

## KSZTAŁTOWANIE POSTAW PROINNOWACYJNYCH OPARTYCH NA WIEDZY W PROCESACH PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNYCH NA UCZELNI TECHNICZNEJ

## FOSTERING KNOWLEDGE-BASED AND INNOVATION-ORIENTED ATTITUDES IN THE DESIGN-CONSTRUCTION PROCESS AT A TECHNICAL UNIVERSITY

**Marek Błaszczak**

Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych

Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

e-mail: m.blaszczak@pollub.pl

**Abstract:** In the context of innovation potential, human capital is the greatest asset that the Polish economy can offer. This is largely the result of the success that has been achieved in educating young people. Inspiring students to be open to innovative approaches as they carry out their tasks plays a key role in preparing them for their independent professional careers. This goal can be met by means of adjusting teaching methods in a way that pays special attention to problem-centred methods, including independent research and results analysis supported by own creative contribution or analysis of the current knowledge, and the use of source materials, some of which can be found on an educational platform. Introducing aspects of application programming makes it possible to produce dedicated tools that significantly streamline the verification of the concepts and assumptions adopted. The evaluation of economic and technological feasibility is the key element in the overall project and is carried out through an anonymous vote by all the students in a given group. The results of student surveys show that the classes are attractive in terms of the amount of the knowledge imparted, creativity development, an open approach to problems and the variety of self-study methods suggested.

**Keywords:** methods of education, education problem, self-study, programming, evaluation

### Wprowadzenie

Wejście Polski do struktur Unii Europejskiej stawia przed absolwentami uczelni technicznych nowe wyzwania i oczekiwania. Podyktowane jest to koniecznością zwiększenia i lepszego wykorzystania potencjału nabytej wiedzy i umiejętności w kształtowaniu i rozwijaniu uzdolnień kreatywnych. Punktem wyjścia są założenia zawarte w tzw. Strategii Lizbońskiej według której przyjęto kierunki rozwoju UE [1]:

- szybkie przechodzenie na gospodarkę opartą na wiedzy w tym rozwój badań i innowacji oraz podnoszenie kwalifikacji i umiejętności społeczeństwa,

- liberalizacja i integracja różnych sektorów gospodarki

- rozwój przedsiębiorczości,

- wzrost zatrudnienia oraz zmiana modelu zawodów m.in. przez rozwój kształcenia ustawicznego specjalistów, podniesienie poziomu i unowocześnienie gospodarki,

- dbałość o trwały i zrównoważony rozwój gospodarczy.

Zadania szczegółowe zgrupowane są w sektorach: energetyki, rynku pracy, rynku wewnętrznego, usług finansowych oraz badań naukowych i edukacji. Dla tego sektora przyjęto dwa twierdzenia:

- poważny wpływ na wzrost gospodarczy i zatrudnienie ma jakość edukacji i badania naukowe,

- podstawą gospodarki opartej na wiedzy oraz budowy aktywnego i dynamicznego państwa jest inwestowanie w kwalifikacje ludzi oraz ich kształcenie ustawiczne, gdyż podwyższanie kwalifikacji zwiększa szanse zatrudnienia i efektywność pracy.

W związku z tym przyjęto pięć głównych celów, jakie powinny zostać osiągnięte w najbliższych latach:

- zwiększenie innowacyjności przedsiębiorstw, a tym samym inżynierów,
- wzrost konkurencyjności nauki polskiej, a więc także jakości kwalifikacji pracowników nauki,
- zwiększenie roli nauki w rozwoju gospodarczym,
- zwiększenie udziału innowacyjności produktów polskiej gospodarki w na rynku międzynarodowym,
- tworzenie trwałych i lepszych miejsc pracy.

Wsparciem dla tych działań było ogłoszenie przez KE roku 2009 rokiem Kreatywności i Innowacyjności, zakładając że będzie to okres intensywnych działań nad programami i metodami szeroko rozumianej edukacji dotyczącej kształcenia ustawicznego specjalistów. Zakłada się że jedną z kluczowych umiejętności społeczeństwa opartego na wiedzy jest właśnie kreatywność i innowacyjność które przejawiają się w:

- pomysłowości i oryginalności pomysłów w pracy,
- rozwijaniu i wprowadzaniu nowych pomysłów do praktyki zawodowej i gospodarczej oraz dzieleniu się tymi pomysłami z innymi,
- otwartości i tolerancji na odmienne sposoby myślenia,
- zaangażowaniu w innowacyjne inicjatywy i działania, które pomogą przynieść wymierny efekt.

### Kierunki rozwoju innowacyjności

Kolejną fazą działań proinnowacyjnych będzie sukcesywne przestawianie wytwarzania w kierunku generowania produktów i usług o większym stopniu innowacyjności oraz odpowiadających na zapotrzebowanie zmieniających się zleceń konsumentów. Oznacza to konieczność stworzenia bodźców, które pozwolą na pierwszym etapie identyfikować a następnie wdrażać kreatywne pomysły. Rozwój tego typu narzędzi powinien być wspierany poprzez stworzenie tzw. „klimatu proinnowacyjnego” w danym obszarze działań.

Pomimo tego, że władze publiczne (samorządowe czy centralne) nie mają w tym zakresie wielu bezpośrednich instrumentów, to jednak zmiany w programach edukacyjnych promujące kreatywność i współpracę oraz postawy proinnowacyjne oraz rządowe programy wsparcia dla realizacji tego typu pomysłów mogą stać się podstawową dźwignią dla zmian poprzez wskazanie formy i dróg ich realizacji.

W aktualnym nowym podejściu do polityki innowacyjności podkreśla się znaczenie nowych form innowacji obejmujących nowatorskie sposoby tworzenia produktów w oparciu o nowe metody i wysoki stopień współpracy (*open innovation, user driver innovation*) [1]. Jednocześnie ze względu na fakt że kreatywność staje się w coraz większym stopniu determinantą przewagi konkurencyjnej, znaczenia nabierają „przemysły kreatywne” jako obszary zarówno tworzenia, jak i wykorzystywania innowacji w powiązaniu z inwestycjami w kapitał ludzki jako na jedne z najbardziej efektywnych, tworzących nowe przewagi konkurencyjne. Chodzi tu w szczególności o przygotowany na wyzwania przyszłości oraz łatwo dostosowujący się do zmian system edukacji oraz specjalistyczne kształcenie ustawiczne i szkolenia zawodowe [2].

W sytuacji ograniczonego dostępu do surowców naturalnych, szczególnie istotną kwestią dla zrównoważonego rozwoju staje się potrzeba wdrożenia zasad efektywnego korzystania z zasobów, w tym gospodarowania w zamkniętym obiegu (*closed-loop*), usprawnienia procesów odzysku i ponownego wykorzystania surowców wtórnych (recykling) oraz odzysku energii wraz z towarzyszącymi działaniami na rzecz ograniczenia materiałów i energochłonności procesów produkcyjnych

### Promocja innowacyjności

W chwili obecnej kluczowymi obszarami wymagającymi skutecznej i efektywnej interwencji jest kształtowanie postaw proinnowacyjnych i przedsiębiorczych w społeczeństwie, w szczególności w środowisku akademickim uczelni technicznych. Niezbędne jest więc przeprowadzenie szeroko zakrojonej kampanii na rzecz promocji postaw innowacyjnych i kreatywności. Tworzenie gospodarki opartej na wiedzy będzie możliwe jedynie wówczas, gdy w społeczeństwie

zbuduje się powszechne przekonanie, że innowacyjność oraz kreatywność są jednymi z kluczowych czynników przyczyniających się do wzrostu dobrobytu ekonomicznego [1].

Jednocześnie programy edukacyjne podnoszące świadomość w zakresie przedsiębiorczości, innowacji i wykorzystywania kreatywności powinny być wzmacniane instrumentami mającymi na celu przezwyciężanie negatywnego nastawienia do podejmowania ryzyka (adresatami takich programów powinni być zwłaszcza studenci uczelni technicznych posiadający szczególny potencjał do realizacji innowacyjnych przedsięwzięć) oraz promowanie rozwoju przedsiębiorczości akademickiej (rozwój firm spin-off, spin-out) [2].

Działania promocyjno-edukacyjne powinny również dotyczyć kwestii związanych ze stosowaniem i zarządzaniem własnością intelektualną – czynnikiem zdobywania przewagi konkurencyjnej. Szczególnie istotnym jest systematyczne podnoszenie świadomości przyszłej kadry intelektualnej kierowniczej w zakresie potrzeb i korzyści płynących z wdrożeń rezultatów badań proinnowacyjnych i rozwojowych. Działanie w tym obszarze powinny zostać ukierunkowane również na podnoszenie umiejętności marketingowych, zarządzania badaniami, pracami rozwojowymi i komercjalizacją wyników swych badań (w tym propagowanie podejścia projektowego) [3, 4].

### **Modernizacja kształcenia**

Wprowadzona reforma szkolnictwa wyższego i kariery naukowej zapewnia nowoczesny model kształcenia, wzmacnia autonomię programową szkół wyższych, które będą mogły tworzyć autorskie programy i kierunki studiów, integrujące wiedzę z zakresu różnych dyscyplin naukowych. Nowe mechanizmy wprowadzane są w oparciu o funkcjonujące w całej Europie tzw. Ramy Kwalifikacji. Istotą wdrażanych zmian jest koncentracja nie na procesie kształcenia ale na efektach kształcenia. Niebagatelnym będzie uzyskanie efektów kształcenia w trzech obszarach oddziaływań jednocześnie, tzn. wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych oraz personalnych, ta forma kształcenia studentów realizuje założenia wynikające z założeń kompetencji kluczowych, pożądanych na regionalnym, krajowym jak i europejskim rynku pracy.

Działalność innowacyjna na uczelni technicznej w głównej mierze dotyczy ludzi nauki którzy bezpośrednio w swej pracy wykorzystują wiedzę już zdobytą oraz doświadczenie zawodowe. Jednak bardzo szybki rozwój technik i technologii wspomagających procesy wytwórcze a w szczególności systemy CAX stwarzają możliwości włączenia do grup badawczych czy projektowych innych osób mających doświadczenie z innych obszarów badawczych lub wykazujących się znacznym potencjałem twórczym wraz z niekonwencjonalnym traktowaniem problemów.

Wynikiem tak modelowanych grup mogą stać się zespoły, które w swej działalności projektowo konstrukcyjnej będą korzystały z różnego typu zasobów wiedzy oraz tworzyły niestandardowe rozwiązania bazowe będące punktem wyjścia do wdrażania lub udoskonalania produktów.

### **Wdrażanie koncepcji innowacyjności w procesie kształcenia**

Proces kształcenia w uczelniach technicznych w przeważającym stopniu oparty jest na metodach podających. Ćwiczenie projektowe czy prace przejściowe, które w swym założeniu powinny realizować nowatorskie koncepcje rozwiązań skłaniają się bardziej do rozwiązań typowych z szczególnym uwzględnieniem prawidłowości toku postępowania. Nie należy negować tego typu metod kształcenia ponieważ wpływają one w swym całokształcie na tworzenie i rozwój licznych cech wynikających z synergizmu problemów z którymi mogą spotykać się przyszli inżynierowie. Założone schematy działań w niewielkim stopniu stwarzają możliwości kreatywnego działania. Propagowanie i wspieranie kreatywności powinno odbywać się wielokierunkowo i w wielu płaszczyznach oddziaływania. Studenci rozpoczynając kształcenie na uczelni technicznej powinni być wdrażani do intensywnego samokształcenia. Mentorzy-wykładowcy powinni odchodzić od typowych wykładów audytoryjnych wprowadzając wykłady problemowe, dyskusowanie problemów powinno być oczywiście poprzedzone pewnym przygotowaniem się słuchaczy do analizowanego tematu, czy zagadnienia, co stanowi dość często duży problem (brak wystarczającej ilości materiałów źródłowych). W rozwiązaniu tego problemu pomocne okazują się platformy edukacyjne (np. platforma Moodle). Narzędzia

tego typu poza funkcjami interakcyjnym z studentami umożliwiając wykładowcy ukierunkowanie przyszłego wykładu biorąc pod uwagę stopień zainteresowania danym tematem poprzez „liczbę pobrań” materiałów źródłowych. Korzystając z metod problemowych możemy zaproponować szeroki zakres tematyczny analizowanych zagadnień. Tego typu podejście stawia przed wykładowcą nowe zadania a mianowicie wielotorowe ukierunkowanie wykładu co niesie ze sobą możliwość otrzymania rozwiązania mało efektywnego czy wręcz przeciwnego pod względem ekonomicznym czy technologicznym. Końcowym etapem tak prowadzonego procesu powinna być merytoryczna ocena poszczególnych rozwiązań z umotywowanym wykluczeniem rozwiązań błędnych lub w znacznym stopniu odbiegających od założonych efektów.

### Projektowanie inżynierskie w doborze materiałowym

W projektowaniu inżynierski właściwy dobór materiałów stanowi ważny element w projektowaniu nowego produktu lub modyfikacji już istniejących rozwiązań technologicznych i materiałowych. Dobór materiałowy projektowanego wytworu jest procesem w którym powinien zachodzić dualizm w zakresie spełnienia koncepcji twórcy – projektanta jak i oczekiwań przyszłego odbiorcy czy użytkownika (rys. 1). Realizacja tego zadania w oparciu jedynie o doświadczeniu i wiedzę jest stosunkowo trudna ze względu na bardzo szeroki wachlarz obecnie stosowanych materiałów konstrukcyjnych (obecnie w użyciu jest około 10 tys. materiałów dostępnych na rynku), a przeciętny inżynier konstruktor wykorzystuje w swej pracy twórczej od 50 do 100 i najczęściej z określonej grupy materiałowej. Należy podkreślić, że dobór materiału ma kluczowy wpływ na również na koszty części i podzespoły projektowanego produktu [5]. Nieracjonalne zwiększanie wytrzymałości lub trwałości często prowadzi do zmiany technologii wytwarzania lub zakupu nowych specjalistycznych maszyn i urządzeń. Kolejnym elementem jaki należy brać pod uwagę jest zasada zrównoważonego rozwoju, realizacja której wynika z zastosowania w wytwarzaniu materiałów z różnych grup materiałów inżynierskich. Zasada ta dotyczy również kwestii związanych z odpadami z

niewykorzystanych materiałów oraz substancji stosowanych w procesach technologicznych. Ważnym elementem jest również zagadnienie wpływu zużytego produktu na środowisko gdyż często materiały z jakich jest wykonany nie mogą być ponownie przetwarzane a ich utylizacja wiąże się z utrudnieniami technologicznymi lub zagrożeniami ekologicznymi.

Właściwy dobór materiałowy powinien uwzględniać wiele czynników z których dominujące to *zależność między wymaganiami dotyczącymi kształtu wyrobu a cechami materiału proponowanego przez konstruktora* [6].

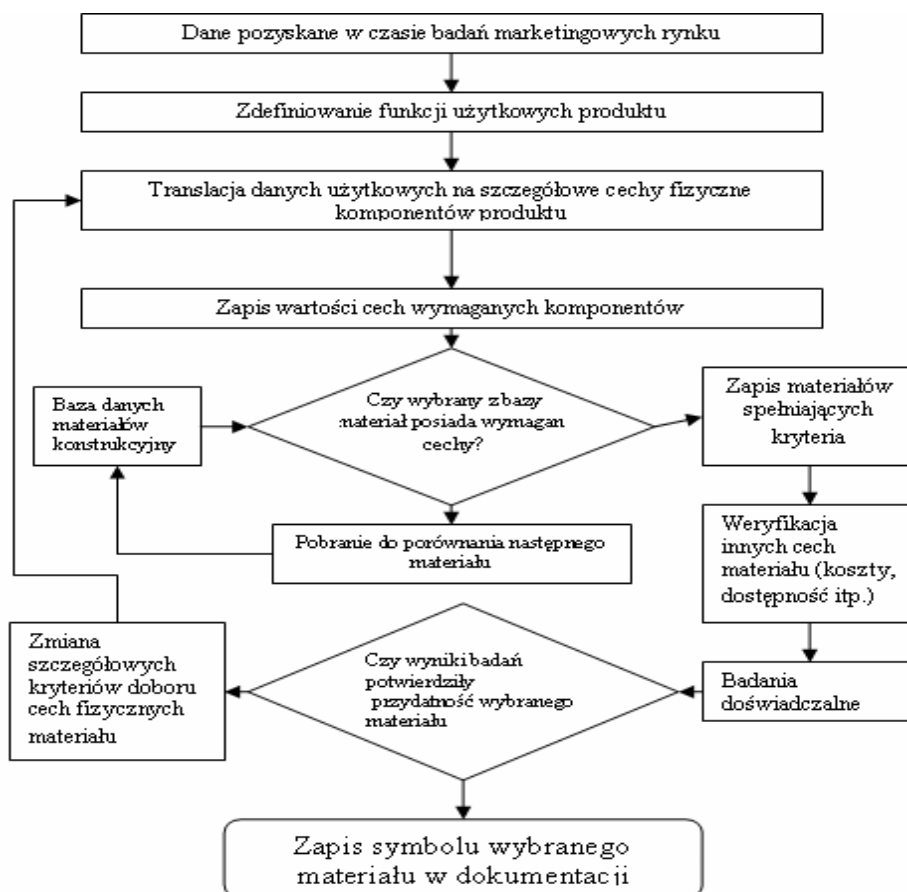
Wykonując analizę wytrzymałościową wyrobu dokonuje się wszelakiego rodzaju obliczeń z uwzględnieniem wskaźników lub innych parametrów korygujących a mających na celu zwiększenie niezawodności i wytrzymałości. Wpływają one na wartości przekrojów i mas obliczanych elementów, głównie na ich zwiększenie. Wielkości te można weryfikować zachowując cechy użytkowe poprzez zmianę materiału lub komponentu z jakiego jest wykonany na bardziej wytrzymały. Należy w tym punkcie uwzględnić również aspekt ekonomiczny:

- Rodzaj potencjalnego uszkodzenia w czasie eksploatacji i po jakim czasie może ono nastąpić. Stanowi ono główne kryterium oceny użyteczności oraz element na który przyszli użytkownicy zwracają szczególną uwagę ponieważ wiąże się to z nieprzerwanym użytkowaniem oraz potencjalnymi kosztami napraw i przestojów produkcyjnych. Wpływa to również na kreowanie odpowiedniego wizerunku marki i poziomu zaufania do niej.

- Masa i wymiary gabarytowe produktu są szczególnie istotne w dobie obecnej globalizacji gdzie półprodukty lub części do zespołów są niejednokrotnie wytwarzane w różnych częściach świata i ich transport do miejsca montażu wiąże się z zapewnieniem odpowiedniego transportu. Wymiary zewnętrzne jak i masa odgrywają tu znaczącą rolę, dlatego też elementy o niewielkich wymiarach (np. elementy łączne) wykonywane są ze standardowych półfabrykatów oraz zgodnie z obowiązującymi normami. Natomiast elementy wielkogabarytowe (typu korpusy) wykonuje się jako jednostkowe najczęściej w miejscu montażu. Jednak często wprowadza się odstępstwa od tej zasady uwzględniając np. wielkość produkcji gotowego wyrobu czy brak możliwości transportowych.

- Skala produkcji wyrobu determinuje wykorzystywane materiały gdyż często konstruktor projektując dobiera materiały którymi aktualnie dysponuje, gdyż zamawianie lub wytwarzanie może być bardzo kosztowne lub czasochłonne a czasami wręcz nieosiągalne. Wiąże się to

również z technologiami wytwarzania dla określonej wielkości produkcji np. odlewnictwo metali i stopów, formowanie wtryskowe polimerów związane jest z wykonaniem bardzo drogiego oprzyrządowania.



Rys. 1. Model doboru materiału dla nowatorskiej konstrukcji [4]

- Możliwość modyfikacji cech już produkowanego produktu związane jest z nadaniem mu nowych cech użytkowych poprzez zmianę np. materiału z jakiego są wykonane niektóre elementy. Modyfikacji takich dokonuje się najczęściej w wyniku powtarzających się istotnych usterek lub celem oprawy atrakcyjności produktu.

### Modele projektowania materiałowego

Własności materiałów stosowanych w konstrukcjach są zależne od struktury i jakich składu chemicznego materiałów oraz warunków w będzie eksploatowany konstruowany wyrób. Na podstawie wiedzy

zgromadzonej przez badaczy z obszaru inżynierii materiałowej można budować systemy informatyczne wspomagające inżyniera konstruktora w racjonalnym doborze materiału konstrukcji.

Powszechnie są stosowane dwa modele postępowania:

- dobranie w pierwszej kolejności materiału konstrukcyjnego a następnie zaproponowanie takiej technologii, która zapewni uzyskanie pożądanых cech wyrobu;

- wybór technologii, a następnie dobrane takich materiałów, które najlepiej dadzą się przetwarzać w procesach technologicznych.

Zastosowanie w projektowaniu pierwszego czy drugiego przypadku wymaga zgromadzenia w

bazach danych szczegółowych informacji o tych cechach które mogą wpływać na podjęcie decyzji. Doboru powinno się dokonywać na podstawie optymalizacji wielokryterialnej wykorzystującej właściwości i cechy materiałów[7]. Charakter własności wraz z poziomem ich istotności zostały opracowane i na ich podstawie dokonano podziału na własności kluczowe w procesie projektowania (grupa I) oraz własności uzupełniające (grupa II) [4]. W praktycznym działaniu projektowym wykorzystywane są właściwości z obu obszarów niemniej jednak właściwości priorytetowe są rozpatrywane jako bazowe gdyż na ich podstawie określone są główne cechy wyrobu.

Cechy te zostały opracowane i na podstawie dostępnej wiedzy można wyodrębnić cztery etapy doboru materiału konstrukcyjnego [8]:

- podjęcie decyzji czy projektowany element maszyny lub urządzenia będzie wytwarzany ze stopów metali, materiałów polimerowych ceramicznych, czy kompozytowych. Decyzje tego typu zapadają w wstępnym etapie projektowania konstrukcji.

- wybór technologii formującej surowiec lub półprodukt. Jeżeli wybrano stopy metali to w następnej kolejności należy określić czy będzie to formownie przez odlewanie, obróbkę plastyczną. Natomiast w przypadku wyboru tworzyw polimerowych wybór technologii zależy od tego czy tworzywo ma cechy termoplastyczne czy termo utwardzalne

- określenie szczegółowej kategorii materiału polegającej na sprecyzowaniu jakiego jest gatunku, czy np. jest to stal konstrukcyjna stopowa, konstrukcyjna do ulepszania cieplnego itd.

- ostatnim etapem jest wskazanie konkretnego materiału przez podanie symbolu oznaczenia lub cechy.

Wybór konkretnego rozwiązania materiałowego związany jest z uwzględnieniem dwóch modeli sytuacyjnych:

Pierwszy wariant - dotyczy doboru materiałów dla nowych produktów i w tym przypadku należy dokładnie określić funkcje użytkowe projektowanego wyrobu z punktu widzenia użytkownika i wyznaczyć te cechy konstrukcyjne, które są odpowiedzialne za pełnienie złożonych funkcji. Do grupy tych cech zaliczamy wytrzymałość mechaniczną, twardość, odporność na oddziaływanie czynników otoczenia itp. W tej grupie czynników należy również uwzględnić

informacje dotyczące skali produkcji oraz dane dotyczące dokładności wykonania i technologiczności materiału.

Ostateczny wybór szczególnie w sytuacji projektowania konstrukcji nowatorskich i prototypowych często jest podejmowany po wnikliwym przebadaniu laboratoryjnym przyjętych rozwiązań [9]. Obszarem w którym tego typu rozwiązania są powszechne jest przemysł samochodowy, lotniczy oraz dziedziny w których przyszli użytkownicy mogli by być narażeni na utratę zdrowia lub życia.

Drugi wariant - dotyczy doboru materiałów odmiennych od już zastosowanych w wytwarzanym produkcie należy opracować model analizy racjonalnego wyboru. Przesłanką do weryfikacji pierwotnego rozwiązania powinny stanowić przyczyny dla których podjęto decyzję o modyfikacji. Najczęściej są to wskazania eksploatacyjne np. duża liczba awarii lub podążanie za trendem w stylu np. zmiana linii nadwozia w samochodach. Przyczyną takiej decyzji może być też brak cech wyrobu, które zaproponowała konkurencja, konieczność poprawy wizerunku wyrobu na rynku lub jego trwałość. Przykładem może tu być podnoszenie okresu gwarancji producenta na swoje wyroby np. urządzenia grzewcze typu kotły czy wkłady kominkowe w których wprowadza się do produkcji materiały o innych charakterystykach wytrzymałościowych w porównaniu z rozwiązaniem pierwotnym. Wiąże się to oczywiście z dodatkowymi kosztami lecz znacznie podnosi wiarygodność i poziom zaufania.

Podstawową informacją jaką musi dysponować konstruktor, jest zbiór cech obecnie stosowanego materiału oraz wymagania procesu technologicznego i ponoszone koszty w produkcji. Analiza porównawcza stanu obecnego konstrukcji z oczekiwanym po wprowadzonej modernizacji prowadzi do ponownego określenia zarówno zbioru materiałów, jak i technologii niezbędnych do realizacji zdania [10].

### Opracowanie dedykowanych narzędzi

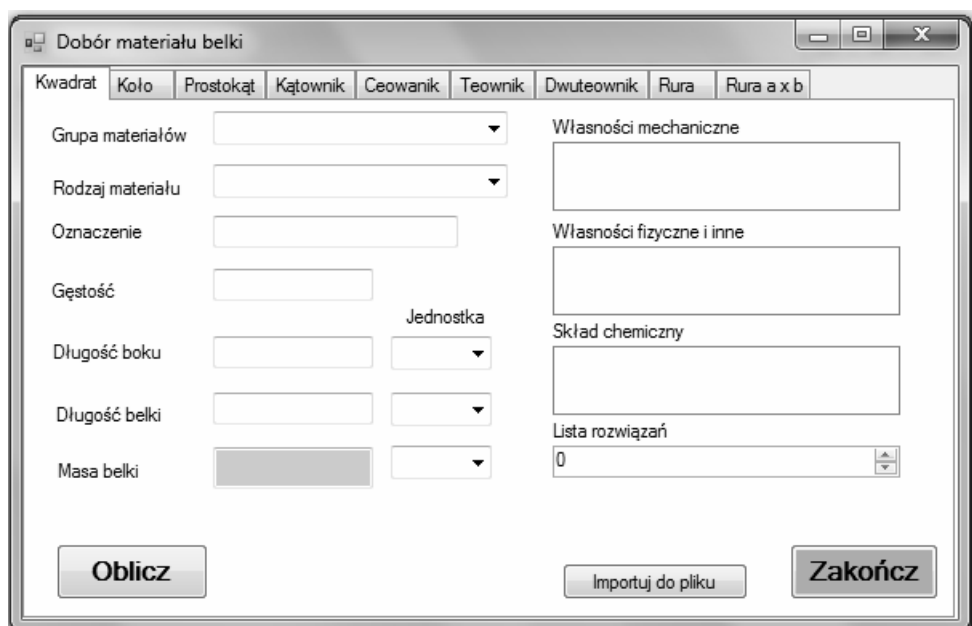
Środowisko programistyczne Visual Basic 2010 stanowi rozszerzenie zakresu umiejętności z zakresu programowania studentów na kierunkach technicznych. Za podstawę przyjęto znajomość algorytmów i procedur które występują w programach nauczania szkół

średnich wszystkich typów. Wychodząc z takiego założenia oraz uwzględniając założenia Krajowych Ram Kwalifikacji na kierunkach technicznych odnośnie nabycia wiedzy i umiejętności z zakresu języków programowania zaproponowano rozszerzenie programu kształcenia o elementy programowania obiektowego języka wysokiego poziomu jaki jest VB. Środowisko to podobnie jak i inne tego typu rozwiązania umożliwiają studentom tworzenie dedykowanych narzędzi w sposób efektywny i efektowny dzięki czemu uwaga skierowana jest na zakres uzyskanych dzięki niemu możliwości wsparcia procesu projektowego. Tworzone narzędzia poddawane są ciągłym przeobrażeniom i modyfikacjom co związane jest ze specyfiką procesu twórczego, który często wykracza poza ramy czasowe zajęć w związku z czym studenci zobligowani są do poświęcenia czasu z godzin „niekontaktowych”. Wsparciem dla tej formy aktywności są narzędzia pracy zespołowej polegającej na stworzeniu wirtualnej

przestrzeni roboczej typu wirtualne biuro (Microsoft Groove®). Umożliwia ona udostępnianie plików, zawiera panele dyskusyjne, formularze i inne narzędzia do wymiany informacji różnej formie.

### Opracowanie założeń do zadań i weryfikacja koncepcji rozwiązań

Studenci w czasie zajęć korzystają z już opracowanego oprogramowania CAMD uzupełniając nim autorskie aplikacje projektowane w czasie zajęć. Na rys. 2 przedstawiono jedną z wersji zadań dotyczących obliczania masy elementów konstrukcyjnych. Studenci w czasie zajęć otrzymują zadania w postaci szczegółowego opisu na podstawie którego tworzą własne rozwiązania problemu. Duży nacisk jest położony na jednoznaczność wykonania, uniwersalność funkcjonalność a także na możliwość dalszego rozwoju projektu.



Rys. 2. Okno dialogowe jednej z wersji rozwiązań zadania projektowego

Na kierunku Inżynieria Materiałowa większość zadań dotyczy problemów związanych z zastosowaniem materiałów w specyficznych warunkach użytkowania (np. temperatura, agresywne środowisko chemicznie lub biologicznie). Kolejną grupą tematyczną realizowaną na drugim stopniu kształcenia są zadania związane z wspomaganie procesu projektowania materiałowego gdzie studenci

wykorzystują w jednym zadaniu projektowym kilka aplikacji takich jak program do obliczeń inżynierskich, materiałową bazę danych oraz narzędzia autorskie. Wprowadza się tu również elementy SNN jako instrumenty weryfikacji przyjętych hipotez i koncepcji badawczych.

W procesie projektowym jest wykonywane opracowanie bardziej lub mniej uszczegółowionych danych wyjściowych, koniecz-

nych dla rozwiązania zadań (problemów). W rezultacie takiego opracowania, opartym na odpowiednich metodach [1], zostaje przedstawiona dokumentacja techniczna, która w sposób maksymalny odpowiada postawionym wymaganiom.

Jakość rezultatów projektowania w znacznym stopniu zależy od subiektywnych czynników, np. intuicji i kwalifikacji studentów-projektantów.

### Ocena użyteczności rozwiązania

Zaproponowana forma pracy ze studentami została wprowadzona eksperymentalnie na kierunkach które w efektach kształcenia zawierają treści dotyczące analizy i doboru materiałów konstrukcyjnych. Grupy te zostały wybrane losowo aby w jak największym stopniu były reprezentatywne i stanowiły podstawę analiz. Wybrane kierunki to Inżynieria Materiałowa (30 osób) oraz Mechanika i Budowa Maszyn (30 osób).

Ocenę rozwiązań prowadzono w oparciu o założenia procesu tworzenia metody a dotyczyły one kolejnych jej etapów:

- analiza informacji wejściowej i określenie zadania;
- wybór jednego albo kilku odpowiadających wariantów z licznej grupy dopuszczalnych rozwiązań z uwzględnieniem najważniejszych wymagań;
- wstępna kalkulacja parametrów dla wyboru wariantów, ocena ich jakości w celu wyboru najlepszego wariantu rozwiązania;
- dokładne obliczanie i optymalizacja wybranego wariantu;
- opracowanie dokumentacji technicznej (nieobligatoryjne).

Podczas przeprowadzania oceny jakości projektu kierowano się określonymi grupami wymagań: obowiązkowe, minimalne oraz pożądane (nie obowiązkowe ale takie które chcielibyśmy, aby były spełnione).

Oceniane rozwiązania otrzymywały określoną liczbę punktów przyznawanych przez studentów nie biorących udziału w projekcie.

### Podsumowanie i wnioski

Ocenę prowadzonych zajęć dokonano na podstawie anonimowej ankiety zawierającej 20 pytań w tym pytania otwarte i zamknięte. Ankieta została przeprowadzona po zakończeniu zajęć i dotyczyła wykładów oraz

zajęć laboratoryjnych. Pytania zawarte w ankiecie zostały pogrupowane i dotyczyły metod kształcenia, doboru tematyki projektowej, metod aktywizacji, możliwości wykorzystania posiadanej już wiedzy z innych dziedzin, wykorzystania technologii IT w procesie dydaktycznym.

W ankiecie podsumowującej w pytaniach dotyczących zaproponowanych metod kształcenia 67% ankietowanych uznało za atrakcyjne ze względu na ich duże zróżnicowanie w połączeniu z ilością przekazywanej wiedzy. Natomiast 19% uznało że ilość materiału jest zbyt duża i trudna do przyswojenia, pozostała część nie miała zdania. W pytaniach dotyczących tematyki projektów większość 72% wskazała na duże zróżnicowanie i atrakcyjność tematu 9% jako nieatrakcyjne (jako uzasadnienie podawano brak ewentualnego powiązania z ich przyszłą pracą). Metody aktywizujące w odczuciu studentów były niewystarczające gdyż tylko 47 % uznało je za odpowiednie, natomiast 17% za nadmiernie absorbujące, pozostała część nie miała zdania. Jeśli chodzi o wykorzystanie posiadanej wiedzy to 32% ankietowanych odwoływało się w swoich projektach do posiadanej już wiedzy np. ze szkoły średniej lub wynikała ona z pasji lub zainteresowań. Wykorzystanie technologii informacyjnych i komunikacyjnych w realizacji zadań oceniono bardzo pozytywnie ponieważ 87% uznało ten element jako bardzo istotny w pozyskiwaniu informacji jak i narzędzie niezbędne w pracy zespołowców zdecentralizowanych przy zachowaniu ich pełnej funkcjonalności. W uzasadnieniu najczęściej podawano wszechstronne możliwe ich wykorzystanie w dalszym procesie kształcenia jak i w pracy zawodowej.

Zaproponowany model kształcenia wprowadzony eksperymentalnie wskazuje możliwy kierunek działań w procesie dydaktycznym na uczelni technicznej co potwierdza znaczne zaangażowanie studentów podczas zajęć w analizowanych grupach. Wymaga on znacznego wkładu pracy osób będących „mentorami” wskazującymi kierunek działań studentów czy słuchaczy. Wiedza i doświadczenie tych osób muszą jednak znacznie wybiegać poza daną tematykę przedmiotu aby unikać przypadków trudnych lub nie posiadających rozwiązania z technicznego punktu widzenia (przypadek ślepej uliczki).



## BIBLIOGRAFIA

1. Budzyńska A. i inn., *Strategia Lizbońska. Droga do sukcesu zjednoczonej Europy*, Departament Analiz Ekonomicznych i Społecznych Urzędu Komitetu Integracji Europejskiej.
2. Derlukiewicz N., *Unia innowacji jako sposób na zwiększenie innowacyjności gospodarki europejskiej*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 2011 nr 241, s. 355-365.
3. Koziński J., *Człowiek oświecony czy innowacyjny*, Kwartalnik Pedagogiczny 1/1987, s. 3-16
4. Krzysztofek K., Szczepański M., *Zrozumieć rozwój*, UŚ, Katowice 2002.
5. Orłowski C., Lipski J., Loska A., *Informatyka i komputerowe wspomaganie prac inżynierskich*, Wyd. PWE, Warszawa 2012.
6. Dobrzański L.A., *Materiały inżynierskie w projektowanie materiałów. Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo*, WNT, Warszawa 2006.
7. Montusiewicz J., *Wspomaganie procesów projektowania i planowania wytwarzania w budowie i eksploatacji maszyn metodami analizy wielokryterialnej*, Wyd. PL 2012.
8. Dobrzański L.A., *Materiały inżynierskie w projektowanie materiałów. Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo*, WNT, Warszawa 2006.
9. Dobrzański L.A., *Zasady doboru materiałów inżynierskich z kartami charakterystyk*, Politechnika Śląska, Gliwice 2001
10. Dobrzański L.A., *Podstawy metodologii projektowania materiałowego*, Politechnika Śląska, Gliwice 2009.