

# OPRACOWANIE SYSTEMU ZARZĄDZANIA WIEDZĄ WSPOMAGAJĄCEGO TECHNOLOGICZNE PRZYGOTOWANIE PRODUKCJI

Alfred PASZEK

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono przykłady opracowania systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie, należącym do grona wyspecjalizowanych producentów rozjazdów kolejowych. Określono zasoby wiedzy związane z technologicznym przygotowaniem produkcji, obejmujące wiedzę o produktach, systemach i procesach. Zamieszczono przykłady mapy wiedzy oraz formularza wiedzy, dotyczące wybranych procesów zarządzania wiedzą. Scharakteryzowano etapy przetwarzania wiedzy w zakresie identyfikacji, konceptualizacji, formalizacji oraz implementacji wiedzy technologicznej.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie wiedzą, technologiczne przygotowanie produkcji, zasoby wiedzy, mapy wiedzy, reguły projektowania.

## 1. Wprowadzenie

Wiedza to specyficzny rodzaj zasobów organizacji. Specyfika ta wynika z faktu, że przybiera jej w miarę używania. Wiedza obejmuje zarówno elementy teoretyczne, jak i praktyczne, a także ogólne i szczegółowe zasady postępowania. Jej bazą są informacje i dane. Zarządzanie wiedzą można traktować jako zespół działań nadających odpowiednią formę i kierunek procesom zachodzącym w zasobach wiedzy organizacji. W obszarze tego zarządzania wyodrębnia się kluczowe procesy takie jak: lokalizowanie, pozyskiwanie, rozwijanie, rozpowszechnianie, wykorzystanie i zachowywanie wiedzy. Cele zarządzania wiedzą mogą pełnić dwie funkcje, co jest uzależnione od sposobu ich powiązania z ogólną strategią organizacji. Cele wpisane w bieżącą strategię określają, czy można ją stosować przy istniejących zasobach wiedzy organizacji. Cele, które są formułowane niezależnie od strategii, wpływają z kolei na powstanie nowych, nieistniejących dotychczas możliwości strategicznych. W pierwszym przypadku to strategia determinuje zarządzanie wiedzą, a w drugim – zarządzanie wiedzą determinuje przyszłą strategię [1, 2].

Zarządzanie zasobami wiedzy stało się ważnym działaniem w rozwoju przedsiębiorstw, w których dominują procesy produkcji [3, 4]. Każde przedsiębiorstwo, które chce być innowacyjne i z sukcesem funkcjonować w stale zmieniającej się przestrzeni ekonomicznej musi skutecznie tworzyć i wykorzystywać wiedzę. Dzięki wprowadzonym zmianom usprawniającym m.in. procesy produkcji, przedsiębiorstwo jest w stanie reagować na wyzwania stawiane przez otoczenie, dopasowując swój produkt do wymagań rynku. Źródłem innowacji i rozwoju jakościowego produktów jest zarówno wiedza wewnętrzna, jak i ta, która pochodzi spoza organizacji. Umiejętne jej wykorzystanie gwarantuje wyższy poziom satysfakcji klientów, zapewniając jednocześnie ekonomiczną efektywność podejmowanych przedsięwzięć [5, 6, 7].

Badania literaturowe pozwalają stwierdzić, że procesy wdrażania systemów zarządzania wiedzą wymagają opracowania odpowiednich metod przetwarzania wiedzy [8, 9]. W pracy

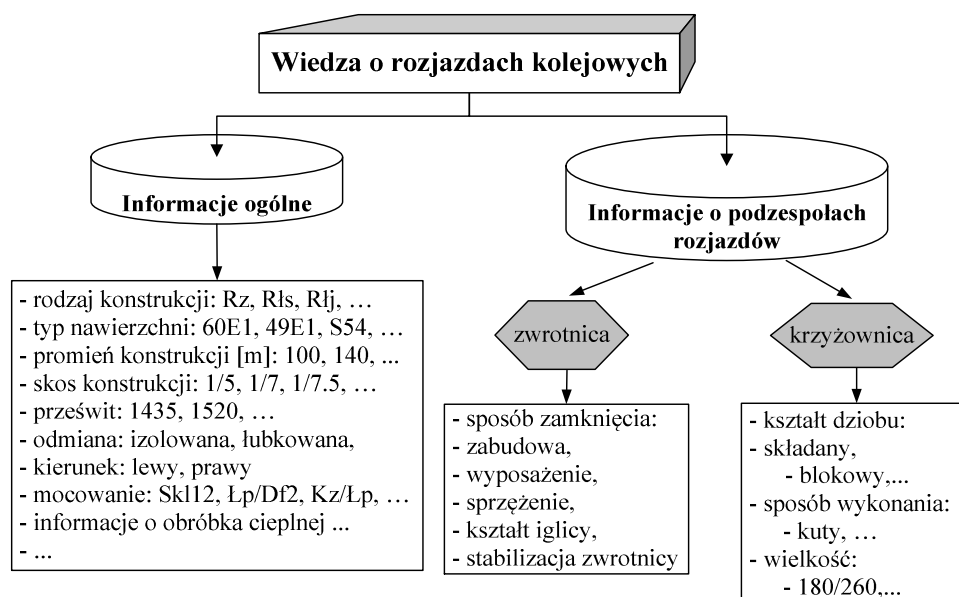
zaprezentowano zastosowanie w tym celu metod eksperckich. Uzasadnieniem takiego wyboru jest specyfika samej wiedzy, która osadzona jest w realiach przedsiębiorstwa i zawiera zbiory informacji o produktach, procesach i systemach produkcyjnych. Opracowane metody mają wspomagać kluczowe procesy zarządzania wiedzą produkcyjną w przedsiębiorstwie, stąd niezbędne jest korzystanie w takim przypadku z wiedzy specjalistów-ekspertów zajmujących się przygotowaniem i realizacją procesów produkcyjnych. Umożliwi to odwzorowanie sposobu rozumowania ekspertów, rozwiązujących wybrane problemy decyzyjne, które wymagają szczegółowych zasobów wiedzy. Zastosowana metodyka badań pozwala na uzyskanie wyselekcjonowanej, skondensowanej i przeanalizowanej informacji oraz ułatwi podejmowanie decyzji związanych z produkcją.

## 2. Przykład analizy zasobów wiedzy w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym

Analiza zasobów wiedzy została przeprowadzona w przedsiębiorstwie, które należy do grona wyspecjalizowanych producentów rozjazdów kolejowych i tramwajowych, skrzyżowań torów oraz ich elementów składowych. Posiadany park maszynowy pozwala sprostać rosnącym wymaganiom w obszarze jakości obróbki oraz wydajności produkcji. W oparciu o wieloletnie doświadczenie w przedsiębiorstwie projektowane są dowolne konstrukcje nawierzchni na potrzeby transportu kolejowego. Każdy projekt dostosowany jest do indywidualnych wymagań klientów.

### 2.1. Analiza zasobów wiedzy o produktach

Analiza produktów wybranego przedsiębiorstwa prowadzi do opracowania schematu konstrukcyjno-technologicznej charakterystyki rozjazdów kolejowych (rys. 1).



Rys. 1. Przykład analizy zasobów wiedzy o produktach

Zasoby wiedzy o produktach zostały podzielone na dwie zasadnicze grupy informacji: ogólnych oraz szczegółowych o podzespołach rozjazdów. W każdej grupie wyróżniono istotne cechy produktów oraz podano przykłady ich zapisu. Głównym źródłem informacji stała się dostępna dokumentacja produkcyjna oraz katalogi produktów oferowane przez przedsiębiorstwo. Pozyskana w ten sposób wiedza ma przede wszystkim charakter jawny. Szczegółowe konsultacje z pracownikami przedsiębiorstwa na temat powiązań cech produktów, pozwoliły także usystematyzować wiedzę o charakterze ukrytym. Należy zauważyć, że zasoby wiedzy o produktach są stale powiększane w miarę rozwoju produktów, uwzględniając m.in. wymagania odnośnie prędkości pojazdów szynowych.

## 2.2. Zasoby wiedzy o systemach produkcyjnych

Analiza wiedzy w przedsiębiorstwie w zakresie istniejących systemów produkcyjnych prowadzi do pełnego opisu możliwości produkcyjnych danego przedsiębiorstwa oraz posiadanych stanowisk wytwórczych. Systemy produkcyjne badanego przedsiębiorstwa wyposażone są w urządzenia umożliwiające zastosowanie następujących technologii obróbki w procesach produkcyjnych:

- obróbka skrawaniem, np. cięcie, struganie, toczenie, frezowanie, wiercenie materiału,
- obróbka ścierna, np. szlifowanie płaszczyzn,
- spajanie materiałów, np. spawanie, zgrzewanie stali szynowej ze stalą manganową,
- obróbka plastyczna, np. prostowanie i gięcie elementów szynowych,
- obróbka cieplna, np. hartowanie powierzchni tocznych,
- obróbka specjalna, np. umacnianie wybuchowe dziobnic manganowych,

Posiadany park maszynowy przedsiębiorstwa oparty jest na obrabiarkach sterowanych numerycznie oraz obrabiarkach konwencjonalnych. Stanowiska te posiadają kompletne wyposażenie technologiczne, umożliwiające realizację różnorodnych zadań obróbkowych, związanych z produkcją rozjazdów kolejowych.

## 2.3. Analiza zasobów wiedzy o procesach technologicznych

W ramach analizy zasobów wiedzy o procesach technologicznych, opracowano zbiory informacji istotnych dla zapewnienia prawidłowej realizacji zadań, związanych z etapami technologicznego przygotowania produkcji. W tabeli 1 zamieszczono przykładowe informacje wejściowe i wyjściowe dla wybranych etapów.

Tab. 1. Przykład zasobów wiedzy o procesach technologicznych

Nazwa etapu	Informacje wejściowe	Informacje wyjściowe
<b>Dobór materiałów wsadowych do produkcji</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zlecenie produkcyjne wraz ze spisem materiałów,</li> <li>– wymagania techniczne przetargowe,</li> <li>– zapotrzebowanie materiałowe,</li> <li>– baza materiałowa,</li> <li>– lista kwalifikowanych dostawców,</li> <li>– oferta dostawcy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– specyfikacja wysyłkowa materiałów,</li> <li>– karta przygotowania materiału wsadowego</li> </ul>

cd. tab. 1.

<b>Opracowanie procesów technologicznych rozjazdów kolejowych</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– charakterystyka zlecenia,</li> <li>– plan produkcji,</li> <li>– dokumentacja konstrukcyjna,</li> <li>– baza stosowanych technologii,</li> <li>– analizy możliwości wykonania przedmiotów produkcji,</li> <li>– karta przygotowania materiału wsadowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zgłoszenie produkcyjne z wykazem stanowisk technologicznych,</li> <li>– wykaz produkcyjny operacji technologicznych,</li> <li>– instrukcja technologiczna</li> </ul>
<b>Opracowanie programów obróbki rozjazdów kolejowych</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zgłoszenie produkcyjne z wykazem stanowisk technologicznych,</li> <li>– charakterystyka procesów technologicznych na wydziale produkcyjnym,</li> <li>– instrukcja technologiczna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– karta kalkulacyjna obróbki skrawaniem,</li> <li>– instrukcja technologiczna,</li> <li>– programy obróbki przedmiotów na obrabiarkach CNC</li> </ul>
<b>Przygotowanie pomocy specjalnych</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– własne rozwiązania technologiczne,</li> <li>– wykaz produkcyjny operacji technologicznych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– specyfikacja części,</li> <li>– rysunki specjalnych narzędzi skrawających,</li> <li>– dokumentacja konstrukcyjna specjalnych przyrządów i uchwytów</li> </ul>

Analiza wiedzy prowadzi do opracowania schematów przepływu informacji w trakcie projektowania procesów technologicznych. Schematy te tworzone są według założonych poziomów szczegółowości opisu wiedzy np. wiedza o materiałach wejściowych, operacjach, zabiegach technologicznych lub narzędziach skrawających. Podstawowymi nośnikami informacji o procesach technologicznych są instrukcje technologiczne. Zgromadzona jest w nich wiedza o sposobach przeprowadzania operacji obróbki materiałów oraz montażu wyrobów gotowych w przedsiębiorstwie. Analiza przepływu wiedzy pozwala określić miejsca zastosowania nośników informacji wejściowych oraz rodzaju dokumentów, jakie są na tej podstawie generowane np. karty kalkulacyjne, programy obróbki. Schematy przepływu wiedzy pozwalają na uporządkowanie wiedzy, wpływają na jej kompletność i pomagają w eliminacji sprzeczności w zachowywaniu wiedzy.

### 3. Wybrane procesy zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie

#### 3.1. Lokalizowanie wiedzy

Jednym z głównych zadań zarządzania wiedzą jest ujawnianie i lokalizowanie zasobów wiedzy. W analizowanym przedsiębiorstwie głównym problemem jest ograniczony dostęp do zasobów wiedzy. Wartościowe zasoby wiedzy bywają niezauważane lub niewykorzystane w sferze technicznego przygotowania produkcji na skutek słabego przepływu informacji np. pomiędzy działami konstrukcyjnym i technologicznym. Nadmiar informacji produkcyjnych gromadzonych np. w raportach, sprawozdaniach i dokumentach produkcyjnych wymusza ciągłą ich selekcję. Niewłaściwa selekcja wiedzy może prowadzić do sytuacji, w których projektowanie procesów technologicznych odbywa się w warunkach niedostatecznego rozeznania i lokalizowania zasobów wiedzy.

Efektom procesu lokalizacji zasobów wiedzy jest opracowanie map wiedzy w przedsiębiorstwie. Ogólnie mapa wiedzy jest graficznym odwzorowaniem wzajemnych zależności pomiędzy istniejącymi w przedsiębiorstwie aktywami intelektualnymi, źródłami wiedzy i jej strukturami oraz zastosowaniami. Zawarte w nich informacje zostają zapisane w formie elektronicznej (np. w bazie danych) oraz organizowane według różnych kryteriów wyszukiwania, co zwiększa ich dostępność dla większej liczby pracowników przedsiębiorstwa. Przykładową formę mapy wiedzy związanej z technologicznym przygotowaniem produkcji przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Przykład opracowania mapy wiedzy w przedsiębiorstwie produkcyjnym

Zadania Pracownik	Zaopatrzenie technologiczne	Planowanie produkcji	Projektowanie procesów technologicznych
<b>Kierownik planowania produkcji</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- stan wyrobów gotowych i produkcji w toku,</li> <li>- harmonogramy produkcji</li> <li>- analiza zdolności produkcyjnej systemu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- marszrut technologiczne</li> <li>- realizowane zlecenia technologiczne</li> </ul>
<b>Kierownik działu zaopatrzenia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- specyfikacje materiałowe,</li> <li>- wielkości partii zaopatrzeniowych,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- terminy dostaw materiałów do produkcji</li> </ul>	
<b>Kierownik zespołu technologicznego</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zamówienia dotyczące oprzyrządowania technologicznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wielkości partii produkcyjnych,</li> <li>- terminy realizacji operacji procesu produkcyjnego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- struktura procesów technologicznych,</li> <li>- analiza kosztów wariantów technologicznych,</li> <li>- normowanie czasów obróbki</li> </ul>
<b>Programista CNC</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- kalkulacja czasu obróbki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- programy sterowania urządzeniami numerycznymi</li> </ul>

Opracowanie mapy wiedzy rozpoczyna się od wyszczególnienia stanowisk pracowniczych (wymienionych w wierszach tabeli) oraz wymaganych zadań w procesach produkcyjnych przedsiębiorstwa (zapisanych w kolumnach tabeli). Następnie na przecięciu wiersza z kolumną wprowadzane są określone kompetencje, które posiada dany pracownik w zakresie realizacji danego zadania. Posługując się mapą wiedzy można w przejrzysty i szybki sposób ustalić, jakie zasoby wiedzy są potrzebne w konkretnym obszarze produkcyjnym oraz kto powinien dostarczyć informacji na interesujący nas temat, np. uruchomienie produkcji nowego rozjazdu kolejowego. W przedstawionym przykładzie mapy (tab. 2) zaprezentowano jedynie niewielką część większych zasobów wiedzy, jakimi dysponuje wybrane przedsiębiorstwo produkcyjne, zachowując główny cel stosowania.

### 3.2. Pozyskiwanie wiedzy

Proces pozyskiwania wiedzy do systemu zarządzania wiedzą w wielu przypadkach wymaga opracowania specjalnych metod, charakterystycznych dla dziedziny przedmiotowej rozwiązywanych problemów decyzyjnych. W prezentowanym procesie zastosowano metodę bazującą na strukturze formularza pozyskiwania wiedzy, którego przykład pokazano w tabeli 3. Wiedza zawarta w formularzu została pozyskana w wyniku konsultacji z technologami oraz analizy branżowych normatywów i dokumentów technologicznych w przedsiębiorstwie.

Tab. 3. Przykład formularza pozyskiwania wiedzy dla doboru materiału wejściowego do produkcji elementów rozjazdów kolejowych

FORMULARZ POZYSKIWANIA WIEDZY		
1.	Symbol formularza	T1/1
2.	Element rozjazdu	Tuleja T01.043.062
3.	Charakterystyka problemu decyzyjnego	Dobór materiału wejściowego. Określenie postaci i wymiarów materiału wejściowego
4.	Informacje wejściowe	- średnica zewnętrzna tulei Dz [mm] - średnica wewnętrzna tulei Dw [mm]
5.	Dopuszczalne warianty rozwiązań	W1: pręt walcowany $\varnothing d$ [mm] (d - średnica pręta) W2: rura grubościenna $\varnothing Dz \times g$ (Dz - średnica zewnętrzna rury [mm], g - grubość ścianki [mm]) W3: odkuwka matrycowa
6.	Wiedza problemowa	JEŻELI $Dz \leq 60$ TO W1 $\varnothing 65$ JEŻELI $Dz \leq 75$ i $Dz > 60$ TO W1 $\varnothing 80$ JEŻELI $Dz \leq 90$ i $Dz > 75$ TO W1 $\varnothing 95$ JEŻELI $Dw \geq 60$ i $Dz \leq 120$ i $Dz > 90$ TO W1 $\varnothing 130$ lub W3 JEŻELI $Dw < 60$ i $Dz \leq 120$ i $Dz > 90$ TO W1 $\varnothing 130$ .....
7.	Objaśnienie decyzji	Postać materiału wejściowego zależy od wymiarów charakterystycznych tulei. Materiał dobierany jest dla produkcji seryjnej
8.	Źródła wiedzy	Ekspert A, dokumentacja technologiczna tulei, tabele wyrobów hutniczych

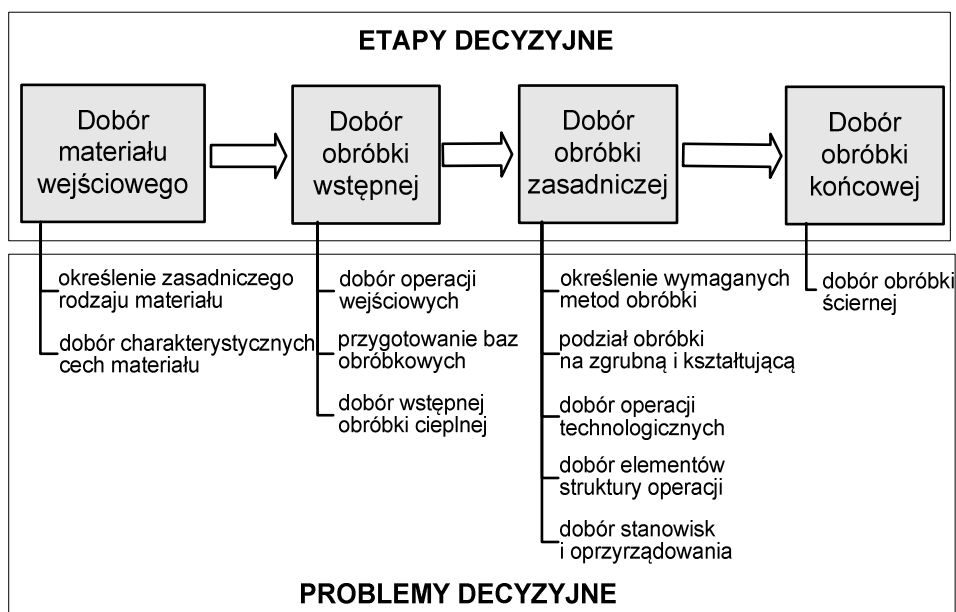
Wybrane nazwy pól zapisane w kolejnych wierszach formularza związane są z określonym atrybutem dziedziny wiedzy, a w tabeli przedstawiono dla nich przykłady zapisu elementów pozyskanej wiedzy. Proces pozyskiwania wiedzy w technologicznym

przygotowaniu produkcji elementów rozjazdów kolejowych przebiega na podstawie zasady stopniowego nadawania szczegółowości opisu wiedzy problemowej. Na początku należy zidentyfikować przedmiot produkcji według istniejącej dokumentacji konstrukcyjnej oraz scharakteryzować problem decyzyjny w przygotowaniu produkcji. Następnie dokonuje się porządkowania zbiorów wymaganych informacji wejściowych i wyjściowych. Odbywa się to najczęściej poprzez wprowadzenie dopuszczalnych wariantów rozwiązań. Dzięki temu możliwa jest ocena warunków wyboru danego wariantu oraz powiązanie zbiorów informacji w postaci reguł decyzyjnych, stanowiących zasoby wiedzy problemowej. Ważnym aspektem pozyskiwania wiedzy jest objaśnianie procesu podejmowania decyzji. Szczególnie dotyczy to uzasadnień uzyskanych rozwiązań oraz warunków przyjęcia określonych faktów w procesie wnioskowania. Zostaje to wykorzystane w budowie mechanizmów objaśnienia systemu zarządzania wiedzą. Formularz zawiera także odpowiednie pole do umieszczenia tekstów objaśniających, dotyczących pojedynczych reguł lub zbioru pozyskanych reguł decyzyjnych. Niezmiernie ważne jest określenie, skąd została zaczerpnięta wiedza o rozwiązywanym problemie decyzyjnym. Z tego względu w ostatnim wierszu formularza umieszczono podstawowe dane o źródłach pozyskanej wiedzy.

#### **4. Etapy procesu przetwarzania wiedzy produkcyjnej**

W opracowaniu systemu zarządzania wiedzą wymagane jest przeprowadzenie takiego procesu przetwarzania wiedzy, który umożliwi wdrożenie systemu w wybranym przedsiębiorstwie. Proces ten rozpoczyna się od etapu identyfikacji problemu i poprzez etapy: konceptualizacji związanego z określaniem zasobów wiedzy oraz formalizacji wiedzy, kończy się na etapie implementacji czyli zapisu reguł w bazie wiedzy systemu zarządzania wiedzą [10].

Realizację etapów procesu przetwarzania wiedzy produkcyjnej pokazano na przykładzie budowy systemu zarządzania wiedzą w obszarze technologicznego przygotowania produkcji rozjazdów kolejowych. Punktem wyjściowym identyfikacji wiedzy jest analiza zasadniczych problemów z obszaru technologicznego przygotowania produkcji w wybranym przedsiębiorstwie. Problemy te podzielono na dwa rodzaje. Do pierwszego rodzaju zaliczono problemy o znanym algorytmie rozwiązania, np. dobór parametrów procesu dla poszczególnych metod obróbki. Drugi rodzaj stanowią problemy, których rozwiązanie zależy od specyficznych warunkowań związanych z przedsiębiorstwem, np. stosowanymi środkami produkcji i metodami wytwarzania. Do takich problemów należą m.in. dobór zasadniczego rodzaju materiału wejściowego do produkcji, opracowanie planu procesu technologicznego itp. Istotne jest, że problemy te są rozwiązywane na podstawie wiedzy i doświadczeń specjalistów, związanych z danym przedsiębiorstwem produkcyjnym. Identyfikacja wiedzy prowadzi do opracowania etapowego procesu przygotowania produkcji, a kolejność wyróżnionych etapów decyzyjnych (rys. 2) wynika z doboru takich działań wytwórczych, które mają na celu zwiększanie dokładności wymiarowo-kształtowej i nadawanie odpowiednich własności elementom obrabianym w procesie produkcyjnym. W poszczególnych etapach wybiera się problemy decyzyjne właściwe dla postawionego celu cząstkowego. Dzięki temu możliwa jest dalsza identyfikacja zbiorów wiedzy potrzebnych do rozwiązania danego problemu, a następnie ich uporządkowanie według przyjętej metody budowy systemu zarządzania wiedzą.



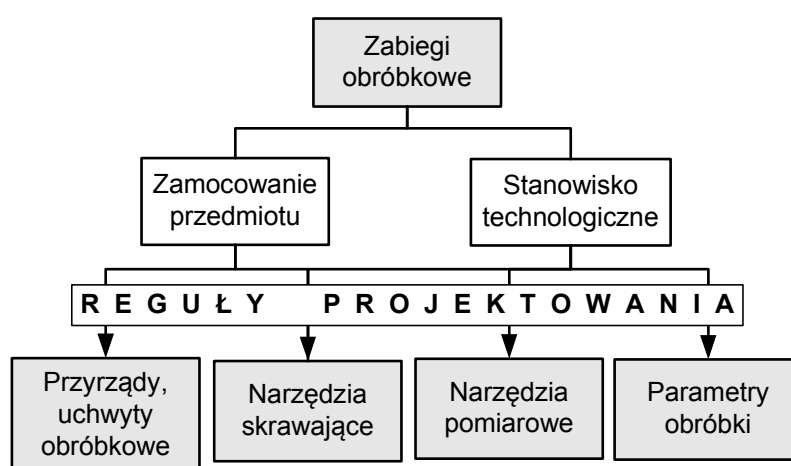
Rys. 2. Identyfikacja wiedzy w technologicznym przygotowaniu produkcji

Na etapie konceptualizacji wiedzy określono zasoby wiedzy wymagane do osiągnięcia rozwiązania wybranych problemów. Uwzględniając aspekty technologicznego przygotowania produkcji rozjazdów kolejowych ustalono wiedzę rozwojową, dotyczącą możliwości tworzenia nowych rozwiązań konstrukcyjnych elementów oraz właściwych im procesów technologicznych, tzn. określenie możliwych zbiorów wyróżnionych cech elementu, które można otrzymać w rzeczywistym systemie wytwarzania (na danym parku maszynowym i oprzyrządowaniu technologicznym). Zasoby tej wiedzy gromadzone są na podstawie analizy dokumentacji konstrukcyjno-technologicznej wybranych elementów maszyn oraz przeprowadzonych konsultacji z pracownikami przedsiębiorstwa. Konceptualizacja wiedzy prowadzi do utworzenia dopuszczalnych wariantów rozwiązań problemów decyzyjnych z punktu widzenia możliwości technologicznych systemu produkcyjnego oraz minimalizacji kosztów produkcji.

Podstawowym celem etapu formalizacji wiedzy jest odpowiednie przygotowanie zgromadzonych zbiorów wiedzy do zapisu w bazie systemu zarządzania wiedzą. Wiedza zostaje ustrukturalizowana za pomocą reprezentacji, która umożliwia formalizację przekazywania, zapisywania i gromadzenia dowolnego fragmentu wiedzy o sposobach rozwiązywania problemów decyzyjnych. W prezentowanym przykładzie etap formalizacji polega na opracowaniu tzw. reguł projektowania, które określają zasady doboru procesu technologicznego dla wybranego przedmiotu produkcji. Ogólnie można stwierdzić, że reguły te stanowią pewną strukturę wiedzy związanej z technologicznym przygotowaniem produkcji. Formalizacja budowy reguł przedstawia związki pomiędzy wejściowymi informacjami o charakterystyce konstrukcyjno-technologicznej wyrobów, a wyjściowymi informacjami o strukturze procesu technologicznego. W częściach warunkowych reguł zamieszczone są informacje o wyróżnionych składnikach konstrukcji rozjazdów kolejowych, natomiast część działaniowa zawiera odpowiadający im opis struktury procesu



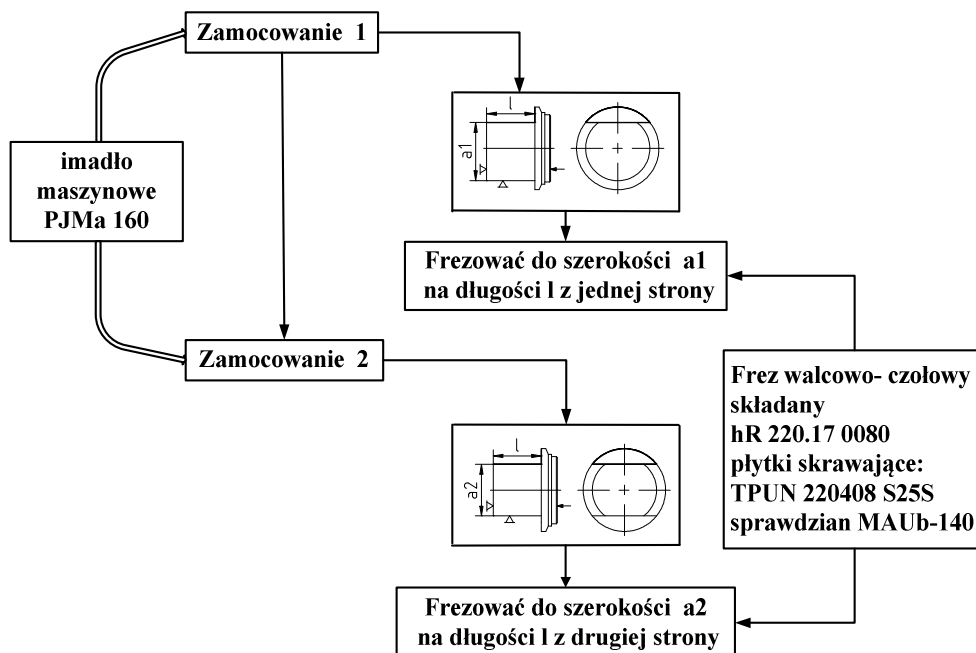
technologicznego (operacji, zabiegów, oprzyrządowania itp.) według założonego poziomu szczegółowości. Pierwszy etap formalizacji polega na ustaleniu związków pomiędzy wymiarami charakterystycznymi elementu oraz strukturą procesu technologicznego. Następny etap dotyczy uszczegółowienia struktury operacji procesu technologicznego. Ustalane są wtedy związki pomiędzy wyróżnionymi obiektami konstrukcyjnymi elementu obrabianego (np. powierzchni walcowych, stożkowych, gwintowych itp.), a składnikami struktury operacji w postaci zabiegów obróbkowych. Dalsza formalizacja wiedzy prowadzi do budowy reguł projektowania, w których znajdują się szczegółowe informacje o procesie technologicznym, zgodnie ze schematem pokazanym na rys. 3.



Rys. 3. Schemat formalizacji reguł projektowania

Zabiegi obróbkowe są związane z zamocowaniem przedmiotu na stanowisku technologicznym, wyposażonym w oprzyrządowanie obróbkowe i wykonywane są za pomocą narzędzi skrawających zgodnie z dobranymi parametrami obróbki. Korzystne jest, aby zabiegom przyporządkować odpowiednie identyfikatory, gdyż ułatwia to ich powiązanie z pozostałymi elementami procesu technologicznego oraz pozwala na szybkie wyszukiwanie szczegółowych informacji technologicznych w bazie wiedzy systemu. Wiedza może być reprezentowana w postaci graficznej sieci powiązań pomiędzy jej elementami zgodnie z poziomami szczegółowości opisu procesu technologicznego. Na rys. 4 zamieszczono przykład sieci związanej z formalizacją reguł projektowania dla operacji frezowania wybranego elementu iglicy rozjazdu kolejowego. Przegląd parku maszynowego przedsiębiorstwa pozwala dobrać stanowisko do tej operacji w postaci konkretnej frezarki pionowej. Na podstawie analizy tej sieci można wygenerować następującą regułę doboru zabiegów technologicznych oraz oprzyrządowania obróbkowego:

**JEŻELI** wymagane jest frezowanie elementu **TO** zastosować frezarkę pionową FSS-315 i obrabiać w dwóch zabiegach i dobrać narzędzie: frez walcowo-czołowy składany hR220.17 0080 z płytkami skrawającymi TPUN 220408 S25S

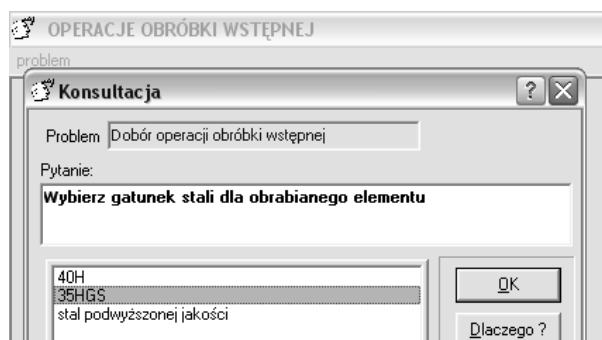


Rys. 4. Sieć formalizacji reguł w projektowaniu operacji obróbkowej

Etap implementacji wiedzy jest ukierunkowany na komputerowe przetwarzanie elementów wiedzy i jest związany z procesami wykorzystania i zachowywania wiedzy. Struktura wiedzy w postaci reguł projektowania zostaje wprowadzona do bazy wiedzy systemu zarządzania przedsiębiorstwem. Niezbędne jest przy tym zastosowanie odpowiedniego narzędzia programowego. Reguły projektowania opracowane na etapie formalizacji, są przetwarzane według zasad syntaktyki i semantyki zastosowanego języka. Na etapie implementacji zastosowano system PC-Shell, który jest częścią pakietu sztucznej inteligencji SPHINX firmy AITECH. Jest to system regułowy, stąd całość wiedzy o charakterze heurystycznym kodowana jest za pomocą reguł i faktów (stwierżeń). Podstawową strukturą reprezentacji wiedzy jest trójka w postaci: <obiekt-atrybut-wartość>. Prezentowany przykład dotyczy zapisu bazy wiedzy dla doboru operacji technologicznych obróbki wstępnej wybranych elementów rozjazdów kolejowych. W tym celu opracowano tzw. fasety, odnoszące się do wybranych atrybutów obiektów wyróżnionych dla prezentowanej wiedzy. Fasety te podzielono następnie na dwie grupy, zgodnie ze zbiorami pozyskanej wiedzy:

- fasety wejściowe – zawierające atrybuty przedstawiające informacje wejściowe na podstawie których dobierana jest operacja technologiczna; są to następujące fasety: *materiał\_wejściowy*, *stal*, *wymiary\_elementu*.
- fasety wynikowe – zawierające informacje wyjściowe w postaci atrybutów, które opisują wyniki wnioskowania; są to takie fasety jak: *operacja1*, *operacja2* i *operacja3*,

Na rys. 5 pokazano przykład zapytania dotyczącego wyboru informacji wejściowych dla gatunku materiału produkowanych elementów rozjazdów.



Rys. 5. Przykład zapytania w systemie PC-Shell

Kolejnym etapem implementacji wiedzy utworzenie bloku reguł (*rules*), w którym gromadzone są reguły dla rozwiązywanego problemu decyzyjnego. Standardowo reguły zbudowane są z konkluzji oraz części warunkowej, oddzielone operatorem *if*. W PC-Shell-u zastosowano konkluzje jednoelementowe zapisywane z lewej strony operatora, natomiast warunki zapisywane są z drugiej strony. W przykładzie przedstawiono wyróżnione grupy reguł dla wyboru poszczególnych operacji obróbki wstępnej. Za pomocą operatora *if* połączono fasety wynikowe z fasetami wejściowymi według następujących schematów: *materiał\_wejściowy* → *operacja1*, *stal* → *operacja2*, *wymiary\_elementu* → *operacja3*. W zapisie reguł wymagane jest odpowiednie skojarzenie wartości poszczególnych faset według wprowadzonych schematów połączeń, co pokazano na przykładzie fragmentu kodu źródłowego.

*rules*

```
operacja1 = "Ciąć materiał" if materiał_wejściowy = "pręt walcowany";
operacja1 = "Dla odkuwki matrycowej nie jest wymagana operacja cięcia" if
materiał_wejściowy = "odkuwka matrycowa";
operacja2 = "Ulepszać cieplnie do twardości 20_25 HRC, Śrutować materiał" if stal = "40H";
operacja2 = "Ulepszać cieplnie do twardości 30_35 HRC, Śrutować materiał" if stal =
"35HGS";
operacja2 = "Dla wybranej stali nie jest wymagana obróbka cieplna" if stal = "stal
podwyższonej jakości";
operacja3 = "Prostować materiał" if wymiary_elementu = "tak";
operacja3 = "Dla podanych wymiarów elementu nie jest wymagane prostowanie" if
wymiary_elementu = "nie";
end;
```

W systemie PC-Shell przeprowadzono odpowiednie badania testujące dotyczące weryfikacji wiedzy zapisanej w bazie systemu. Najważniejsze działania w tym zakresie obejmowały sposoby eliminowania problemów związanych z nadmiarowością i sprzecznością wiedzy oraz brakiem kompletności. Badania w tym zakresie polegały głównie na analizie zbiorów faset wejściowych oraz faset wynikowych. Szczególnej analizie poddano zapis reguł projektowania w bloku *rules* pod kątem prawidłowego połączenia zbiorów informacji wejściowych i wyjściowych. Więcej szczegółów dotyczących przykładowej implementacji wiedzy w systemie PC-Shell oraz budowy kodu źródłowego zamieszczono w pracy [11].

## 5. Podsumowanie i wnioski

Metodyka badań związanych z opracowaniem systemu zarządzania wiedzą bazuje na zastosowaniu elementów sztucznej inteligencji, a w szczególności koncepcji systemów eksperckich. System ten skutecznie wspomaga procesy pozyskiwania, przedstawiania, przechowywania i wyszukiwania wiedzy potrzebnej do wytworzenia produktów. Jest to istotą sprawnie działających systemów zarządzania w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Uwzględniając specyfikę działania tego systemu można związać efekt końcowy projektu z korzyściami dla przedsiębiorstwa takimi jak: udoskonalanie procesów i produktów, poprawy wskaźników efektywności procesów produkcyjnych, minimalizacja kosztów produkcji oraz polepszenie przepływu informacji w procesach. Możliwe jest jego zintegrowanie z systemem zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym poprzez utworzenie wspólnej bazy wiedzy.

### Literatura:

1. Probst B., Raub S., Romhardt K.: Zarządzanie wiedzą w organizacji. Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2002.
2. Jashapara A.: Zarządzanie wiedzą. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2006.
3. Błaszczuk A., Brdulak J., Guzik M., Pawluczuk A.: Zarządzanie wiedzą w polskich przedsiębiorstwach. Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, 2004.
4. Perechuda K. (red. nauk.): Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.
5. Baruk J.: Zarządzanie wiedzą i innowacjami. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń, 2006.
6. Mięka B., Pietruszka-Ortyl A., Potocki A. (red. nauk.): Podstawy zarządzania przedsiębiorstwami w gospodarce opartej na wiedzy. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa, 2007.
7. Brdulak J.: Zarządzanie wiedzą a proces innowacji produktu. Budowanie przewagi konkurencyjnej firmy. Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa, 2005
8. Kobyłko G., Morawski M.: Przedsiębiorstwo zorientowane na wiedzę. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa, 2006.
9. Kowalczyk A., Nogalski B.: Zarządzanie wiedzą. Koncepcja i narzędzia. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa, 2007.
10. Paszek A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część I: Metodyka. Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 2/2009, str. 58-64
11. Paszek A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część II: Przykład. Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 1/2011, str. 35-43

Dr inż. Alfred PASZEK  
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów  
Politechnika Opolska  
45-370 Opole, ul. Ozimska 75  
tel./fax.: 77 423 40 34  
e-mail: a.paszek@po.opole.pl