

Wojciech TARNOŃSKI

METODOLOGIA PROJEKTOWANIA JAKO PRZEDMIOT AKADEMICKI

Streszczenie. Scharakteryzowano proces projektowania technicznego. Wskazano na jego niealgorytmiczność oraz podkreślono rolę i powszechność społeczną procesu, a jednocześnie na stale rosnące wymagania. Obecny stan projektowania uznano za niezadowalający. Biorąc pod uwagę znaczną liczebność zawodowej grupy projektantów, rosnące wymagania stawiane rezultatom ich pracy i brak możliwości przekazania studentom pełnej wiedzy przedmiotowej o wszystkich maszynach i procesach, uzasadniono tezę, że jest możliwe i celowe uczenie metodologii projektowania na studiach technicznych. Zaproponowano program takiego przedmiotu, oparty na wieloletnim doświadczeniu autora w tym zakresie.

WSTĘP

Organizowanie i wykonywanie projektowania jest podstawowym zadaniem każdego inżyniera: nie tylko projektanta czy konstruktora, lecz także technologa, organizatora produkcji, pracownika zaplecza naukowo-badawczego itp. Projektowanie występuje także w medycynie, w administracji, w wojsku i wielu innych dziedzinach, jest więc powszechnie spotykanym zjawiskiem społecznym. Jednocześnie spełnia ono doniosłą rolę tworząc otoczenie człowieka. Wynika stąd ważność uczenia projektowania.

Zadaniem niniejszego artykułu jest przedyskutowanie celów metodologii projektowania jako przedmiotu akademickiego oraz zaproponowanie programu takiego przedmiotu.

DEFINICJA PROCESU PROJEKTOWANIA

Proces projektowania można zdefiniować jako całokształt działań zmierzających do zaplanowania najefektywniejszego sposobu zaspokojenia określonej potrzeby. Jest to proces przetwarzania i generowania informacji. Informacja wejściowa o potrzebie i o otoczeniu (czyli o warunkach zaspokajania potrzeby) jest z reguły niepełna i często o niskim poziomie wiarygodności. Informacja wyjściowa ma być na takim poziomie szczegółowości, aby wystarczała do fizycznej realizacji projektowanego obiektu i jednoznacznie określała sposób jego eksploatacji. Proces projektowania kontynuowany jest tak długo, aż powstanie dostateczne przekonanie o poprawności i opty-

malności uzyskanego rozwiązania. Projektowanie rozpoczyna się od sformułowania potrzeby i określenia celu i zakresu projektowania (zadania projektowego). Obiektem projektowania jest zwykle pewien system zaspokajania potrzeby, będący systemem przetwarzania masy, energii lub informacji; w szczególnym przypadku może to być jakiś proces (np. proces przetwórczy) lub urządzenie (np. obrabiarka).

Inne definicje projektowania, na ogół dość lapidarne, znaleźć można w [7].

Charakterystyczne dla projektowania jest między innymi to, że:

- 1) celem jest obmyślenie tego, czego jeszcze nie było (stąd wynika konieczność stosowania metod heurystycznych lub innych działań twórczych) oraz konieczność programowania i symulowania;
- 2) brak jednoznacznych modeli samego procesu projektowania;
- 3) informacja wejściowa jest niepełna;
- 4) najczęściej brak pełnego modelu matematycznego projektowanego obiektu i procesów z nim związanych, co powoduje, że proces projektowania da się algorytmizować tylko częściowo;
- 5) ekonomiczne i pozaekonomiczne skutki złych rezultatów projektowania mogą powodować wielkie straty;
- 6) projektowanie nie jest procesem autonomicznym; jest elementem większego systemu zaspokajania potrzeby, obejmującego (prócz projektowania) także proces wytwarzania i eksploatację.

Charakterystyka projektowania dyskutowana jest w każdej pracy monograficznej dotyczącej metodologii projektowania, np. w [1], [2], [3], [6], [9], [11].

UWAGI O STANIE PROJEKTOWANIA W PRAKTYCE

Projektowanie można uważać za pewien system, w którym przedmiot projektowania, podmiot projektowania i proces są elementami. Stan projektowania można charakteryzować liczbą zatrudnionych projektantów, ich kwalifikacjami, stażem pracy, wyposażeniem zaplecza projektanta, stosowanymi metodami, jakością projektów, wartością produkcji biur, rolą w gospodarce itd.

Interesująca może być sytuacja w Polsce nr tle sytuacji w innych krajach. Niestety nie publikuje się wystarczających danych. Ograniczymy się tu do oceny subiektywnej, opartej na opiniach samych projektantów (słuchaczy kursów podyplomowych) oraz na danych statystycznych zebranych w kraju przez BIPROHUT w Gliwicach i informacjach zawartych w Roczniku Statystycznym 1982.

Słyszany się powszechne narzekanie na jakość projektowania, podaje się przy tym różnorakie przyczyny. Jedną z nich upatruje się w niewielkich kosztach normatywnych projektowania, np. w projektowaniu inwestycyjnym do-

puszczano w Polsce koszt dokumentacji 1,5 - 3% całkowitej wartości inwestycji (gdy tymczasem za granicą - do 30%).

Rola projektanta w życiu gospodarczym kraju jest oczywista: z wyjątkiem zakupów licencyjnych, wszystkie urządzenia i procesy są projektowane i o ich jakości decyduje projektant. Zauważmy, że jeśli inny decydent określa np. wymagania projektowe, staje się wówczas projektantem.

W 1979 r. było w Polsce 1520 jednostek projektujących (samodzielnych lub włączonych do kombinatów), w tym 303 biur projektów (1975 r.) w których zatrudniano 153,6 tys. osób (przeciętnie 20% stanowiła administracja).

Według Rocznika Statystycznego 1982, w 1981 r. w 855 jednostkach rozwojowych pracowało 67 tys. osób, w tym około 22 tys. z wyższym wykształceniem. W tym samym czasie było ok. 59 tys. osób zatrudnionych w biurach projektowych bezpośrednio przy projektowaniu. Brak danych o biurach konstrukcyjnych przyzakładowych.

Minimalnie szacując, było zatem ponad 150 tys. osób wykonujących zawodowo funkcję projektanta (czy konstruktora), co stanowi ok. 16% osób zatrudnionych z wyższym wykształceniem w Polsce. Jest to więc znaczna grupa zawodowa.

WYMAGANIA STAWIANE PRZEDMIOTOM, PODMIOTOM I PROCESOWI PROJEKTOWANIA [12], [13]

Wymagania stawiane obecnie różnią się od tradycyjnych nie tylko tym, że są coraz ostrzejsze. Pojawiają się wymagania jakościowo nowe, wynikające z tego, że ustawicznie rośnie wielkość projektowanych urządzeń i systemów w sensie rozległości i różnorodności obejmowanej tematyki, a także w sensie kompleksowości i ponoszonych kosztów, (np. kocioł parowy wczoraj i dziś).

Rośnie wielkość produkcji (seryjność), zatem rośnie zasięg określonej konstrukcji. Coraz więcej ludzi zainteresowanych jest wytworami o tej samej konstrukcji. Ewentualne błędy powielają się, np. w projektach budynków typowych czy środkach transportu.

Rośnie różnorodność i siła powiązań projektowanych urządzeń i systemów z otoczeniem. Są to powiązania nie tylko technologiczne, ale także ekonomiczne, społeczne, kulturalne i wpływ na naturalne środowisko.

Ponadto żąda się coraz krótszych czasów projektowania. Wynika to nie tylko z doraźnej sytuacji rynkowej (konkurencja wśród jednostek projektujących), lecz także z szybkiego ekonomicznego i "moralnego" starzenia się konstrukcji, spowodowanego szybkim postępowaniem w metodach wytwarzania i szybkimi zmianami warunków eksploatacji.

Powyższe żądania w stosunku do rezultatów projektowania narzucają nowe wymagania dla systemu projektującego:

- 1) konieczność angażowania dużej liczby projektantów do jednego zadania;
- 2) konieczność angażowania specjalistów z różnych dziedzin do jednego zadania;
- 3) konieczność angażowania dużych środków finansowych;
- 4) najwyższa jakość projektowania.

Z tych wymagań wynikają nowe żądania w stosunku do procesu projektowania, np.:

- konieczność starannego planowania procesu, dekompozycji zadań i koordynacji prac różnych zespołów;
- umożliwienie współuczestnictwa osobom spoza zespołu projektującego;
- potrzeba wykorzystania najnowszych metod projektowania i komputerowego wspomaganie projektowania;
- niezbędność optymalizacji działań projektowych ze względu na czas i koszty;
- racjonalizacja zbierania i przechowywania informacji;
- umożliwienie efektywnej pracy osobom o mniejszym talencie i doświadczeniu.

Prognoza co do wymagań jest następująca. Malejące zasoby energetyczne i materiałowe na kuli ziemskiej powodują, że będą rosły wymagania w stosunku do projektowanych obiektów. Będą one musiały być coraz bardziej "globalnie" optymalne, a stąd wynika konieczność indywidualnego projektowania obiektów optymalnych w określonych warunkach. Spowoduje to wzrost liczby projektantów, a zatem spadek przeciętnego poziomu utalentowania i predispozycji naturalnych do pracy twórczej. Wzrośnie zatem rola kształcenia w zakresie projektowania.

BARIERY PROJEKTOWANIA I WARUNKI SUKCESU

Proces projektowania jest procesem intelektualnym, twórczym. W związku z tym trudno poddaje się badaniu i racjonalizowaniu. Stosunek badaczy do tej sprawy leży między dwoma skrajnymi postawami: "tradycyjną" i "cybernetyczno-mechanicystyczną". Tradycyjnie uważa się, że proces twórczy jest tajemniczą i nie poddającą się badaniu działalnością człowieka, że jego przebieg i rezultaty zależą tylko od talentu, wyobraźni, zdolności kojarzenia, pamięci i inwencji twórczej i wreszcie, że nie może być nauczany wprost (lecz tylko na przykładach) ani wspomagany sztucznymi środkami (np. komputerem). Skrajnie przeciwny jest pogląd, że proces projektowania (jak inne procesy intelektualne, np. rozpoznawanie obrazów) może być w pełni opisany formalnie [17] i że można zbudować układ sztucznej inteligencji, zdolny do zastąpienia projektanta - człowieka (np. General Problem Solver - GPS [4, s. 144]).

W rzeczywistym projektowaniu występuje szereg czynników utrudniających. Można je podzielić na dwie grupy [6]: czynniki wewnętrzne, wynikające z indywidualnych cech i postawy projektanta oraz zewnętrzne, wynikające z określonej sytuacji, w której on się znajduje.

Do czynników wewnętrznych zaliczyć można [14]:

- 1) Myślenie stereotypami: automatyczne kojarzenie określonych rozwiązań z określonymi funkcjami, upór przy trzymaniu się znanych rozwiązań.
- 2) Atakowanie nowych problemów za pomocą starych metod postępowania.
- 3) Praktycyzm, rutyna, doraźność, partykularność działania: rozwiązujemy problem taki, jak został podany, nie próbując go uogólnić.
- 4) Nadmierną specjalizację, powodującą to, że twórca patrzy na wszystkie problemy przez pryzmat swojej specjalności, a także to, że wie, jak dany problem jest rozwiązywany w jego dziedzinie i wie, dlaczego inne rozwiązania są niemożliwe.
- 5) Podatność na wpływy autorytetów, brak stanowczości własnych poglądów.
- 6) Nadmierny lęk przed krytyką otoczenia, obawa przed śmiesznością.
- 7) Przeświadczenie, że istnieje tylko jedno dobre rozwiązanie danego problemu, niepodejmowanie prób znalezienia rozwiązań alternatywnych.
- 8) Brak krytycyzmu co do narzuconych ograniczeń zewnętrznych, a także ograniczeń przyjętych przez samego twórcę: część z nich może okazać się ograniczeniami pozornymi.
- 9) Wygodnictwo, działanie po linii najmniejszego oporu, niechęć podejmowania wysiłku, obawa przed konfliktami z otoczeniem.
- 10) Brak prób kwestionowania tego, co wydaje się oczywiste.
- 11) Przedwczesna ocena i krytyka.
- 12) Negatywny stosunek do nowości: "to nie jest dobre, bo...", zamiast: "to będzie dobre, jeśli...".

Do czynników zewnętrznych (organizacyjnych) zaliczyć można [11]:

- 13) Zbyt pospieszne dążenie kierownictwa do uzyskania doraźnych efektów, bez uwzględnienia szeroko rozumianych strat społecznych.
 - 14) Brak zaufania kierownictwa do rozwiązań oryginalnych, niezrozumienia prawa twórcy do ryzyka i obowiązku podejmowania uzasadnionego ryzyka.
 - 15) Narzucania twórcom sposobu postępowania.
 - 16) Sztuczne hierarchiczne struktury organizacyjne.
 - 17) Niechęć przełożonych do przekazywania odpowiedzialności na niższe szczeble hierarchii służbowej.
 - 18) Brak ściśle sprecyzowanych celów organizacji lub sprzeczności wśród kierownictwa.
 - 19) Nieumiejętność ujawniania i popierania predyspozycji i postaw twórczych.
 - 20) Niewłaściwe wykorzystanie środków finansowych.
 - 21) Akceptowanie status quo
- i inne.

Jakie są warunki sukcesu projektowego? Rezygnując ze ścisłości sformułowań, można stwierdzić, że powodzenie projektanta zależy od:

- 1) nabytej wiedzy: przedmiotowej i metodologicznej oraz od doświadczenia;
- 2) włożonej pracy: czasu pracy i intensywności pracy;
- 3) wyposażenia stanowiska pracy (dostęp do literatury, ekspertów, laboratoriów, komputerów, warunków zewnętrznych stanowiska itp.);
- 4) talentu projektanta;
- 5) motywacji psychicznej i postawy projektanta, wiary w siebie;
- 6) metody postępowania.

Można więc stwierdzić, że przy niezmiennych pozostałych warunkach niedostatek talentu można zrekompensować adekwatną metodą działania. Z tego założenia wychodzą m.in. uczelnie artystyczne, ucząc odpowiednich metod pracy twórczej (np. metod rysunku, kompozycji itp.).

Metodologia projektowania ma wyposażyć twórcę w odpowiednią wiedzę (p. 1) i umożliwić mu zastosowanie najefektywniejszej metody działania (p. 6), rekompensując w ten sposób ewentualne inne niedostatki.

Metodologia projektowania przyczynia się do tworzenia odpowiednich metod projektowania, jest skutecznym narzędziem pokonywania barier i sprośnięcia rosnącym wymaganiom.

METODOLOGIA PROJEKTOWANIA

Metodologia projektowania jest nauką o procesie projektowania, w przeciwieństwie do metodyki projektowania, która jest uporządkowanym zbiorem metod wspomagających projektowanie określonej klasy obiektów. Metodologia jest więc teorią tworzenia metod i sposobów ich użytkowania [5], [10], mającą swoje pojęcia i prawa.

Metodologia projektowania stawia sobie cele badawcze i cele praktyczne [11, s. 17]. Te pierwsze to badania struktur procesu projektowania i badanie poszczególnych działań, dokonywanie uogólnień, stawianie i weryfikowanie hipotez. Cele praktyczne obejmują ustalenie optymalnych procedur działań elementarnych, proponowanie optymalnych struktur procesów projektowania i określanie optymalnych warunków działania systemów projektujących.

Inaczej mówiąc metodologia zajmuje się wyróżnianiem i definiowaniem rodzajów działań projektowych, identyfikacją ich celów i warunków, analizą i opisywaniem procedur właściwych tym działaniom.

Zatem metodologia projektowania dostarcza modeli deskryptywnych (opisujących stan rzeczywisty) i modeli normatywnych (postulujących nowe sposoby działania).

Utylitarne cele metodologii projektowania można podzielić na następujące zadania:

1. W zakresie dydaktyki dla projektantów i konstruktorów [15].
2. W zakresie formalizacji i algorytmizacji, co prowadzi do instrukcji lub norm projektowania, systemów i programów wspomaganie, np. CAD. Adresatami są informatycy i projektanci.
3. W zakresie organizacji procesu projektowania, co ułatwia kierowanie i planowanie procesu projektowania, adresatami są kierownicy.
4. W zakresie racjonalnego formułowania zadań projektowych - adresatami są potencjalni zleceniodawcy i decydenci.
5. W zakresie współpracy projektanta z innymi osobami, np. użytkownikami, ekspertami itp. (co jest szczególnie istotne w projektowaniu architektonicznym).

Już obecnie metodologia projektowania proponuje wiele metod o różnym stopniu ogólności i o różnym przeznaczeniu, opisywanych w opracowaniach monograficznych, np. [7], [3], [11], [1], [6], [16], [13].

Ze względu na postawę metodologiczną można wyróżnić dwie grupy metod [2]. Metody "pierwszej generacji" algorytmizują sam proces projektowania na gruncie badań operacyjnych. Narzuciły one deterministyczne ujęcie działań projektowych. Ich mechanycystyczne potraktowanie procesu twórczego i deterministyczne wymuszanie procedury projektowania spotkało się z silną krytyką, szczególnie wśród architektów. Odpowiedzią są metody "drugiej generacji", w których manifestuje się nowa postawa metodologiczna: otwarcie na wszystkie informacje dopływające podczas projektowania, programowy udział innych osób (użytkowników, ekspertów), niedeterminowanie z góry przebiegu procesu projektowania, dopuszczenie dyskusji, stymulowanie wątpliwości, wydobywanie ważnych i kontrowersyjnych kwestii. Autorzy pracy [2] piszą: "Podczas gdy w metodach "pierwszej generacji" głównym przedmiotem troski była strona technicznej sprawności metody, to w metodach "drugiej generacji" cała uwaga jest skierowana na zagadnienia deontyczne i sytuację konfliktową rozwiązywania problemu. Innymi słowy, przedmiotem tej generacji jest zagadnienie danych wejściowych dla metod "pierwszej generacji", np. miara i hierarchia kryteriów oceny jest polem zainteresowania metod "drugiej generacji", podczas gdy metody "pierwszej generacji" traktują tę kwestię jako już rozwiązaną lub trywialną, skupiając całą uwagę na technicznej procedurze oceny.

Tak więc wyraźnie widać, że metody "drugiej generacji" dążą do zbliżenia metodologii do zmiennych realiów praktycznych. Dotyczy to przede wszystkim projektowania w dużej skali, gdzie mamy do czynienia z problemami "źle-definiowanymi" ("illdefined" "ill-behaved", lub "wicked" problems) [2, s. 115].

DYDAKTYKA W ZAKRESIE METODOLOGII PROJEKTOWANIA

Zauważmy, że na wielu programach studiów technicznych ciąży XIX-wieczne założenie, że politechnika winna wyposażyć absolwenta w kompletną wiedzę inżynierską, wystarczającą do natychmiastowego podjęcia obowiązków zawodowych w pełnym zakresie, w dowolnym zakładzie pracy. Tymczasem nawet powierzchowna obserwacja pokazuje, że studenta można zapoznać tylko z niewielką częścią obiektów, procesów i metod szczegółowych, z jakimi przyjdzie mu zetknąć się w praktyce.

Wychodząc więc z trzech przesłanek:

- że zawodowa grupa projektantów i konstruktorów jest liczna i będzie rosnąć;
- że stawia się najwyższe wymagania rezultatom ich pracy;
- że nie jest możliwe przekazanie absolwentowi pełnej wiedzy o przedmiotach działań inżynierskich,

stawiamy podstawową tezę tego opracowania:

jest konieczne wprowadzenie do programu studiów technicznych przedmiotu poświęconego metodologii projektowania technicznego. Takie wysiłki są czynione w ostatnim dziesięcioleciu. Metodologia jest wykładana jako osobny przedmiot przez Sielickiego i Rohatyńskiego w Politechnice Wrocławskiej oraz przez Tarnowskiego w Politechnice Śląskiej (na Wydziale Automatyki i Informatyki i na Wydziale Architektury) i na Politechnice Warszawskiej (na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej). Jest też przedstawiana w ramach innych przedmiotów w charakterze podstaw projektowania, m.in. przez Dietrycha i Jaskółę w Politechnice Śląskiej, Lenkiewicza i Machowskiego w AGH, Osieńskiego w Politechnice Warszawskiej i innych.

Równia istotną formą kształcenia są studia podyplomowe, przeznaczone przede wszystkim dla praktykujących projektantów. Należy do nich zaliczyć zaprogramowany przez Rohatyńskiego i Chrostowskiego kurs "Metodologia i komputerowe wspomaganie projektowania maszyn" (organizowany przez SIMP Wrocław) oraz zaprogramowane przez Tarnowskiego "Studium w zakresie metod i techniki w projektowaniu technicznym" (organizowane już kilkunastokrotnie przez Ośrodek Postępu Technicznego w Katowicach). Należy też wspomnieć o dwukrotnie już zorganizowanych przez Rohatyńskiego szkołach metodologii konstruowania maszyn i konwersatoriach dla dyrektorów prowadzonych przez Dietrycha.

RAMOWY PROGRAM WYKŁADU Z METODOLOGII PROJEKTOWANIA

Na podstawie ponad 10-letniego doświadczenia można zaproponować następującą tematykę:

1. Metodologia projektowania: przedmiot, metoda, cele i charakterystyka.

2. Proces projektowania: charakterystyka, cele, wymagania i uwarunkowania. Definicje. Ujęcie informatyczne.

3. Charakterystyka zmiennych (właściwości i cechy konstrukcyjne, deterministyczne i probabilistyczne, ostre i rozmyte, ciągłe i dyskretne).

4. Potrzeba i zadania projektowe: Rodzaje, sposoby formułowania.

5. Struktura procesu projektowania (makrostruktura, mikrostruktura, dekompozycja).

Harmonogramowanie procesu, metody sieciowe, PERT. Metody naprowadzające (ARIZ, LAMECH).

6. Wymagania projektowe: źródła informacji, formalizacji, metody. Optymalizacja wymagań.

7. Poszukiwanie zbioru rozwiązań: założenia i cele metod heurystycznych, struktura procesu koncipowania, bariery twórczości. Synektyka Gordona, metoda Checklist, metoda superpozycji, analogii, gry słowami, rozwiązanie idealnego, Morfologia, drzewo rozwiązań, metoda nowych połączeń, metoda systemowa. Strategia etapu koncipowania, wybór metody.

8. Etap wyboru i decyzji. Wymagania, ograniczenia i struktura tego etapu. Tworzenie modelu matematycznego, ocena deterministyczna i losowa, losowa sekwencyjna. Ocena rozmyta. Ocena "subiektywna" i "obiektywna".

9. System wartości. Wymagania. Kryteria optymalizacji. Kryteria oceny. Tworzenie skalarnego kryterium optymalizacji. Funkcja użyteczności.

10. Polioptymalizacja, optymalizacja. Metody polioptymalizacji.

11. Charakterystyka systemu projektującego. Problemy kierowania zespołem projektującym. Struktura biur projektowych i konstrukcyjnych.

12. Inne zagadnienia związane: ochrona własności przemysłowej, ergonomia, normalizacja i typizacja, wzornictwo przemysłowe.

13. Wspomaganie komputerowe projektowania: uwarunkowania, możliwości, przykłady.

Program studium podyplomowego powinien być inny i zróżnicowany w zależności od charakterystyki i oczekiwań uczestników oraz od czasu i środków stojących do dyspozycji. Należy zwrócić uwagę na potrzebę ewentualnego wprowadzenia niektórych elementów matematyki i badań operacyjnych, np. rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej, teorii modelowania i symulacji, metod sieciowych, metod optymalizacji, teorii decyzji lub metod prognozowania. Warto zauważyć też możliwość wprowadzenia elementów teorii niezawodności i teorii eksploatacji, nauki o kierowaniu i ekonometrii. Bardzo ważne są problemy komputerowego wspomaganie projektowania.

PODSUMOWANIE

Proces projektowania jest powszechnym i ważnym zjawiskiem społecznym, angażującym wielu ludzi, decydującym o procesach gospodarczych. Stale rosną i będą rosły wymagania mu stawiane. Stąd wniosek, że należy uczyć wie-

dzy o tym procesie wszystkich inżynierów, na wszystkich kierunkach studiów. Szczególna rola przypada kształceniu podyplomowemu.

Znajomość metod projektowania umożliwia owocne projektowanie ludziom o małym doświadczeniu i talencie. Przyczynia się walnie do poprawy jakości projektowania i zmniejszenia jego kosztów. Umożliwia współpracę w zespołach projektowych i umożliwia formalizację zadań w systemach komputerowe-go wspomaganie projektowania.

Obecny stan metodologii projektowania umożliwia tworzenie szczegółowych metodyk projektowania, tzn. budowanie struktury procesu, wyróżnianie działań składowych i algorytmizację tych działań: proponowanie odpowiednich metod i metod wyboru metody w konkretnym przypadku.

Metodologia projektowania ma związek i korzysta z dorobku innych dziedzin nauki, a przede wszystkim z badań operacyjnych (teoria optymalizacji, teoria decyzji, teoria gier, teoria prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna) i innych, jak: teoria systemów, a także psychologia, prakseologia, informatyka i pedagogika.

LITERATURA

- [1] Bąbiński Cz.: Elementy nauki o projektowaniu. WNT, Warszawa 1972.
- [2] Dorosiński W., Gasparski W., Wrona S.: Zarys metodyki projektowania. Arkady, Warszawa 1981.
- [3] Dietrych J.: System i konstrukcja. WNT, Warszawa 1978.
- [4] Góralski A. (red.): Zadanie, metoda, rozwiązanie, zbiór I. WNT, Warszawa 1977.
- [5] Gasparski W.: O metodologii badań i projektowania systemowego. Materiały II Konferencji Metodologii Projektowania. PWN, Warszawa 1974.
- [6] Hill P.H.: The Science of Engineering Design. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, Chicago, San Francisco, London 1970.
- [7] Jones J.Ch.: Metody projektowania. WNT, Warszawa 1977.
- [8] Kociatkiewicz P., Rohatyński R., Sielecki A.: Ogólna metodologia projektowania jako przedmiot nauczania w uczelni technicznej. Prace Naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej, Nr 54, ss. 241-249, tom 2. Wrocław 1978.
- [9] Krick E.: Wprowadzenie do techniki i projektowania technicznego. WNT, Warszawa 1971.
- [10] Lenkiewicz W.: Metodologia w nauce konstrukcji. [w:] Metodologia nauki konstrukcji - problemy teoretyczne i praktyczne. Materiały konferencyjne. Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej, Wiśła, maj 1981.
- [11] Sielicki A., Jeleniewski T.: Elementy metodologii projektowania technicznego. WNT, Warszawa 1980.
- [12] Tarnowski W.: Systemowe projektowanie urządzeń automatyki na tle ogólnej metodologii projektowania. Materiały VII Krajowej Konferencji Automatyki, tom I, ss. 542-549, Rzeszów 1977.
- [13] Tarnowski W.: Model procesu wyboru w projektowaniu technicznym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Automatyka, z. 72, Gliwice 1984.

- [14] Tarnowski W.: Metody poszukiwania nowych rozwiązań, Materiały Międzynarodowej Kursokonferencji Naukowej "Analiza Wartości", TNOiK, Wrocław 1978.
- [15] Tarnowski W.: Engineering Design as a University Subject. International Congress on Engineering Education and New Professional Requirements. University of Pavia (Italy), Sept. 1978.
- [16] Tarnowski W.: Metodyka poszukiwania rozwiązań projektowych. Skrypt Politechniki Śląskiej (w przygotowaniu).
- [17] Tribus M.: Rational Descriptions, Decisions and Designs. Pergamon Press, New York, London, Sydney 1969.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ryszard Rohatyński

Wpłynęło do Redakcji: czerwiec 1983 r.

ЦЕЛЬ И ПРОГРАММА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

Р е з ю м е

Рассматривается процесс технического проектирования. Указано на его неалгоритмичность. Подчеркнута роль и общественная повсеместность этого процесса. Одновременно обращено внимание на постоянно растущие требования. Настоящее состояние проектирования признано неудовлетворительным.

Учитывая значительную численность профессиональной группы проектировщиков, растущие требования к результатам их труда и отсутствие возможности передачи студентам полных предметных знаний о всех машинах и процессах, оправдано тезис о возможности и целенаправленности преподавания методологии проектирования в технических вузах. Предложена программа такого предмета, основанная на многолетнем опыте автора в этой области.

TARGET AND PROGRAM OF ENGINEERING DESIGN AT UNIVERSITY

S u m m a r y

Features of the design process are outlined. It is pointed out, that the process is rather difficult for algorithmization and, at the same time, it is very common as a typical human activity. Its results dramatically effect all the society. It ought not to be performed fully intuitively. The present state of designing is estimated as unsatisfactory.

The three reasons are discussed, that a design methodology should and may be taught at every engineering faculty:

1^o higher products quality is demanded, hence requirements for a quality, time and costs of designing and its results are increasing,

2° more and more people is professionally involved in designing.

3° it is not possible to transfer the full knowledge to students about all machines and processes.

So it is worthwhile to teach the engineering design.

Finally, an educational program is proposed, that is based on the 12 years author's experience in this field.