepszego zrozumienia przekazywanej wiedzy.

3. Zastosowania XR w przedsiębiorstwie produkcyjnym

Obszary przedsiębiorstwa produkcyjnego w których stosowany jest VR to najczęściej środowiska szkoleniowe i te, służące do wsparcia procesów projektowania [6] – wizualizacje przestrzeni, stanowisk roboczych czy obrazowanie nierzeczywistego produktu w środowisku pracy. Symulacja pracy operatora przy wirtualnych stanowiskach, pozwala oszacować jego czas przemieszczania się, rzeczywisty czas wykonywania poszczególnych czynności, a także przy np. zastosowaniu analizy spaghetti - wykrywać kolizję z polem roboczym innego pracownika [18]. VR może być przydatny także tam gdzie występują niebezpieczne lub ekstremalne warunki środowiskowe dla człowieka, a ten poprzez wizualizację i symulacje rzeczywistych parametrów pracy np. sondy lub robota, mógłby nim zdalnie sterować. Między innymi firmy trudniące się wydobyciem surowców – ropy i gazów, wykorzystują chętnie wirtualne otoczenie. Przykładem jest geolog, który poprzez wgląd do VR wizualizuje warunki występujące pod powierzchnią warstwy ziemi lub też interpretuje dane sejsmiczne [11].

Najszerze i zarazem praktyczne zastosowanie w przedsiębiorstwie produkcyjnym zapewnia jednak wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości. W tym wypadku, użytkownik skupia się na odniesieniu wizualizacji względem istniejącego otoczenia, a to pozwala mu na efektywniejsze wypełnianie obowiązków pracowniczych. Nie ma też potrzeby żmudnego modelowania i programowania interakcji między obiektami. W dalszej części zdefiniowano obszary przedsiębiorstwa wraz z możliwościami zastosowania w nich technologii AR.

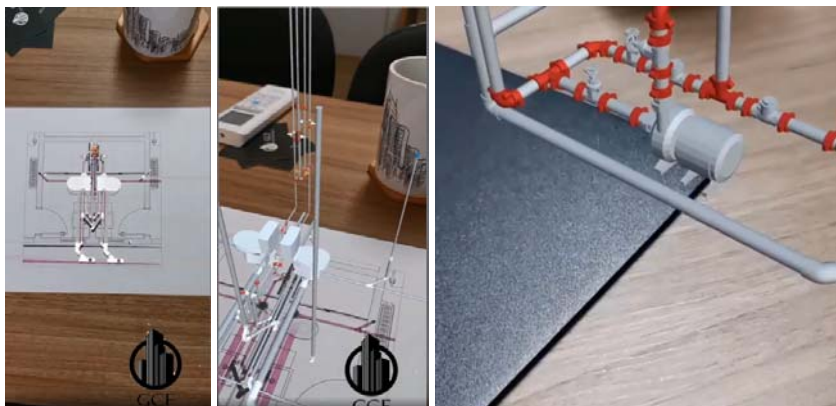
W **logistyce** AR wspiera [23]:

1. Prowadzenie operacji magazynowych:
 - optymalizacja zbierania informacji zintegrowana z Systemem Zarządzania Magazynem (ang. WMS), współpraca z oprogramowaniem np. SAP, Knapp, Ubimax, współpraca z bazą danych systemów WMS na podstawie kodów kreskowych (skanowanie może odbywać się za pomocą kamery umieszczonej przy okularach AR),
 - wyszukiwanie i wskazywanie lokalizacji towarów w magazynie,
 - planowanie obszarów magazynowania i dostosowania ich do zmiany względem transportu wewnętrznego, pod wymogi składowania produktów,
 - wskazywanie najkrótszej trasy dostępu do regałów,
 - weryfikacja podstawowych informacji o produkcie - rozpoznawanie obiektów w czasie rzeczywistym,
 - wyświetlanie informacji o zdarzeniach w danej strefie magazynowej wraz z instrukcją postępowania [9],
 - identyfikacja wizualna przyjmowanego towaru w oparciu o dostęp do zdjęć i dokumentacji [9],
 - obsługa niezgodności za pomocą rejestracji foto/video wraz z udostępnieniem informacji do działu kontroli jakości i reklamacji [9].
2. Handel, transport i realizację dostaw:
 - wsparcie ruchu drogowego, wyświetlanie alertów drogowych, ostrzeżeń,
 - wyznaczanie trasy transportu,
 - weryfikacja wysyłki zgodnie z dokumentacją transportową,
 - tłumaczenie dokumentów międzynarodowych w czasie rzeczywistym.

W obszarze **projektowania** (badawczo-rozwojowym i konstrukcyjnym) rzeczywistość rozszerzoną stosuje się w:

1. Etapie projektowania:
 - planowaniu rozmieszczenia komponentów wyrobu,
 - planowaniu rozmieszczenia stałych i niezbędnych elementów, np. układy zasilania w urządzeniu elektronicznym itp.,
 - symulacji przepływu fal, mediów w projektowanych obiektach, np. rozchodzenie się ciekłego materiału w formach odlewniczych.
2. Etapie ewaluacji i prezentacji:
 - weryfikacji parametrów fizycznych komponentu względem rzeczywistego układu lub produktu,
 - dopasowaniu produktów o charakterystycznym wyglądem do istniejącej kolekcji bądź serii,
 - wykrywaniu kolizji,
 - ocenie niezbędnego obszaru roboczego,
 - wizualizacji systemów przepływu mediów,

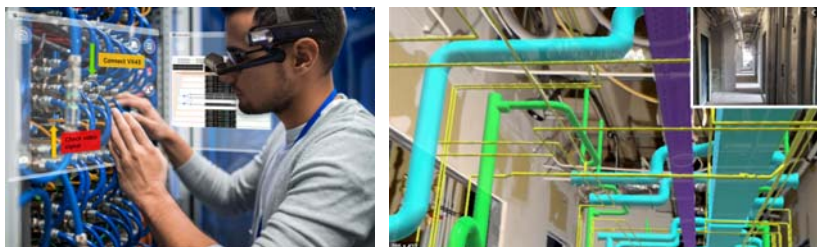
- wizualizacji płaskich rysunków konstrukcyjnych na podstawie dokumentacji technicznej (Rys. 3),
- w obszarze modelowania informacji o budynku BIM (ang. *Building Information Modeling*) (Rys. 3).



Rys. 3. Wizualizacja w oparciu o płaski rysunek techniczny; wizualizacja projektu instalacji [10]

W dziale **utrzymania ruchu** AR stosuje się przy:

- wizualizacji aktualnych parametrów pracy maszyn i ich statystyk,
- sporządzaniu mapy obszarów najczęstszych usterek przypisanych do maszyny,
- zdalnej współpracy z serwisem,
- programowaniu maszyn i urządzeń, np. trajektorii ruchów robotów,
- modernizacjach w parku maszynowym,
- weryfikacji powiązanej z maszyną i urządzeniem dokumentacji technicznej, instrukcji,
- weryfikacji parametrów części zamiennych (np. data ostatniej wymiany) i dostępu do aktualnego stanu magazynowego,
- odczycie alertów i innych komunikatów,
- realizacji „szybkich” napraw na podstawie instrukcji, schematów (Rys. 4),
- planowaniu remontów i weryfikacji ścieżki przebiegu instalacji z jednoczesnym wykrywaniem kolizji (Rys. 4),
- wyświetlaniu aktualnych parametrów instalacji z oczylnikowanych punktów pomiarowych, np. manometrem, przepływowościomierzem, wraz z wizualną reprezentacją mapy tych parametrów w instalacji.

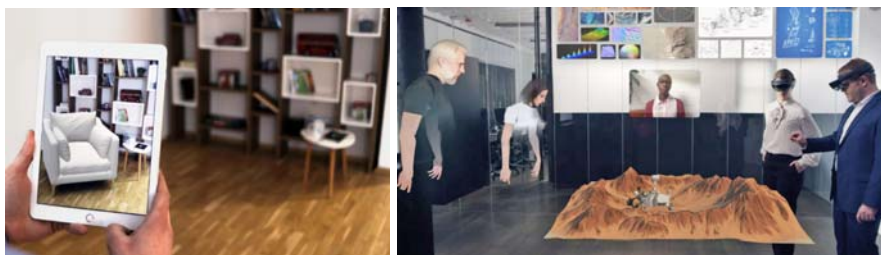


*Rys. 4. Naprawy i instalacje przy użyciu instrukcji AR (po lewej)[25];
planowanie montażu instalacji (po prawej) [13]*

Najczęściej wykorzystanie okularów AR ma miejsce w obszarze **produkcji**, w tym podczas demontażu i montażu komponentów [15], a także przy:

- obsłudze maszyn z podglądem na instrukcje pracy,
- kompleksowym wglądzie do wskaźników wydajnościowych, KPI,
- opisach, notatkach, charakterystyce procesu produkcyjnego realizowanego na maszynie, stanowisku,
- wglądzie do aktualnych planów produkcyjnych,
- weryfikacji struktury BOM dla wyrobu,
- wyznaczaniu ścieżek do poruszania się, stref bezpieczeństwa (względem maszyn i urządzeń),
- monitorowaniu, kontroli czasu pracy oraz wydajności pracowników [9],
- dostępie do procedur bezpieczeństwa i platformy do rozwiązywania problemów,
- weryfikacji parametrów jakościowych.

Do ogólnych obszarów wykorzystania AR należy wsparcie przy procesach sprzedaży; działaniach informacyjno-promocyjnych dedykowanych gościom, inwestorom, zarządowi. Imponujące możliwości rozpościera wykorzystanie nowoczesnych platform biurowych, łączących środowiska VR, MR i AR, do zdalnej współpracy (Rys. 5). Firmą rozwijającą ten pomysł jest Spatial. Rozwiązanie to umożliwia zbiorową konwersację z pracownikami reprezentowanymi przez podobne do nich awatary, a także wspólne manipulowanie wirtualnymi obiektami w przestrzeni 3D.



*Rys. 5. Wizualizacja produktów w otoczeniu klienta [5] (po lewej),
wykorzystanie platformy do zdalnej współpracy [16] (po prawej)*

Urządzeniami pozwalającymi na wyświetlanie obiektów w AR są: sprzęt elektroniczny z wbudowaną kamerą, tj. smartfony, tablety, obsługujące system Android (najczęściej); gogle z pryzmatem w soczewce służące do rzutowania wyświetlanego obrazu (np. Epson Moverio BT-300 Smart Glasses); z zatopionymi przezroczystymi ekranami jak np. Vuzix Blade, czy rozwijany obecnie model Apple Smart Glasses; urządzenia z mikro ekranem ustawionym w niewielkiej odległości od oka człowieka (np. Google Glass, Vuzix M series - Rys. 6). Dodanie do okularów z zatopionym w soczewce ekranem zestawu kamer z możliwością mapowania otoczenia pozwala na osadzenie obrazu w interaktywnym środowisku MR. Prace z tą technologią umożliwia produkt Microsoft Holo Lens 1 i 2 (Rys. 6) lub np. Lenovo ThinkReality A6. Do zanurzenie w świecie VR służą szczelnie zabudowane gogle, ich rolą jest odcięcie użytkownika od zewnętrznych bodźców wzrokowych. Najprostsze systemy tego typu polegają na zamontowaniu w nich smartfonów posiadającymi żyroskop w ekranie (np. Google Cardboard - rysunek 6, Garrett VR1) lub stanowią gotowe systemy hełmów (przewodowych lub z akumulatorami) wyposażone w soczewki z ekranami o wysokiej rozdzielczości (Oculus Rift lub HTC Vive), które współpracują z manipulatorami czy joystickami.



Rys. 6. Okulary XR (od lewej): Vuzix M300, Google Cardboard, Holo Lens

3.1 Kierunki rozwoju i ocena technologii XR

Rozwój technologii XR oznacza zarówno: rozwój oprogramowania do przetwarzania obrazu, projektowanie nowych funkcjonalnie aplikacji oraz dodawanie nowych funkcjonalności do gogli. Jako kierunki rozwoju wymienia się, np.:

- zatwierdzanie operacji za pomocą zdefiniowanego ruchu gałek ocznych lub mrugnięcia [8],
- rejestr ruchu oka (wykorzystanie do budowy instrukcji, nauki sztucznej inteligencji itp.),
- dostosowanie funkcji do tętna pracownika, stopnia wilgotności skóry etc., co oznacza zmianę realizowanego scenariusza, instrukcji etc.,
- skanowanie obiektów za pomocą kamer o wysokiej jakości, co przedłoży się na automatyczną kontrolę wyrobów zgodnych i niezgodnych,
- analizę termiczną obiektów w czasie rzeczywistym,

- precyzyjne pomiary odległości w obserwowanych obiektach,
- szybkie kojarzenie dokumentacji i prowadzenie zmian w zamodelowanych procedurach i instrukcjach za pomocą notatek i komentarzy słownych,
- rozwój interakcji z modelem względem reszty zmysłów: węchu, smaku, dotyku.

Analiza zastosowania technologii XR w przedsiębiorstwie pozwoliła na zidentyfikowanie szeregu korzyści. Najwięcej z nich odnosi się do VR, jako technologii stanowiącej odwrotność świata rzeczywistego [21]. Równolegle jest to obszar wymagający ogromnego udoskonalenia. Jako zalety wymienia się:

- szybsze iteracje projektowe (VR),
- szybsze wykrywanie błędów, niedociągnięć, kolizji (AR, MR, VR),
- efektywniejsze i tańsze (w perspektywie czasu) oraz bardziej dostępne szkolenia realizowane w dowolnym miejscu (VR),
- wykorzystanie małego obszaru do wizualizacji dużych przestrzeni i obiektów (VR),
- szybsze wdrożenie pracowników w procesy inżynierskie przy wykorzystaniu modeli obiektów jeszcze nieistniejących/ w fazie prototypowania (VR),
- obserwacje procesów niezależnie od czasu rzeczywistego w spowolnionym, lub przyspieszonym tempie (VR),
- wizualizacje modeli o rozmiarach skalowalnych względem otoczenia (AR, MR i VR),
- ograniczenie materialnych zasobów wykorzystanych jako alternatywa dla obrazów cyfrowych, itp. surowce, papier itp. (AR, MR, VR),
- zbudowanie doskonale powtarzalnego środowiska szkoleniowego (VR) oraz powtarzalnych warunków pracy – tj. etapów wyzwalania, sekwencji i treści wyświetlanych procedur (AR, MR),
- przedstawienie wyników symulacji, zjawisk fizycznych czy procesów niewidzialnych dla ludzkiego oka (AR, MR i VR),
- efektywniejsza realizacja działań wymagających skupienia i kontroli (AR),
- usamodzielnienie pracowników, uwolnienie rąk przy pracach wymagających równoczesnego korzystania z dokumentacji (AR, MR),
- wsparcie pracy zdalnej (AR, MR),
- zmniejszenie nakładów finansowych przeznaczonych na delegacje pracownicze wraz z eliminacją czasu niezbędnego na przemieszczanie się (między i wewnątrz zakładowe),
- zwiększenie motywacji i zaangażowania głównie w zespołach projektowych, dzięki szybszej wizualizacji efektów pracy (AR, MR, VR),
- wsparcie procesu sprzedaży i marketingu (AR, MR, VR).

Jako wady rozwiązań XR podaje się:

- najpoważniejszy: częsty dyskomfort i negatywny wpływ na samopoczucie użytkownika VR (nawiązanie do choroby symulatorowej [14]),
- brak obserwacji sytuacji rzeczywistej, brak wykrywania prawdziwych zagrożeń (VR),
- ograniczone wrażenia zmysłów (VR),
- pozyskiwanie modeli 3D (AR, MR, VR); modelowanie wirtualnego środowiska i programowania interakcji (VR),
- ograniczony kąt widzenia zamodelowanego obrazu, co wymusza stosowanie dystansu względem rzeczywistego obiektu (AR, MR),
- trudności w szybkim i swobodnym sterowaniu wirtualnym otoczeniem (MR, VR),
- zmniejszenie komfortu pracy przy równoczesnym stosowaniu okularów AR, MR.

4. Podsumowanie

Cyfryzacja społeczeństwa jak i czwarta rewolucja przemysłowa, rozpoczęła się niedługo po wynalezieniu Internetu i bezprzewodowej wymianie danych. Globalizacja, rozwój technologii, dedykowane rozwiązania informatyczne, jedynie stymulują konkurencyjny rynek przedsiębiorstw produkcyjnych. Wykorzystanie technologii XR w dużych przedsiębiorstwach z branży wydobywczej, energetycznej, automotive jest już standardem. AR, MR i VR stanowią wsparcie dla wszelakich procesów biznesowych prowadzonych w firmach produkcyjnych, od logistycznych, przez produkcyjno-technologiczne i organizacyjne. W Tabeli 1 porównano między sobą cechy AR, MR i VR, takie jak: obecność użytkownika w miejscu akcji, doświadczanie zmiennej perspektywy, świadomość otoczenia rzeczywistego, zachodzenie interakcji świata rzeczywistego oraz użytkownika z otoczeniem wirtualnym. Przy czym wykorzystanie gestów do wywołania akcji w VR oznacza najczęściej wykorzystanie manipulatorów, ale też współpracę z osprzętem służącym do rozpoznawania ruchu (np. Kinect). Zestawiono także nakład pracy niezbędny na zamodelowanie wybranego środowiska. Im bardziej należy ono do świata nierzeczywistego tym wymaga większych zasobów. Jednak jak udowodniono w niniejszej pracy, to AR ma obecnie najwięcej praktycznych zastosowań.

Tab. 1. Zestawienie kluczowych cech technologii XR

Cecha	AR	MR	VR
Użytkownik znajduje się w miejscu akcji	TAK	TAK	NIE
Użytkownik doświadcza zmiennej perspektywy widoku (oglądanie obiektu w przestrzeni z wielu stron, efekt skali etc.).	NIE	TAK	TAK
Świadomość użytkownika otoczenia rzeczywistego	TAK	TAK	NIE
Możliwość sterowania ruchami i gestami celem wywołania interakcji z zamodelowanym światem	NIE	TAK	TAK
Interakcja świata wirtualnego z rzeczywistym	NIE	TAK	NIE
Interakcja użytkownika z otoczeniem wirtualnym	NIE	TAK	TAK
Nakład pracy na zamodelowanie otoczenia	Mały	Średni	Duży

Wirtualne modele całego otoczenia (VR) i obiektów osadzonych w rzeczywistości przedsiębiorstwa (MR i AR) można klasyfikować jako sformalizowaną wiedzę, a gromadzić ją w wewnętrznych bazach przedsiębiorstwa. Przedmiotowe rozwiązania stanowią medium do przekazania specjalistycznej wiedzy technicznej w powtarzalny i usystematyzowany sposób. Ponadto, stwierdza się, że operatorzy produkcyjni zmuszeni są dysponować trzema rodzajami uwagi: skoncentrowaną, podzielną i selektywną, co jest trudne podczas wielogodzinnej pracy [26]. Wykorzystywanie XR w przedsiębiorstwach produkcyjnych wpływa na eliminację błędów ludzkich, lepszą kontrolę oraz zwiększenie wydajności realizowanych procesów i wzrost jakości produktów. Potwierdza to m. in. firma AGCO, która po wdrożeniu 100 sztuk smart okularów odnotowała: eliminację formalności i ręcznego przesyłu danych, co skutkowało: skróceniem czasu kontroli o 30%, czasu produkcji o 25% (w przypadku małych, złożonych zespołów) oraz zredukowało o połowę czas wdrożenia dla nowych pracowników [2]. Liczne, opisane w literaturze studia przypadków przedsiębiorstw, które z sukcesem wdrożyły technologię XR są wystarczającym dowodem na jej ogromny potencjał, potrzebę ciągłego ulepszania i popularyzacji w sektorze MŚP.

Literatura

- [1] Agrotec Polska: *Analiza zapotrzebowania gospodarki na absolwentów kierunków kluczowych w kontekście realizacji strategii Europa 2020. Raport końcowy*. s. 10, 2012. <http://www.ewaluacja.gov.pl/> [dostęp: 28.09.2019]
- [2] AGCO. <https://news.agcocorp.com/topics/agco-innovations-in-manufacturing-with-glass> [dostęp: 1.11.2019]
- [3] Australian Government Department of Industry: *Innovation and Science, 2019*. <https://www.industry.gov.au/funding-and-incentives/industry-40> [dostęp: 2.10.2019]

- [4] Baran J., Ryszko A., Szafranec M.: *Metody i techniki transferu wiedzy technicznej w opracowywaniu ekoinnowacji - studium przypadku*. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, Red. R. Knosala, Opole, T. 2., s. 13-27, 2014.
- [5] Bili V.: *Interior Define Is Redefining Furniture Shopping With Cyllindo's Web-Native AR*. 2019. <https://blog.cyllindo.com/interior-define-cyllindo-augmented-reality> [dostęp: 5.11.2019]
- [6] Bridgwater A.: *Augmented reality's vision for manufacturing*. Report: Future of Manufacturing 2018, The Sunday Times, 2018. <https://www.raconteur.net/future-manufacturing-2018> [dostęp: 26.10.2019]
- [7] Chuah S. H. W.: *Why and who will adopt extended reality technology? Literature review, synthesis, and future research agenda, working paper*. Universiti Sains Malaysia, School of Management, Department of Operation Management, 2018. https://www.researchgate.net/publication/329177547_Why_and_who_will_adopt_extended_reality_technology_Literature_review_synthesis_and_future_research_agenda [dostęp: 6.11.2019]
- [8] Cook J.: The Google Glass Wink Feature Is Real. 2013. <https://techcrunch.com/2013/05/09/the-google-glass-wink-feature-is-real/> [dostęp: 6.11.2019]
- [9] Dataconsult: *Rozszerzona rzeczywistość – zarządzanie magazynem z systemem WMS*. <https://dataconsult.pl/expertar/> [dostęp: 7.11.2019]
- [10] GCF Engenharia. 2019: www.gcfengenharia.com.br [dostęp: 2.10.2019]
- [11] GlobalData Energy: *How simulated environments can empower decision makers in the oil and gas sector*. 2019. <https://www.offshore-technology.com/comment/how-simulated-environments-can-be-a-geologists-best-friend/> [dostęp: 7.11.2019]
- [12] HITLabNZ. <https://www.hitlabnz.org/index.php/research/> [dostęp: 1.11.2019]
- [13] INSITER: *Augmented and Mixed Reality applications*. 2018. <https://www.insiter-project.eu/en/dissemination/insiter-amr> [dostęp: 7.11.2019]
- [14] Kennedy R. S., Lane N. E., Berbaum K. S., Liienthal M. G.: *Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness*. The International Journal of Aviation Psychology, Nr 3(3), s. 203–220, 1993.
- [15] Lang S., Kota M. S. S. D., Weigert D., Behrendt F.: *Mixed reality in production and logistics: Discussing the application potentials of Microsoft HoloLens™*. Procedia Computer Science, Nr 149, s. 118–129, 2019.
- [16] Lee N.: *Spatial's collaborative AR platform is basically FaceTime in 3D*. 2018. <https://www.engadget.com> [dostęp: 20.10.2019]
- [17] Metry M.: *Virtual and Augmented Reality (VR/AR) is Humanity's Next Great Technological*. 2018. <https://medium.com> [dostęp: 4.11.2019]
- [18] Michalos G., Karvouniari A., Dimitropoulos N., Togiass T., Makris S.: *Workplace analysis and design using virtual reality techniques*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Nr 67, s. 141–144, 2018.
- [19] Mikuła B.: *Transfer wiedzy w organizacji*. Komunikacja w procesach zarządzania wiedzą, Red. A. Potocki, Wyd. Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków, s. 59-76, 2011.
- [20] Milgram P., Kishino F.: *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. IEICE Transactions on Information Systems, Vol. E77-D, No. 12, s. 1321-1329, 1994.
- [21] Oculus, Kuntz S.: *The value of VR for professional applications*. Prezentacja 20 09 2014. <https://www.slideshare.net/SebKuntz/oculus-connect-2014-the-value-of-vr-for-professional-application> [dostęp: 26.10.2019]
- [22] Pędłowski M.: *Projektant w procesie budowlanym*. Podkarpacka Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa, Rzeszów, s. 3, 2012.

- [23] Rusek D., Pniewski R.: *Systemy logistyczne – wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości*. Logistyka Autobusy, Nr. 12, s. 1573-1577, 2017.
- [24] Śliwa M.: *Modelowanie procesu eksternalizacji wiedzy technicznej dla działu badawczo-rozwojowego*. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra, 2018.
- [25] Thearea. <https://thearea.org/wp-content/uploads/2019/01/Fieldbit.jpeg> [dostęp: 7.11.2019]
- [26] Wickens C., McCarley J.: *Applied attention theory*. CRC Press, Boca Raton, 2008.
- [27] World Economic Forum: *Fourth Industrial Revolution Beacons of Technology and Innovation in Manufacturing*. 2019, <https://www.weforum.org/whitepapers> [dostęp: 1.10.2019]



UNIwersYTET
ZIELONOGÓRSKI



ISBN 978-83-959326-1-8



9 788395 932618