

CZĘŚĆ II PRAKTYKA TECHNIKI

14. PROCES PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNY I JEGO STRUKTURA

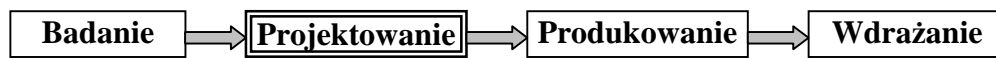
Cel wykładu



14. 1. Projektowanie w technice

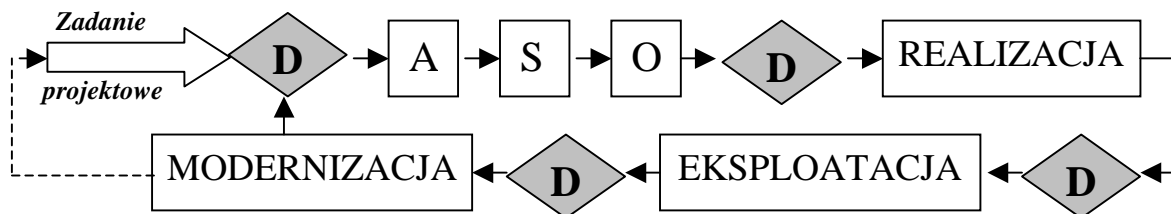
Projektowanie w technice jest działalnością twórczą z określonym udziałem prac rutynowych i może dotyczyć nowych lub modernizowanych: wyrobów.

Projektowanie to w istocie powstawanie nowych rozwiązań (konceptji). Traktować je można podobnie jak procesy twórcze, czyli tzw. innowacje. Podstawową ideą współczesnego przygotowania nowych rozwiązań (projektów) jest wyodrębnienie problematyki projektowania jako etapu przejściowego pomiędzy pracami naukow -badawczymi a rutynowym, techniczno-organizacyjnym przygotowaniem produkcji.



Proces projektowo-konstrukcyjny jest działaniem zorganizowanym, w którym uczestniczy konstruktor lub grupa konstruktorów oraz środki wspomagające pracę. Proces zawiera między innymi: ustalenie założeń wejściowych, dobór odpowiednich parametrów, wymiarów, dokonywanie obliczeń matematycznych, krytyczną analizę uzyskanych wyników, optymalizację rozwiązania. Najbardziej pracowite w projektowaniu są obliczenia oraz weryfikowanie rozwiązań.

Proces projektowania to ciąg czynności koniecznych do uzyskania projektu określonego wyrobu. Składa się z określonych operacji: analizy (A), syntezy (S), oceny (O) i decyzji (D).



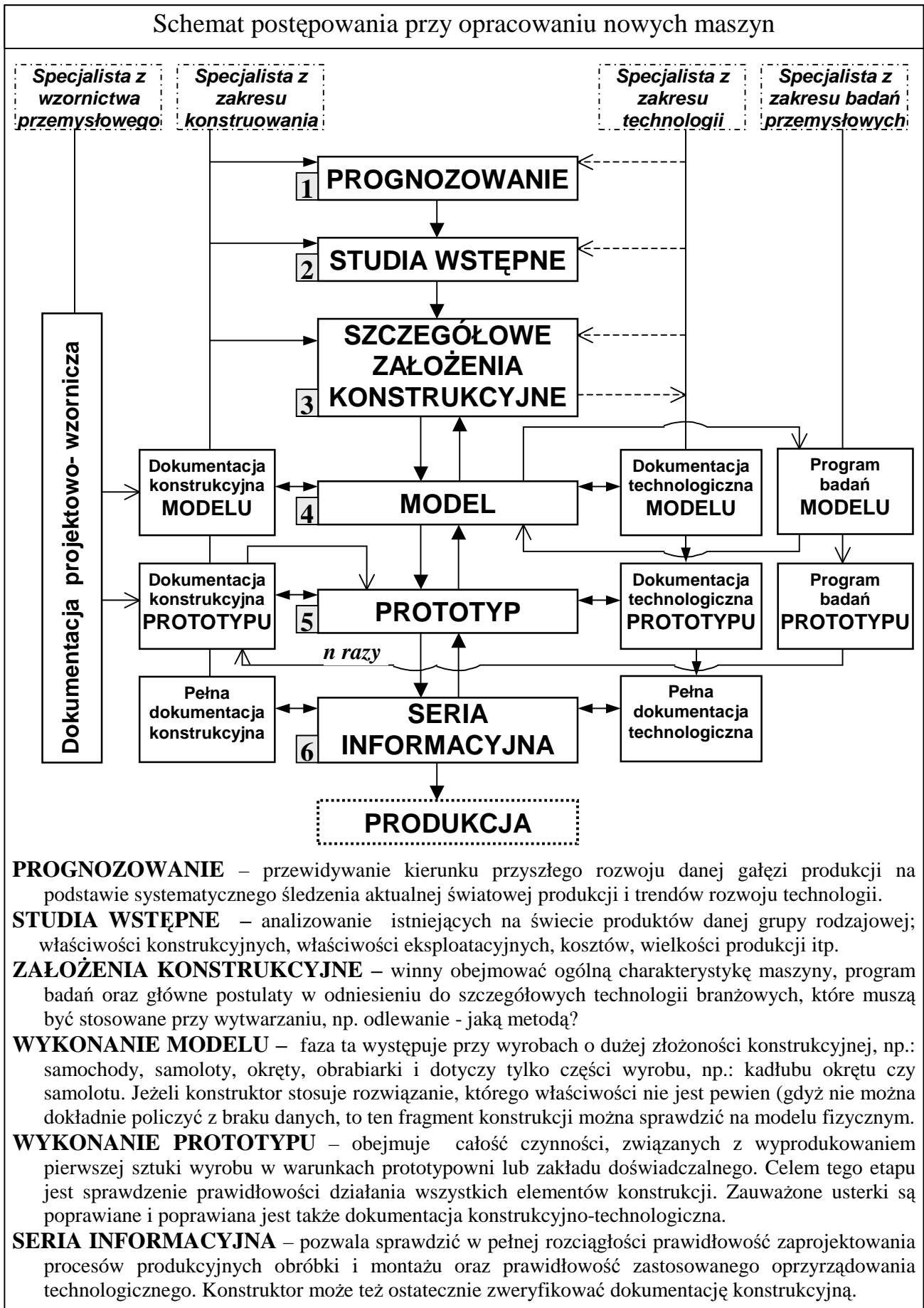
W poszukiwaniu wielu różnych rozwiązań dużą rolę spełniają predyspozycje projektanta, nabyte i wrodzone, takie jak: głęboka wiedza merytoryczna, inwencja i intuicja, nastawienie psychiczne (wiara w skuteczność swojej pracy) oraz wytrwałość. Wiedza z zakresu nauk podstawowych jest warunkiem niezbędnym, lecz niewystarczającym. Potrzebne jest jeszcze stosowanie techniki informatycznej i określonej strategii.

Strategia projektowania – to zespół reguł podporządkowujących określone działania każdej konkretnej sytuacji, jaka może wystąpić w trakcie procesu projektowania. Może być:

- **diagnostyczna** – przeprowadza się analizę istniejącej sytuacji, dokonuje oceny i drogą syntezy tworzy nowe lepsze rozwiązania. Na tej strategii oparta jest tzw. *metoda Altszulera*, którą można zapisać jako postępowanie: „od dołu do góry”, czyli *uwzględnianie tego, co jest*.
- **prognostyczna** – dokonuje się syntezy najlepszego rozwiązania, jakie w danym obszarze można uzyskać, tworzy się niejako rozwiązanie idealne, następnie dokonuje się analizy i oceny. Rozwiązanie idealne adaptuje się do konkretnych warunków, powtórnie analizuje i poprawia, a po uzyskaniu rozwiązania ostatecznego przedstawia się do decyzji. Na tej strategii opiera się *metoda Nadlera*, rozumiana jako: „od góry do dołu”, czyli *uwzględnianie najlepszego, co może być*.
- **funkcyjna** – w strategii tej stosuje się różne podejścia i postawy projektowe w zależności od charakteru problemu i rozwiązywanych funkcji. Liczba tych postaw jest nieograniczona, najczęściej jednak stosuje się projektowanie wariantowe i wyznaczania zbioru rozwiązań dopuszczalnych. W strategii funkcjonalnej znajdują zastosowania metody systemowe i algorytmiczne, oparte na wykorzystaniu komputerów w projektowaniu, dlatego tylko te są dalej omawiane.

Najlepszym momentem na rozpoczęcie doskonalenia użyteczności produktu jest faza projektu.

14. 2. Algorytm procesu projektowania



14. 3. Przebieg procesu konstruowania

Proces konstruowania przebiega różnorodnie zależnie od tego, czy konstruuje się maszynę całkowicie nową, czy też modernizuje się już produkowaną.

Przed przystąpieniem do produkcji konieczne jest przygotowanie pełnej dokumentacji, w skład której wchodzi dokumentacja konstrukcyjna. **Dla nowej maszyny** proces konstruowania rozpoczyna się na podstawie założeń, które określają główne parametry maszyny i stawiane wymagania. Konstruktor rozpoczyna pracę od zebrania informacji o wykonanych dotąd rozwiązaniach podobnych maszyn, pozwala to na korzystanie z istniejących doświadczeń. Należy przy tym zapoznać się z istniejącymi patentami, które mogą utrudnić korzystanie z pewnych rozwiązań. Przy projektowaniu nowej maszyny obowiązuje też wykonanie projektu wstępnego. Zawiera on: zestawienie maszyny, zestawienie ważniejszych zespołów, obliczenia funkcjonalne, schematy kinematyczne, wstępne wykazy materiałów itp. Na tym etapie należy przeanalizować możliwe warianty i przeprowadzić wybór z punktu widzenia optymalizacji maszyny.

Zadania konstruktora w procesie projektowania maszyn:

- **dobór schematu kinematycznego,**
- **określenie mocy i dobór silnika,**
- **określenie parametrów kinematycznych i dynamicznych,**
- **konstrukcja zespołów,**
- **konstrukcja części,**
- **obliczenia funkcjonalne, dynamiczne i wytrzymałościowe.**

Sporządzenie schematu kinematycznego pozwala wykonać podstawowe obliczenia funkcjonalne. Na ich podstawie ustala się przede wszystkim: moc silnika, prędkości obrotowe wałów, przełożenia przekładni itp. Następnie wykonuje się wstępne obliczenia wytrzymałościowe, pozwalające określić główne wymiary części. Po takim wstępnym przygotowaniu, przystępuje się do właściwego konstruowania maszyny lub zespołów maszyny i wykonuje się rysunek zestawieniowy. Z rysunku tego wynikają główne wymiary części. Z kolei konstruuje się części, określa ich kształty, materiał, technologię itp. oraz przeprowadza sprawdzające obliczenia wytrzymałościowe.

Zadania konstruktora w procesie konstruowania części:

- **ustalenie kształtów i wymiarów części tak, aby spełniały one swoje zadania,**
- **dobór materiału, z którego dana część ma być wykonana,**
- **ustalenie, w sposób ogólny, technologii wykonania (odlewność, odkuwka),**
- **ustalenie obróbki powierzchni, gładkości, pokrycia galwanicznego, itp.**
- **ustalenie obróbki cieplnej części (hartowanie, wyżarzanie, ulepszenie itp.).**

Wstępne ustalenie kształtu części następuje przy konstrukcji maszyny lub zespołu. Ścisły kształt i wymiary zależą od użytego materiału, przenoszonych obciążeń i technologii wykonania. Wybór technologii wykonania dosyć istotnie wpływa na kształt części. Kształt części powinien zapewnić jej technologiczność. Mówimy, że rozwiązanie jest technologiczne, jeżeli kształt części umożliwia poprawne i łatwe jej wykonanie przyjętym sposobem. Technologiczne zaprojektowanie części wymaga dobrej znajomości technologii. Ostateczny kształt części spełniający warunek technologiczności powstaje na ogół we współpracy konstruktora i technologa, ale już we wstępnym opracowaniu konstruktor winien ją mieć na uwadze.

Po zaprojektowaniu części wykonuje się ostateczne zestawienie. W procesie konstruowania korzysta się często z gotowych elementów (zespołów i części). Zespoły takie i części są wykonywane niezależnie, lub na zamówienie, według z góry przygotowanych rysunków. Do takich zespołów należą: przekładnie zębate, cięgnowe i cierne, motoreduktory, łożyska ślizgowe i toczne, sprzęgła, hamulce, zawory itp. Wiele z tych części, które występują w dużych ilościach, jest znormalizowane, np.: śruby, nity, kołki, uszczelki, podkładki, itp. Normalizacja oddaje wielkie usługi w uproszczeniu i przyspieszeniu procesu konstruowania.

Dalszy ciąg postępowania obejmuje dokumentację technologiczną, zawierającą instrukcje technologiczne, rysunki technologiczne, rysunki odkówek i odlewów, rysunki przyrządów i narzędzi specjalnych, itp.

Rola konstruktora nie kończy się na przygotowaniu dokumentacji. Zasadą jest, że konstruktor uczestniczy w całym procesie projektowo-badawczym maszyny, wprowadzając na modelu lub prototypie niezbędne poprawki konieczne do jej wykonania lub ulepszenia.

14. 4. Struktura systemowej metody projektowania

Metoda systemowa przyjmuje za podstawę całościowe podejście do procesu projektowania.

Projektując nowy złożony obiekt techniczny (system), trzeba już w trakcie podejmowania decyzji rozpatrywać własności różnych innych wariantów projektowych drogą analizy systemowej i symulacji dokonywanej na modelu systemu oraz przewidywać ewentualne zmiany.

W procesie projektowania techniką systemową wyróżnia się strukturę pionową i poziomą:

- * **struktura pionowa** – wyraża chronologiczny ciąg uporządkowanych działań, składających się na ogólny proces prac projektowych,
- * **struktura pozioma** – to typowy ciąg operacji powtarzający się na każdym szczeblu struktury pionowej. Struktura pionowa odpowiada strukturze kinetycznej (cyklowi działania), zaś struktura pozioma podziałowi na etapy racjonalnego działania, które mogą się powtarzać w każdej operacji:

Struktura pionowa:

1. studia wykonalności zamierzenia,
2. projektowanie wstępne,
3. projektowanie szczegółowe,
4. planowanie użytkowania,
5. planowanie zmian.



Struktura pozioma:

1. analiza problemu,
2. synteza rozwiązań,
3. ocena i decyzja,
4. optymalizacja,
5. weryfikacja.



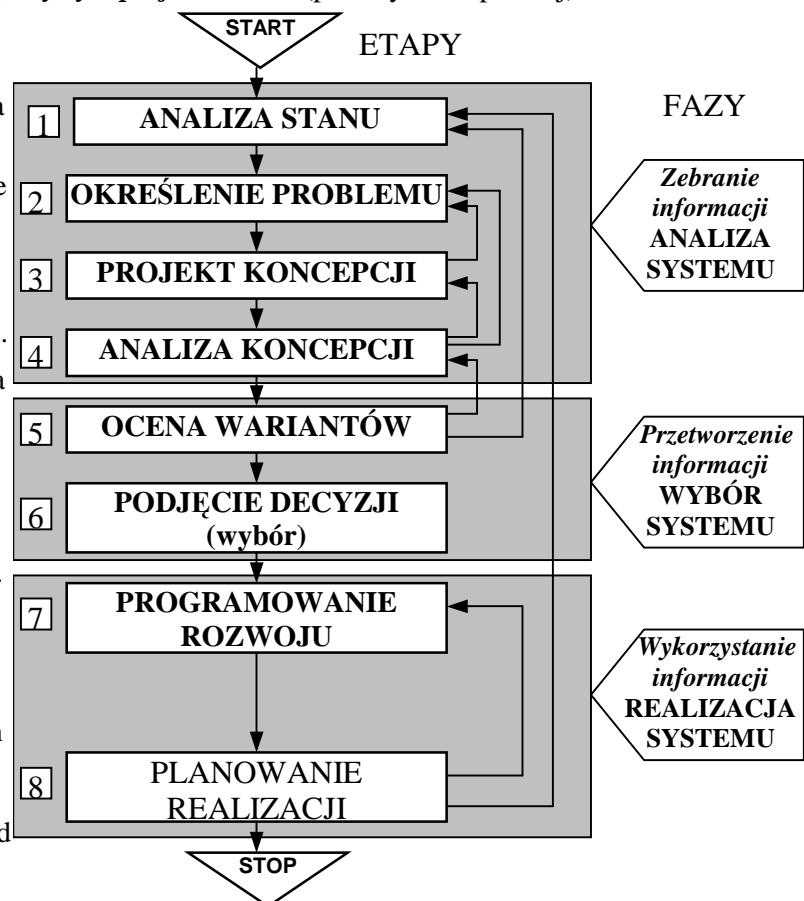
Założenia do techniki systemowej:

Ogólne – hierarchizacja struktury systemu oraz zasada tzw. czarnej skrzynki.

Chodzi tu o podział systemu na podsystemy, a te z kolei na jeszcze mniejsze (np. zespoły i podzespoły), aby można je odgraniczyć od pozostałych i rozpatrywać z osobna w kolejności wg hierarchii. Cybernetyczna zasada czarnej skrzynki polega na tym, że z początku rozpatruje się dany system lub podsystem jako całość, z pominięciem jego wewnętrznych procesów, ograniczając się tylko do analizy wielkości na wejściach i wyjściach. Analiza szczegółów następuje później, już po uchwyceniu problemów i powiązań ogólnych.

Szczegółowe – trójfazowy i ośmio etapowy cykl projektowania (patrz rysunek poniżej):

- 1.** Analiza stanu aktualnego, inaczej studia dotyczące zagadnienia: co wpływa na system, jak on oddziałuje na otoczenie, tendencje rozwojowe, itp.
- 2.** Sprecyzowanie problemu - powstaje z porównania wzorca i rzeczywistości.
- 3.** Projektowanie (synteza) koncepcji, polega na zestawieniu pełnej listy wariantów rozwiązania dla danego celu.
- 4.** Analiza koncepcji, czyli rozważania bardziej szczegółowe.
- 5.** Ocena wariantów, czyli porównanie ich ogólnej wartości, ze względu na dane kryteria.
- 6.** Decyzja co do ostatecznego wyboru.
- 7.** Projektowanie systemu łącznie z ewentualnym wykonaniem prototypów i przeprowadzeniem określonych prób.
- 8.** Planowanie przedsięwzięć mających zapewnić racjonalną realizację już w pełnej skali systemu, np. uruchomienie nowej produkcji łącznie z nadzorem nad nim oraz bieżącym doskonaleniem.



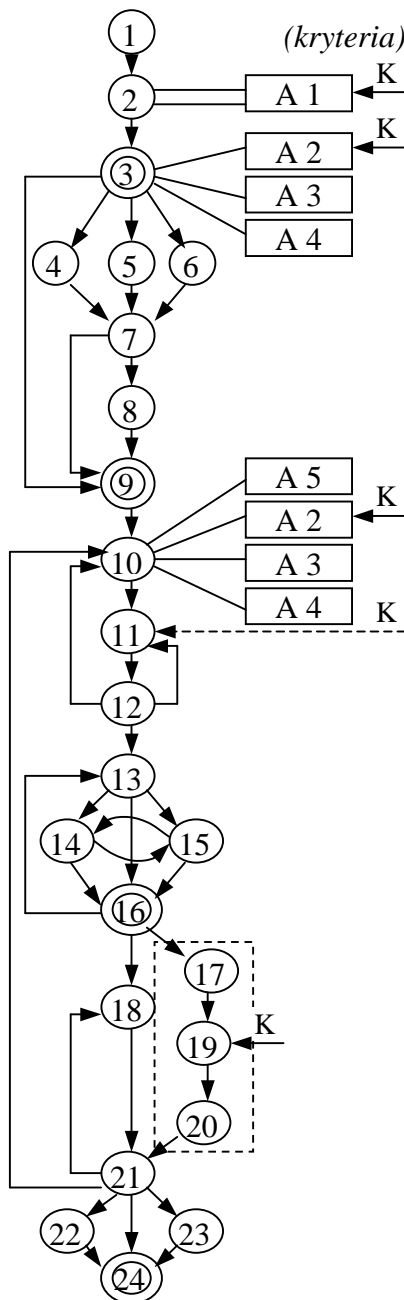
14. 5. Struktura algorytmicznej metody projektowania

Metodą algorytmiczną nazywa się sformalizowane zestawy dyrektyw, według których zaleca się postępować w działalności projektowej.

Algorytm to skończony zbiór jasno zdefiniowanych czynności koniecznych do wykonania pewnego zadania w skończonej liczbie kroków. Ma on przeprowadzić system z pewnego stanu początkowego do pożądanego stanu końcowego; często porównuje się go do przepisu kulinarnego.

Algorytm może być wykorzystywany przy pracach typowych, powtarzających się, a takie fragmenty występują prawie w każdym projektowaniu i wtedy ujawnia się jego użyteczna rola. Szczegółowe algorytmy do określonych prac podawane są w podręcznikach specjalistycznych. Przykładem rozbudowanego algorytmu projektowo-konstrukcyjnego jest np. **metoda LEMACH 3** (nazwa pochodzi od nazwisk autorów: W. Lenkiewicza i B. Machowskiego z AGH w Krakowie).

Cykl projektowo-konstrukcyjny podzielony został na 5 etapów, w których wyróżniono 24 czynności:



I. SFORMALIZOWANIE PROBLEMU

1. *Ogólne i szczegółowe sformułowanie problemu.*
2. *Poszukiwanie koncepcji rozwiązania.*

II. WYBÓR I OPTIMALIZACJA KONCEPCJI

3. *Analiza koncepcji, optymalizacji i decyzja wyboru.*

III. PROJEKT WSTĘPNY

4. *Opis działania, analiza patentowa, opracowanie charakterystyk mechanicznych i wskaźników eksploatacyjnych.*
5. *Opracowanie i zestawienie danych energetycznych, materiałowych i kadrowych.*
6. *Opracowanie założeń ekonomicznych.*
7. *Ogólne opracowanie rozwiązania – projekt wstępny.*
8. *Opracowanie wytycznych do projektowania szczegółowego i jego strategii.*
9. *Ocena, uzgodnienia i zatwierdzenie projektu wstępnego.*

IV. PROJEKT SZCZEGÓŁOWY

10. *Projektowanie szczegółowe zespołów i elementów.*
11. *Opracowanie zbiorcze i zestawienie całości.*
12. *Weryfikacja ogólna dokumentacji.*
13. *Analiza patentowa rozwiązań szczegółów.*
14. *Analiza wykonalności i uzgodnień z wykonawcą.*
15. *Analiza kosztów.*
16. *Ocena końcowa, decyzja realizacji zgodnie z planem.*

V. WERYFIKACJA ROZWIĄZANIA

17. *Tworzenie modeli i budowa prototypów.*
18. *Opracowanie programu badań i prototypów.*
19. *Przeprowadzenie badań prototypów.*
20. *Opracowanie wyników badań.*
21. *Analiza wyników badań, aktualizacja projektu, opracowanie listy słabych ogniw i założenia do modernizacji.*
22. *Opracowanie danych technicznych i dokumentacji eksploatacyjnej.*
23. *Opracowanie wniosków patentowych.*
24. *Końcowe zatwierdzenie projektu.*

Metody algorytmiczne należy traktować jako środki pomocnicze i nie brać ich dogmatycznie jako realnej receptury na doskonałe projektowanie, gdyż takiej w zasadzie być nie może!