

MAREK ŚREDNIAWA
WYDZIAŁ ARCHITEKTURY
I WZORNICTWA
PWSSP GDAŃSK

PRACA KWALIFIKACYJNA I ST.

WYKORZYSTANIE MODELI PRZESTRZENNYCH W PROCESIE PROJEKTOWYM PRÓBA OPISU TECHNIKI PROJEKTOWEJ

NA PODSTAWIE ANALIZY WYBRANYCH
PRAC PROJEKTOWYCH

*Bojusi,
Może przyjdzie cię
do czegośkolwiek.*



17.06.1996

SPIS TREŚCI

1 WSTĘP	STRONA 1
2 MOTYWACJA	STRONA 4
3 STRESZCZENIE	STRONA 6
4 CEL PRACY	STRONA 7
5 PROGRAM PRACY	STRONA 8
6 OKREŚLENIE STANU POGLĄDÓW	STRONA 9
6.1 DEFINICJE SŁOWNIKOWE I ENCYKLOPEDYCZNE	STRONA 10
6.2 POGLĄDY AUTORSKIE	STRONA 13
6.3 PODSUMOWANIE	STRONA 15
7 MATERIAŁ BADAWCZY	STRONA 16
7.1 PROJEKT KASKU PŁETWONURKA PROFESJONALNEGO	STRONA 17
7.2 PROJEKT WZORNICZY ZESPOŁU KOMÓR HIPERBARYCZNYCH	STRONA 21
7.3 IDEOWY PROJEKT KABINY ŚMIGŁOWCA SW4	STRONA 24
7.4 PROJEKT MANIPULATORA RĘCZNEGO	STRONA 29
7.5 PROJEKT SIEDZISK	STRONA 34
8 ANALIZA MATERIAŁU BADAWCZEGO	STRONA 39
9 DYSKUSJA	STRONA 43
10 OPISANIE TECHNIKI	STRONA 52
11 BIBLIOGRAFIA	STRONA 58

*"Projektowanie to
wyznaczanie, obmyślanie
i opracowywanie zamiaru
zmiany rzeczywistości
w sposób umożliwiający
jego realizację przez innych
lub urządzenia techniczne."
Andrzej Pawłowski^{1(str.37)}*

Działający w Anglii w latach czterdziestych Zespół Badań nad Projektowaniem /the Design Research Unit/, założony przez takich projektantów jak Misha Black i Milney Gray zalecał prowadzenie badań nad projektowaniem. Od tego czasu można mówić o stale rosnącym znaczeniu naukowych metod projektowania.

Metodyka projektowania swój największy rozkwit przeżywała w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych, kiedy to zostały określone i skodyfikowane metody projektowania systemowego. Wiąże się to z działalnością takich postaci, jak Bruce Archer czy John Chris Jones. Równoczesny rozwój ergonomii powodował przesuwanie punktu zainteresowania projektantów z ekspresji własnej intuicji estetycznej na zaspokajanie potrzeb użytkowników. To oczywiście prowadziło do chęci zminimalizowania roli przypadku w procesie projektowym, zagwarantowania sobie sukcesu - w sensie rozwiązania problemu - w sposób niejako automatyczny. Okazało się jednak, że metody te są trudne do stosowania, a w warunkach rzeczywistego projektowania wydają się być zbyt skomplikowane.

W miarę upływu czasu, punkt zainteresowania projektantów z zaspokajania potrzeb użytkowników przesuwa się na zaspokajanie potrzeb rynku, co tylko pozornie jest tym samym. Kształtowaniem a nawet budowaniem rynku zajmuje się marketing pozostający w ścisłym związku z inwestującymi kapitał. Marketing jest narzędziem służącym do pobudzenia sprzedaży i produkcji.

Metody projektowania systemowego jako "nastrojone" na potrzeby użytkownika zaczynają być zbędne. Rozpoczyna się okres projektowania rynkowego, gdzie rolą projektanta jest reagowanie na potrzeby marketingu. Ważna staje się umiejętność manipulowania wartościami estetycznymi w celu zróżnicowania produktów spełniających takie same funkcje i zaspokajających takie same potrzeby. O wzornictwie mówi się, jako o narzędziu marketingu. I jest to zjawisko narastające do czasów obecnych.

Równocześnie od końca lat siedemdziesiątych można mówić o powstawaniu nurtu projektowania "społecznie użytecznego", to znaczy takiego, gdzie punktem zainteresowania projektanta są działania o większym

zasięgu oddziaływania. To podejście ugruntowało się w latach osiemdziesiątych i doskonale współgra z ruchem ochrony środowiska i koncepcjami polityczno-społecznymi, przeciwstawiającymi się powstawaniu jednolitej kultury światowej.

Trafnie stan obecny w projektowaniu opisał Davida Crowley /wykładowca historii projektowania na Uniwersytecie Staffordshire/:

"... rozkwit wzornictwa obserwowany w Europie w latach osiemdziesiątych, osiągnięty został kosztem poczucia odpowiedzialności społecznej projektanta. W dwudziestym wieku, w przeciwieństwie do innych porównywalnych zawodów, jak reklama, projektowanie zachowało w ciągu swej krótkiej historii silne poczucie odpowiedzialności społecznej. Projektant był często skłonny sądzić, że jego /tak, zwykle jego/ wartość i znaczenie należy rozpatrywać w szerszym kontekście społecznym niż świat komercji, zamieszkiwany obecnie przez wzornictwo Zachodu. Jak zauważa Anthony Hoyte w swoim esej, badania nad wzornictwem i systemy projektowania w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych często były uważane za część programu społecznego w którym projektanci mogli wykorzystywać swe umiejętności dla dobra upośledzonych, oraz, w istocie, całego społeczeństwa, a nie tylko jego bogatych członków. ...W latach osiemdziesiątych projektowanie zaczęło postrzegać przede wszystkim w kategoriach komercyjnych - jako coś, co może być dodane do produktu, jak tajemniczy "składnik X", który daje przewagę nad konkurencją. ...wielu projektantów i obserwatorów w latach osiemdziesiątych odnosiło się bardzo krytycznie do dróg, jakimi projektowanie stopniowo odchodziło od zaangażowania w istotne sprawy społeczne, do chęci przekształcenia projektowania w partnera marketingu i innych gałęzi przemysłu perswazyjnego."^{12(str.2-3)}

Prof. Andrzej Pawłowski charakteryzuje dwie przeciwstawne koncepcje wzornictwa. Pierwsza opisana została jako projektowanie wyglądu i kierunek stylizacji, druga jako koncepcja wartości użytkowej. PROJEKTOWANIE WYGLĄDU. *"Każdy wyrób ma swój wygląd, można więc go zmieniać i projektować. Odnosi się to w takim samym stopniu do skomplikowanych urządzeń mechanicznych, elektrycznych, jak do wyrobów tekstylnych, ceramiki oraz do najrozmaitszych form grafiki, znaków, prospektów itp. ... Projektowanie wyglądu jest więc określeniem zespołu zewnętrznych, wizualnych cech przedmiotów w intencji uczynienia ich*

wyjątkowymi, wyróżniającymi się z innych, zwracającymi uwagę swoim wyglądem i wytwarzającymi stan emocji u oglądającego. ^{13(str.36)}

KIERUNEK STYLIZACJI /STYLING/. "Kierunek służący pobudzaniu produkcji i sprzedaży. Polega na nadawaniu produktom cech nierzeczywistych i iluzorycznych, wywołujących u nabywców określone zainteresowanie danym produktem. ... Producentowi, któremu chodzi o największy zysk, nie zależy na rzeczywistym podniesieniu wartości użytkowej wyrobu, lecz na stworzeniu najniższym kosztem pozorów ulepszenia, sprawieniu wrażenia, że produkt jest nowocześniejszy, sprawniejszy, szybszy, trwalszy itp. ^{13(str.35)}

KONCEPCJA WARTOŚCI UŻYTKOWEJ. "Wartość użytkową produktu /towaru/ stanowią te jego własności, dzięki którym zaspokaja on jakieś potrzeby ludzkie. ... Projektowanie przemysłowe jest według tej koncepcji działalnością twórczą zajmującą się projektowaniem tych właściwości produktów i urządzeń przemysłowych, dzięki którym zaspokajają one potrzeby społeczne. ^{13(str.38)}

Brak jednolitej metody działania i nieostro określone granice obszaru zainteresowania, tak można opisać stan współczesnego wzornictwa przemysłowego. Od wzornictwa, jako narzędzia marketingu po społecznie użyteczne projektowanie, od zapożyczonych z obszarów twórczości technicznej metod projektowania potocznie zwanych "naukowymi", po akty ekspresji estetycznej.

Powyższe, oczywiście pobieżne i subiektywne przedstawienie ma zwrócić uwagę na konieczność poszukiwań obszarów działania i metod dostosowanych do rozwiązywania problemów projektowych z dziedziny wzornictwa przemysłowego. Dobrą myślą przewodnią poszukiwań może być "projektowanie według potrzeb", raz rozumiane jako projektowanie będące reakcją na ujawnioną potrzebę użytkownika, a raz jako użycie w procesie rozwiązywania zadania projektowego narzędzi dostosowanych do złożoności zadania.

Praca ta, będzie próbą zdefiniowania techniki projektowej, zgodnej z postulatem projektowania według potrzeb.

Wpływ na kształt osobowości projektanta mają przynajmniej dwa elementy: suma własnych doświadczeń powstałych w wyniku podjętych prac projektowych i to wszystko, co dostrzegane dzieje się obok. To, dziejące się obok, prowokuje do konfrontacji z własnymi doświadczeniami. Konfrontacja ta prowadzi do określania własnej świadomości.

Niniejsza praca jest osadzona w realiach wszystkiego co wiąże się z pewnym ciągiem zdarzeń projektowych i dydaktycznych, umiejscowionych w Katedrze Wzornictwa Przemysłowego PWSSP w Gdańsku.

Doświadczenia związane z konfrontacją osiągniętych efektów prac projektowych, założeń dotyczących metod i obszarów działania z analogicznymi wypracowanymi przez znane autorowi środowiska i grupy twórcze wykazują duże zbieżności ale równocześnie pewną odmienność tak efektów, metod, jak i obszarów działania. Ta dostrzegalna odmienność skłania do prób jej scharakteryzowania.

Praca ta, w zamyśle, ma być próbą scharakteryzowania pewnego aspektu metodologicznego będącego przejawem owej odmienności. Próba ta zostaje podjęta z trzech powodów.

Po pierwsze dlatego, że jest to subiektywnie najcenniejsza część zawodowych doświadczeń autora. Wiążą się one z kształtującym się stylem, czy techniką projektową. Zdefiniowanie tej techniki pozwoli na jej świadome wykorzystywanie. A to wpłynie na uporządkowanie i rozszerzenie własnego warsztatu projektowego. Drogą do zdefiniowania techniki jest odkrywanie właściwych jej prawidłowości. Temu służyć ma niniejsza praca.

Po wtóre, ponieważ definiowana technika projektowa stosowana jest dotychczas w sposób praktyczny i brak opracowania teoretycznego utrudnia jej przekazywanie w procesie dydaktycznym.

Po trzecie, istnieją przynajmniej dwie przesłanki pozwalające mniemać, iż jest możliwe określenie wspomnianej odmienności.

Pierwsza, nie będąca przedmiotem dalszych dociekań, zawarta jest w dotyczącej sfery merytorycznej zainteresowań prof. J.Popka, wypowiedzi prof. A.Haupta:

"... Są to stany zagrożenia - pogranicze stanów krytycznych. Zarówno w pracach, którymi zajmował się sam, a i w tych które prowadził w katedrze,

*jako prace naukowo-badawcze czy wreszcie którymi kierował jako promotor lub jako kierownik pracowni, pojawiały się tematy z zakresu ratownictwa morskiego, pomocy ofiarom klęsk żywiołowych, służby zdrowia i tym podobne. Ratowanie ludziom życia na morzu wybija się chyba na plan pierwszy. Problem ten stara się rozwiązać w kategoriach systemu, nie ograniczając się do pojedynczych jego elementów ale szukając najskuteczniejszych, najprostszych zarazem sposobów.*¹⁴

Powyżej przedstawiona sfera zainteresowania w sposób doskonały wpisuje się, czy nawet logicznie uzupełnia, obszary projektowe "społecznie pożądane", zdefiniowane przez Rogera Coleman /pracownika naukowego w Royal Collage of Art w Londynie/:

"... po pierwsze, produkty pomagające osobom niesprawnym, ludziom starszym i dzieciom - kategorie, pod które wszyscy podpadamy w jakimś punkcie naszego życia; po drugie, produkty które są energooszczędne i właściwe pod względem materiałowym, wspomagające ochronę lub przyczyniające się do ulepszenia środowiska naturalnego; po trzecie, produkty zmniejszające alienację poprzez włączenie docelowego konsumenta, a tam, gdzie to możliwe również producenta, w proces projektowania; i wreszcie, produkty których produkcja wymaga tradycyjnych umiejętności i ich ulepszania, przy jednoczesnym wykorzystaniu współczesnych osiągnięć materiałowych i technologicznych.^{15(str.22-23)}

Druga zawarta jest we wstępie opracowania "Modelowanie jako metoda opisu w procesach projektowania" prof. J.Popka:

"Już pierwsze zastanowienie musi zwrócić uwagę na pierwiastek twórczy modelowania, pobudzający wyobraźnię..." i dalej "...okazuje się, że żądanie sformułowania problemu w postaci modelu, pobudza inwencję i rozwija proces projektowy.^{16(str.1)}

Ta przesłanka, w połączeniu z analizą materiału badawczego, była bezpośrednią wskazówką dotyczącą obszaru dociekań niniejszej pracy.

Podjęto próbę zdefiniowania techniki projektowania, której istota polega na rozwiązywaniu problemu projektowego poprzez jego formułowanie w postaci przestrzennego modelu.

Dokonano przeglądu poglądów na modelowanie. W podsumowaniu określono roboczo, obowiązujący w ciągu dalszym pracy, zakres pojęcia modelu przestrzennego, jako wyodrębnionego obiektu, w postaci przedmiotu lub układu przedmiotów upraszczającego modelowany obiekt, ale zarazem dostatecznie do niego podobnego, by nadawał się do rozwiązywania problemów dotyczących tego obiektu.

Przedstawiono pięć wybranych prac projektowych. Po dokonaniu analizy określono zespół cech charakterystycznych dla ich przebiegu, stanowiących równocześnie określenie użytej techniki projektowej:

- DEFINIOWANIE PRZESTRZENNEGO MODELU ROZWIĄZYWANEGO PROBLEMU WE Wczesnej fazie procesu projektowego.
- BUDOWANIE fizycznej struktury modelu przez osoby rozwiązujące problem projektowy i przeprowadzanie symulacji z ich udziałem.
- UŻYWANIE MODELU PRZESTRZENNEGO JAKO medium operacyjnego projektowego.
- RÓŻNICOWANIE stopnia abstrakcji definiowanego modelu w zależności od typu problemu projektowego.
- PRZEDMIOTOWE OKREŚLENIE CELU procesu projektowego.

Poddano określone cechy konfrontacji ze stanem poglądów na przebieg procesów projektowych i na modelowanie.

Określono zakres przydatności opisywanej techniki do rozwiązywania problemów projektowych, jak również sposób jej użycia. Sposób użycia techniki przedstawiono w postaci ciągu czynności, wykonywanych w czasie przebiegu procesu projektowego:

- ZDEFINIOWANIE CELU procesu projektowego.
- WYZNACZENIE danych będących podstawą do definiowania modelu.
- OKREŚLENIE stopnia abstrakcji modelu.
- DEFINIOWANIE modelu.
- PRZEPROWADZANIE eksperymentów technologicznych.
- PRZEPROWADZANIE symulacji.
- ZAKOŃCZENIE definiowania modelu.
- WYKONANIE dokumentacji.

Przedstawiono przykłady użycia prezentowanej techniki na różnych etapach procesu projektowego.

Podstawowym celem pracy jest próba zdefiniowania techniki projektowania, której istota polega na rozwiązywaniu problemu projektowego poprzez jego formułowanie w postaci przestrzennego modelu, oraz na uczestniczeniu osób rozwiązujących problem projektowy /członków zespołu projektowego/ w symulacjach z użyciem tegoż modelu.

Cechą charakterystyczną tej techniki jest nakładanie się w czasie: przestrzennego modelowania projektowanego obiektu lub procesu, podejmowania decyzji projektowych, weryfikowania decyzji projektowych przez przeprowadzanie symulacji oraz generowanie na podstawie symulacji danych wyjściowych do podejmowania kolejnych decyzji projektowych.

Z punktu widzenia zewnętrznego obserwatora wszystkie wymienione czynności odbywają się symultanicznie, w sposób spontaniczny, z dającym się obserwować skokowym postępem w rozwiązywaniu problemu projektowego, charakterystycznym dla procesów intuicyjnych.

- OKREŚLENIE STANU POGLĄDÓW NA MODELOWANIE, ZREALIZOWANE POPRZECZ PRZEDSTAWIENIE DEFINICJI I POGLĄDÓW AUTORSKICH DOTYCZĄCYCH MODELI I MODELOWANIA, A NASTĘPNIE PRÓBA UOGÓLNIENIA TYCHŻE.
- PRZEDSTAWIENIE ZEBRANEGO MATERIAŁU BADAWCZEGO W FORMIE OPISU PRZEBIEGU WYBRANYCH PRAC PROJEKTOWYCH.
- ANALIZA ZEBRANEGO MATERIAŁU POLEGAJĄCA NA ZNALEZIENIU ELEMENTÓW WSPÓLNYCH ORAZ WYSNUCIE WNIOSKÓW I UOGÓLNIENI DOTYCZĄCYCH PRZEBIEGU PRZEDSTAWIONYCH PRAC PROJEKTOWYCH.
- DYSKUSJA BĘDĄCA KONFRONTACJĄ STANU POGLĄDÓW, TAK NA MODELOWANIE, JAK I NA PROCES PROJEKTOWY, Z WNIOSKAMI POWSTAŁYMI W WYNIKU ANALIZY MATERIAŁU BADAWCZEGO, ORAZ PRÓBĄ UMIEJSCOWIENIA OPISYWANEJ TECHNIKI PROJEKTOWEJ NA TLE INNYCH TECHNIK I METOD.
- DEFINIOWANIE TECHNIKI I JEJ RECEPTURALNE PRZEDSTAWIENIE W FORMIE POSTULATÓW OKREŚLAJĄCYCH SPOSÓB I MOŻLIWOŚĆ UŻYCIA.
- PRZEDSTAWIENIE ZASTOSOWANIA PREZENTOWANEJ TECHNIKI NA RÓŻNYCH ETAPACH PROCESU PROJEKTOWEGO.

Ta część pracy ma na celu przedstawienie poglądów na temat modeli i modelowania. Podstawowym obszarem zainteresowania jest metodologiczne pojęcie modelu, z pominięciem pojęcia semantycznego. Poniższe przytoczenie nie są pełnym przeglądem stanu poglądów na temat modeli, a jedynie ich wyborem.

Kluczem głównym poszukiwań było hasło "model", pomocnicze klucze wynikały z odniesień w stosunku do hasła. Przykładem takiego wynikania może być ciąg haseł "model" - "badania modelowe" - "symulacja".

Definicje i poglądy zostały przedstawione w dwóch grupach. Pierwsza grupa, to DEFINICJE SŁOWNIKOWE I ENCYKLOPEDYCZNE dające ogólny pogląd na pojęcie modelu. Grupa druga, to POGLĄDY AUTORSKIE przedstawiające praktycznie, czy wręcz roboczo, wykorzystywane w danej dziedzinie pojęcie modeli.

I/ LEKSYKON NAUKOWO TECHNICZNY.^{7(str.520,1032)}

Model - układ, którego zadaniem jest imitowanie wyróżnionych cech innego układu, zwanego oryginałem.

Układ (fizyczny) - wyodrębniony z otaczającego świata obiekt, (np. atom, cząstka elementarna, maszyna i inne); obiekty nie należące do u.f. nazywa się otoczeniem; u.f. może być oddzielony od otoczenia wyraźnymi granicami

II/ SŁOWNIK WYRAZÓW OBCYCH.^{8(str.484)}

Model - (łac. *modulus* = miara, wzór)

1) wzór, według którego coś jest wykonywane; przedmiot będący wzorem lub kopią danego przedmiotu, wykonany w mniejszych rozmiarach, zwykle z materiałów zastępczych

2) osoba pozująca malarzowi lub rzeźbiarzowi

3) techn. przedmiot wykonany najczęściej z drewna lub metalu służący do sporządzania form odlewniczych

4) cyber. układ względnie odosobniony, możliwie mało skomplikowany, działający analogicznie do oryginału, którym może być istota żywa, maszyna, zakład przemysłowy, organizacja społeczna, itp.

III/ ENCYKLOPEDIA Powszechna PWN.^{9(str.151)}

Model - (łac.), metodol.: 1) m. nominalny - układ założeń przyjmowanych w danej nauce w celu ułatwienia (lub umożliwienia) rozwiązania danego problemu badawczego; m. teoret., określenie m, nominalnego budowanego jako hipotetyczna konstrukcja myślowa, będąca uproszczonym obrazem badanego fragmentu rzeczywistości, w którym eliminuje się myślowo cechy, relacje lub inne elementy nieistotne dla danego celu; m. teoret. wprowadza się do nauki ze względu na ich przydatność przy budowaniu teorii nauk.; 2) m. realny - przedmiot lub układ (klasa) przedmiotów (zdarzeń, sytuacji, itp.) spełniających założenia danej teorii (m. realny teorii, zw. też jej realizacją lub interpretacją); układ przedmiotów (zdarzeń, faktów, itp.) dostatecznie podobny (izomorficzny, analogiczny) do układu badanego. ale prostszy i łatwiej dostępny badaniom (m. realny układu - np. mapy, makiety, schematy); we współcz. logice i matematyce istotną rolę odgrywa pojęcie m. teorii aksjomatycznej, m. języka sformalizowanego; przez m. języka rozumie się odwzorowanie danego zbioru zdań w postaci takiego układu (dziedziny), w którym wszystkie zdania tego zbioru są prawdziwe; każdy język może mieć wiele m. (odwzorowań, interpretacji). Posługiwanie się w nauce różnymi rodzajami m. (np. m. cybernetycznymi, mat., log., ekonometrycznymi) polega przede wszystkim na ustalaniu izomorfizmu i analogii między układem badanym a jego m.; ważną rolę przy operowaniu m. odgrywają też metody: idealizacji, abstrakcji i stopniowych

przybliżeń (konkretyzacji); ocena przydatności nauk. i wartości poznawczej różnych m. jest jednym z ważniejszych zagadnień szczegółowej metodologii nauk, zwłaszcza metodologii ekonomii politycznej i socjologii.

Konstruowaniem i analizą m. dla teorii aksjomatycznych zajmuje się tzw. teoria modeli. Teoria m. umożliwiła zbadanie wielu istotnych problemów logiki mat., jak np. niesprzeczność teorii, definiowalność pojęć. Badania teorii m. okazały się również przydatne w innych dyscyplinach nauk., np. w cybernetyce, a współcz. rozwój teorii m. pozwala zakładać możliwość rozszerzenia jej zastosowań na metodologię nauk empirycznych.

Model - [łac.], układ fiz. (m. fiz.) lub opis mat. (m. mat.) o pewnych własnościach zbliżonych do niektórych wyróżnionych własności obiektu modelowanego, np. urządzenia techn., procesu technol., sieci nerwowej; zob. też identyfikacja, modelowanie.

Modelowanie - doświadczalna metoda badania różnych układów, zjawisk i procesów (fiz., biol., chem. itp.) lub rozwiązywania zadań mat. na podstawie konstruowanych modeli; obecnie największe znaczenie ma m. elektryczne - analogowe (za pomocą maszyn analogowych) i cyfrowe (za pomocą maszyn cyfrowych). M. jest szeroko stosowane w różnych dziedzinach nauki i techniki; pozwala m.in. zastosować dostępne techniki pomiarowe, zwiększyć bezpieczeństwo badań, obniżyć koszty, rozwiązać problemy (np. mat.) niemożliwe do rozwiązania innymi metodami.

Modelowe badania - badania zjawisk naturalnych na podstawie zjawisk podobnych, lecz zachodzących w innej skali, najczęściej mniejszej; oparte na teoriach podobieństwa i modelowania; do najczęściej stosowanych b.m. należą: badania aerodynamiczne, hydrodynamiczne, wytrzymałościowe.

IV/ ENCYKLOPEDIA POPULARNA PWN.^{10(str.520)}

Model - wzór, ideał, przedmiot do naśladowania.

Model - pojęcie oznaczające zarówno teoret., jak i fiz., obiekt którego analiza lub obserwacja umożliwia poznawanie cech innego badanego (modelowanego) zjawiska, procesu lub obiektu.

Model - szt. plast.: 1) w rzeźbie, architekturze i technice szkic projektowanego dzieła w zmniejszonej skali i zastępczym materiale; 2) przedmiot lub osoba pozująca artyście do obrazu, rzeźby.

Model nominalny - metodol. układ założeń przyjmowanych w danej nauce w celu ułatwienia (lub umożliwienia) rozwiązania pewnego problemu badawczego.

Model realny - metodol. przedmiot lub układ przedmiotów (zdarzeń, sytuacji) spełniających założenia danej teorii (m.r. teorii); układ przedmiotów (zdarzeń, sytuacji) dostatecznie podobny do układu badanego, ale prostszy i łatwiej dostępny badaniom (m.r. układu).

Model semantyczny - log. odwzorowanie, czyli interpretacja danej teorii w postaci układu (dziedziny) przedmiotów opisywanego prawdziwie przez tę teorię.

Model teoretyczny - metodol. konstrukcja hipotetyczna odwzorowująca dany rodzaj rzeczywistości w sposób uproszczony, sprowadzający jej cechy do związków najistotniejszych, budowana w celach heurystycznych.

Modelowanie - tworzenie modeli: 1) m. fizyczne - sporządzanie modeli układów lub zjawisk fizycznych w celu prowadzenia doświadczeń; 2) m. matematyczne - tworzenie modeli mat. zjawisk fiz., techn., ekon. itp.

V/ MAŁA ENCYKLOPEDIA LOGIKI.^{11(str.176-177)}

Model - Konstruowanie modeli jest metodą stosowaną w naukach w celu uproszczenia problemów zwiększającego szanse ich rozwiązania. To metodologiczne pojęcie modelu należy odróżnić od pojęcia modelu semantycznego. Modelem nazywa się bądź zbiór założeń upraszczających /takich np., jak założenie, że moneta stosowana do rzutów jest 'idealna', tj. daje takie same szanse wyrzucenia orła, jak i reszki/, bądź też sam przedmiot lub zbiór przedmiotów spełniających takie założenia. W pierwszym przypadku mówi się o modelu nominalnym lub teoretycznym, w drugim - o modelu realnym, zwanym też interpretacją lub realizacją modelu nominalnego.

... Model realny może być otrzymany w jeden z dwóch sposobów. Czasem konstruuje się fizyczny układ przedmiotów, upraszczający badaną rzeczywistość, ale zarazem dostatecznie do niej podobny, by nadawał się - niejako w zastępstwie - do rozwiązywania problemów dotyczących tej rzeczywistości; rolę taką pełnią mapy, makiety itp. Modeluje się w ten sposób nie tylko układy statyczne, lecz również procesy fizyczne /np. w badaniach aerodynamicznych/, biologiczne /'sztuczne zwierzęta'/ i inne. Kiedy indziej model realny nie jest tworem fizycznym, ale przedmiotem lub zbiorem przedmiotów skonstruowanych myślowo, jak idealna moneta, przeciętny konsument etc. Jeśli tymi skonstruowanymi przedmiotami są przedmioty matematyczne, jak np. liczby czy twory geometryczne, mówi się wówczas o modelach matematycznych.

VI/ EDWARD V. KRICK ^{12(str.63-80)}

"Dla inżyniera **model** jest czymś, co opisuje charakter bądź zachowanie się pewnego oryginału. Opisu tego (odwzorowania) dokonuje się za pośrednictwem słów, liczb, symboli, schematów, wykresów albo za pośrednictwem przedmiotów wyglądających lub zachowujących się podobnie jak oryginał."^{12(str.79-80)}

Równocześnie autor wprowadza systematykę modeli:

model ikoniczny - będący trójwymiarowym lub dwuwymiarowym odwzorowaniem rzeczywistości, charakteryzującym się podobieństwem fizycznym do oryginału,

wykres - będący odwzorowaniem zależności między wielkościami oraz ich względne wartości,

schemat - będący odwzorowaniem niektórych własności oryginału,

model matematyczny - będący odwzorowaniem w postaci wyrażenia matematycznego w którym wykorzystano reguły matematyczne i symbole przypisane pewnym istotnym własnościom oryginałów.

Proces eksperymentowania na modelach oryginałów nazywa autor **symulacją**. Podaje również systematykę symulacji:

symulacja ikoniczna - jeżeli eksperymenty są prowadzone na modelach ikonicznych,

symulacja analogowa - jeżeli eksperymenty są prowadzone przy użyciu modeli mających postać fizyczną odzwierciedlających zachowanie się oryginałów, a nie ich własności fizyczne,

symulacja cyfrowa - jeżeli eksperymenty są prowadzone przy użyciu matematycznych modeli,

symulacja uczestnicząca - może nią być dowolna z powyższych jeżeli człowiek uczestniczy w niej bezpośrednio, przy czym symulacja jest grą jeżeli osoby w niej uczestniczące współzawodniczą ze sobą.

TAB.1 KLASYFIKACJA
MODELI
WG. J.POPKA

	WYMIAR PRZE- STRZENNY	WYMIAR CZASU
I°	0	0
II°	0	1
III°	1	0
IV°	1	1
V°	2	0
VI°	2	1
VII°	3	0
VIII°	3	1

VII/ JACEK POPEK ^{6(str.25-28)}

"**Model** jest to umowne uogólnienie układu szczegółowego jako sprawdzenie założeń teoretycznych." ^{6(str.25)} Równocześnie autor wprowadza systematykę modeli przyjmując jako główne kryterium stosunek modelu do czasoprzestrzeni /TAB.1/. Przykładem modelu I° jest model myślowy, natomiast przykładem modelu VIII° jest trójwymiarowy model ruchomy.

VIII/ GERALD M.WEINBERG ^{13(str.49)}

"Każdy **model** jest w istocie wyrażeniem pewnej rzeczy, o której sądzimy, że mamy nadzieję ją zrozumieć w kategoriach innej rzeczy, o której sądzimy, że ją już rozumiemy." ^{13(str.49)}

IX/ STANISŁAW LEM ¹⁴(str.152-153)

"Modelowanie jest naśladowaniem Natury, uwzględniającym nieliczne jej własności. ...przede wszystkim dlatego, ponieważ musimy się bronić przed nadmiarem informacji. ...Modelując, trzeba upraszczać. ...Praktyka modelarska zakłada wybór pewnych zmiennych i rezygnację z uwzględnienia innych. Tożsamość oryginału i modeli zachodziłaby, gdyby procesy obu się pokrywały. ...Rezultaty rozwoju modelowego różnią się od rzeczywistego. Na tę różnicę mogą składać się trzy czynniki: to, co jest uproszczeniem modelu względem oryginału, to co jest własnością modelu, obcą oryginałowi i wreszcie to, co stanowi nieokreśloność samego oryginału." ¹⁴(str.152-153)

X/ WACŁAW PYTKOWSKI ¹⁵(str.172-173)

"Model /modulus - miara/ to podobizna rzeczywistości możliwej i od nas zależnej. ... W nauce jest to sposób myślenia, reprezentujący rodzaj rozważań nad tym, czego nie znamy. W ten sposób staje się on sformalizowaną teorią /opartą często na analogii/ i możemy go określić następująco: model jest to sformalizowane wyrażenie teorii lub związku, który traktujemy jako uogólnienie. ...W pierwotnym znaczeniu modele były lub są fizycznym przedstawieniem struktur materialnych w przyjętej skali w stosunku do odtwarzanego przedmiotu." ¹⁵(str.172-173)

XI/ CZESŁAW BĄBIŃSKI ¹⁶(str.63-66)

"Definicja modelu, która obejmowałaby wszystkie aspekty modeli i była odpowiednia dla wszystkich dziedzin ich zastosowania w istocie dotychczas raczej nie istnieje i chyba nie jest ona pilnie potrzebna, tak jak niepotrzebna byłaby sztywna definicja nauki czy definicja matematyki, ponieważ pojęcia te są na tyle żywe, że usztywnienie ich definicją spowodowałoby z pewnością konieczność jej ustawicznej zmiany i rozbudowy w miarę rozwoju dziedzin do których ona się odnosi." ¹⁶(str.63)

"Modelowanie zatem jest to ujmowanie cech, które chcemy uwzględnić, przy pomijaniu cech, które nie stanowią przedmiotu zainteresowania i nie mają istotnego znaczenia." ¹⁶(str.64)

Ogólna klasyfikacja modeli proponowana przez autora: "...metody modelowe posługują się modelami fizycznymi oraz modelami matematycznymi i symbolicznymi badanych obiektów."

Klasyfikacja której kluczem jest cel budowy modelu: **modele badawcze** /stosowane wówczas gdy oryginał jest z różnych względów mało dostępny/, **modele kontrolne** /stosowane wówczas gdy chcemy sprawdzić prawidłowość założeń lub rozwiązań w stosunku do przyszłego lub istniejącego oryginału/, **modele dydaktyczne** /mające na celu poglądowe uwypuklenie cech obiektów modelowanych/.

I w końcu podstawa do wprowadzenia płynnej klasyfikacji, od modeli o dużym stopniu abstrakcji do nie-modeli. "Istota pojęcia **modelu** tkwi w zasięgu i stopniu abstrakcyjności."

Na podstawie przedstawionego stanu poglądów można roboczo, na potrzeby niniejszego opracowania, określić zakres pojęcia "model przestrzenny".

Model przestrzenny będzie to wyodrębniony obiekt /źródło I/ w postaci przedmiotu lub układu przedmiotów /źródło II/ upraszczający modelowany obiekt, ale zarazem dostatecznie do niego podobny by nadawał się do rozwiązywania problemów dotyczących tego obiektu /źródło V/.

Istotą uproszczenia będzie pomijanie cech modelowanego obiektu, które stanowią o jego niedostępności a które nie stanowią przedmiotu rozważań przy uwzględnieniu cech podlegających rozważaniom /źródło XI/.

Stosując klasyfikację zaczerpniętą ze źródeł III, IV i V będzie to model realny, będący tworem fizycznym /źródło V/. Zgodnie ze źródłem VI będzie to trójwymiarowy model ikoniczny. Zgodnie z klasyfikacją zaproponowaną w źródle VII będzie to model VII lub VIII stopnia. Przy czym nie będzie koniecznym pojęcie modelu jako sprawdzenia założeń teoretycznych /źródło VII/.

Równocześnie wnioskowanie oparte na informacjach uzyskanych w wyniku modelowania /rozumianego jako doświadczalna metoda badań /źródło III// obarczone będzie błędami ujawnionymi w źródłach VIII i IX.

Materiałem badawczym jest opis przebiegu pięciu wybranych prac projektowych. Trzy pierwsze z nich powstały w Katedrze Wzornictwa Przemysłowego PWSSP w Gdańsku.

Prace zostały przedstawione w formie opisu ilustrowanego materiałem fotograficznym. Opis, wraz z materiałem ilustracyjnym, pierwszej z nich jest autorstwa prof. J.Popka i pochodzi z jego archiwum. Opis drugiej pracy został oparty na wywiadach przeprowadzonych z prof. J.Popkiem prowadzącym zespół projektowy oraz na podstawie materiałów z archiwum Katedry Wzornictwa. Opis trzech ostatnich oparto na doświadczeniach autora i materiałach z archiwum własnego i Katedry Wzornictwa.

Przedstawione poniżej prace zostały wybrane po pierwsze ze względu na to, że dobrze ilustrują wspomniany (MOTYWACJA) nurt projektowy, po drugie dlatego, że ukazują różnorodność zastosowań opisywanej techniki.

1• PROJEKT KASKU PŁETWONURKA PROFESJONALNEGO.

REALIZOWANY NA ZLECENIE ZAKŁADÓW "STOMIL" PRZEZ ZESPÓŁ: A.HAUPT, J.POPEK ORAZ L.NOWICZ, WSPÓŁPRACA M.KUCZYŃSKA.

2• PROJEKT WZORNICZY ZESPOŁU KOMÓR HIPERBARYCZNYCH.

REALIZOWANY NA ZLECENIE STOCZNI SZCZECIŃSKIEJ DLA INSTYTUTU MEDYCYNY MORSKIEJ I TROPIKALNEJ W GDYNI, ZESPÓŁ POD KIERUNKIEM J.POPKA: J.POPEK, M.ADAMCZEWSKI, A.IWANASZKO, A.PERKOWSKI, LEK. MED. E.BONIKOWSKI.

3• IDEOWY PROJEKT KABINY ŚMIGŁOWCA SW-4 WERSJI REANIMACYJNEJ.

REALIZOWANY NA ZLECENIE ZAKŁADU BADAWCZO ROZWOJOWEGO WYTWÓRNI SPRZĘTU KOMUNIKACYJNEGO WSK PZL ŚWIDNIK, PRZEZ ZESPÓŁ POD KIERUNKIEM J.POPKA: J.POPEK, W.CHARKIN, M.ŚREDNIAWA, DR MED. Z.SIĆKO, WSPÓŁPRACA: DR MED K.KUSZEWSKI, M.ADAMCZEWSKI, S.MACKIEWICZ.

4• PROJEKT MANIPULATORA RĘCZNEGO.

PROJEKT STUDYJNY PODJĘTY Z INICJATYWY PROF. J.POPKA WSPÓŁPRACUJĄCEGO Z FIRMĄ PRODUKUJĄCĄ MASZYNY BUDOWLANE "MERLO" Z TURYN. PROJEKT: J.POPEK, M.ŚREDNIAWA.

5• PROJEKT SIEDZISK.

ZREALIZOWANY NA OGÓLNOPOLSKI KONKURS KRZESŁO'94. PROJEKT: J.POPEK, M.ŚREDNIAWA. /OBIE PRACE UZYSKAŁY NOMINACJĘ DO GŁÓWNEJ NAGRODY, NATOMIAST JEDNA Z NICH NAGRODĘ NORWESKIEGO JURORA, J.BUCHACZA./

1• PROJEKT KASKU PŁETWONURKA PROFESJONALNEGO

PROJEKT REALIZOWANY NA ZLECENIE ZAKŁADÓW "STOMIL"

PRZEZ ZESPÓŁ: A.HAUPT, J.POPEK,

ORAZ L.NOWICZ, WSPÓŁPRACA: M.KUCZYŃSKA.

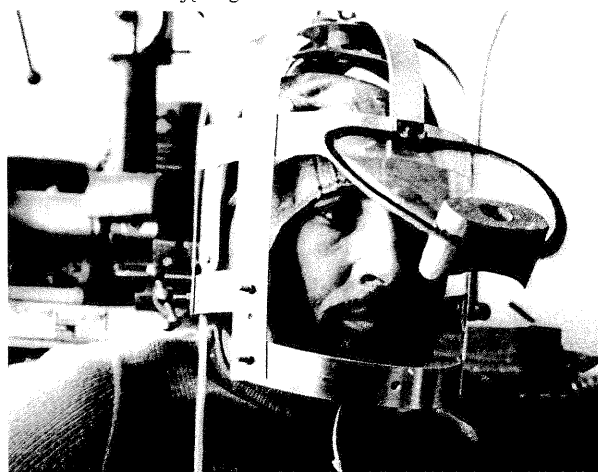
Fotografie i opis przebiegu pracy projektowej pochodzą z archiwum prof. J.Popka i są jego autorstwa. Zostały wykorzystane za zgodą autora. Podpisy pod fotografiami są komentarzem autora niniejszej pracy.



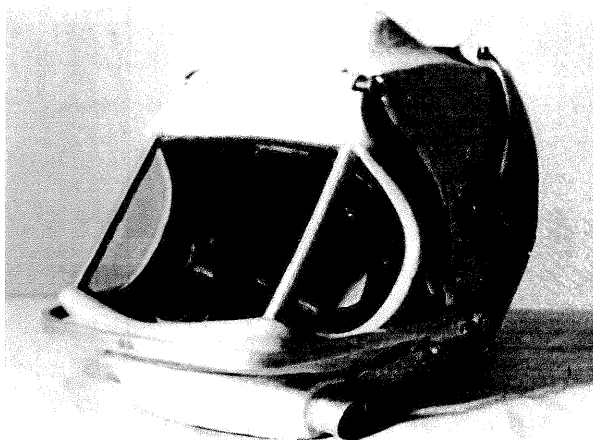
"Pracę przy tym temacie można podzielić na następujące etapy:

- 1/ *stworzenie założeń projektowych /Ratownictwo Morskie postulowało, aby była możliwość otwierania szyby przedniej i aby wprowadzić sprawnie działające elementy /mikrofon, słuchawka/ istniejącego systemu łączności;*
- 2/ *analiza -a/ stanu istniejącego,*
 -b/ rozwiązań cząstkowych;
- 3/ *wytyczne projektowe;*
- 4/ *koncepcja rozwiązania problemu w wariantach "A" i "B";*
- 5/ *faza realizacji modelu funkcjonalnego oraz badań także w środowisku naturalnym;*
- 6/ *modelowanie przedprototypowe w celu sprecyzowania ostatecznych rozwiązań dla prototypu;*
- 7/ *wykonanie prototypu.*

Fot.1
Wstępny model kasku przy pomocy którego testowano rozwiązania cząstkowe, min. stabilizację na głowie.



Ad.1-3. Brano pod uwagę wszystkie, również oczywiste czynniki mogące mieć wpływ na rozwiązanie ostateczne. Był to także etap wczytywania się w bardzo ubogą literaturę tematu. W tej fazie powstają całe serie rozwiązań cząstkowych np.: stabilizacja maski i hełmu na głowie pletwonurka, awaryjnego otwierania maski, lokalizacji elementów łączności i wizjera. Wiele rozwiązań cząstkowych jest sprawdzanych na modelach /Fot.1/.



FOT.2
Model funkcjonalny kasku.
Model wykonano z użyciem
technologii przewidzianych do
wykorzystania w produkcji.

Ad.4. Szczegółowe wytyczne dla wariantu "A": maski do skafandra mokrego i dla wariantu "B": maski do skafandra suchego mają wiele punktów wspólnych. Np. zarówno jeden jak i drugi mają skorupę sztywną, która osłania głowę przed urazami, jest częścią konstrukcyjną dla wszystkich elementów maski oraz ułatwia stabilizację na głowie przez eliminację całego systemu pasków.

Wariant "A" jest trójczęściowy, posiada wizjer trójsegmentowy, mikrofon w kopułce oddechowej. /W obu modelach wyeliminowano ustnik/. Słuchawka w części środkowej sztywnej w pobliżu ucha. Kopułka oddechowa od czoła ma otwór przez który płetwonurek oddycha przy otwartej części przedniej - a jest zamknięty szybą przy zamkniętej.

Wariant "B" jest dwuczęściowy, także z otwieraną częścią przednią, ale właśnie w części przedniej posiada zespół oddechowo-głosowy, który przy otwarciu wizjera odsłania usta i nos.

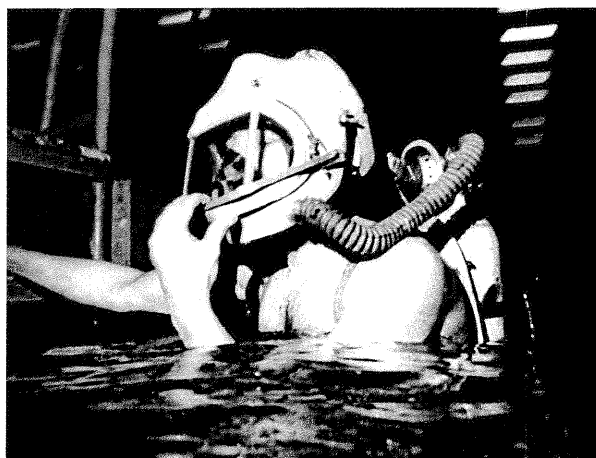
Ad.5,6. Dla realizacji modelu funkcjonalnego przyjęto następujące założenia generalne: hełm 3-częściowy, wizjer 3-segmentowy, kopułka oddechowo-głosowa połączona na stałe z częścią środkową kasku, z otworem oddechowym przy otwartym wizjerze, mikrofon na głowie w górnej części kasku pod podstawą emitera ultradźwiękowego, połączony falowodem z przewodem wydechowym /FOT.2/ - było to możliwe dzięki doświadczalnie sprawdzonej propozycji umieszczenia zarówno słuchawki, jak i mikrofonu w dowolnym miejscu i połączeniu falowodem. Część tylna

dociskowa wyłożona trzema regulowanymi pasami. Regulacja docisku odbywa się w zasadzie dwoma zamkami po obu stronach, a dopiero po wykorzystaniu całego zakresu, reguluje się zgrubnie pasami.

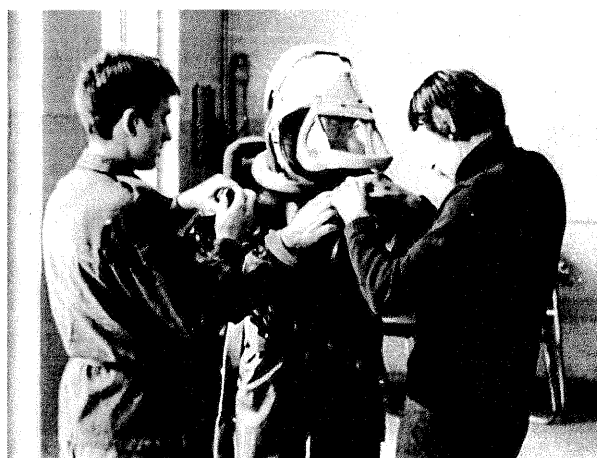
Wiele elementów było kilkakrotnie weryfikowanych. Np. zamknięcie części tylnej -w pierwszej fazie miało zębatkę i mały skobelek przestawny, następnie zostało zmienione na zębatkę, okrągły uchwyt odciągany /niebezpieczny ze względu na



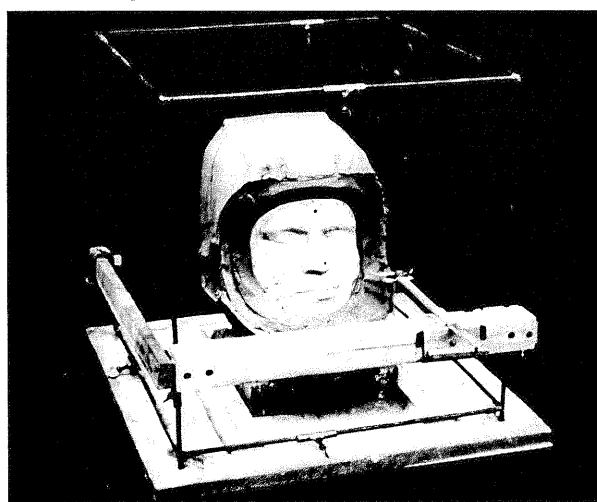
FOT.3
Próby z użyciem modelu
funkcjonalnego. Wyniki tych
prób były podstawą do
opracowania założeń
projektowych prototypu.



FOT.4
Kask pełniący funkcję maski mokrej. Bez kaptura.
/Prototyp w czasie prób na basenie./



FOT.5
Kask pełniący funkcję maski suchej. Z doklejonym kapturem. /Przygotowanie do prób na basenie./



FOT.6
Model kasku wykonany z plasteliny, umieszczony w przyrządzie służącym do symetrycznego namierzania punktów w przestrzeni.

możliwość zaczepienia/, następnie zamknięcie teleskopowe z zębatką na części wewnętrznej, a rozprzęganie polegało na obrocie części środkowej z zębatką. Na podstawie doświadczeń i obserwacji zamknięcie w prototypie przyjęło inną formę, wygodną do chwytania także w rękawicach, niepodatną na zaczepienie, prostą w produkcji.

W tej fazie do współpracy włącza się rzeźbiarka. Przygotowuje modele z uwzględnieniem różnych lokalizacji zespołu łączności /mikrofon-słuchawka/, oraz uchwytów do skoków. Równolegle odbywają się próby w środowisku naturalnym /FOT.3/. Formuluje się istotna decyzja dla efektu ostatecznego. Zespół łączności może być połączony rozłącznie z kaskiem. A więc kask może spełniać funkcje:

maski mokrej - bez przyklejonego kaptura /FOT.4/,

maski suchej - do połączenia ze skafandrem

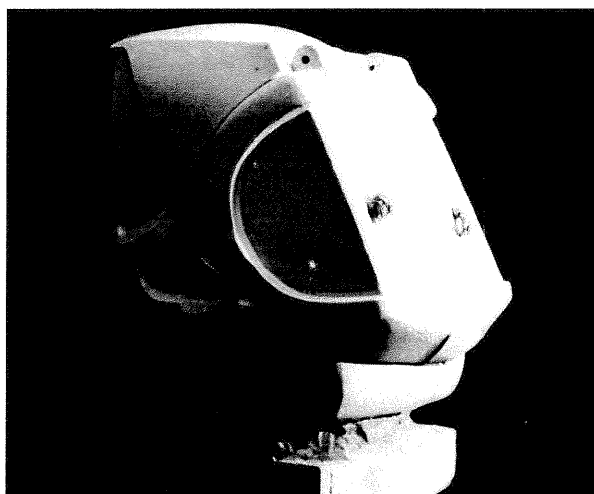
suchym /FOT.5/

i równocześnie:

1/ bez łączności - wloty do falowodów w części górnej kasku zaślepione śrubami;

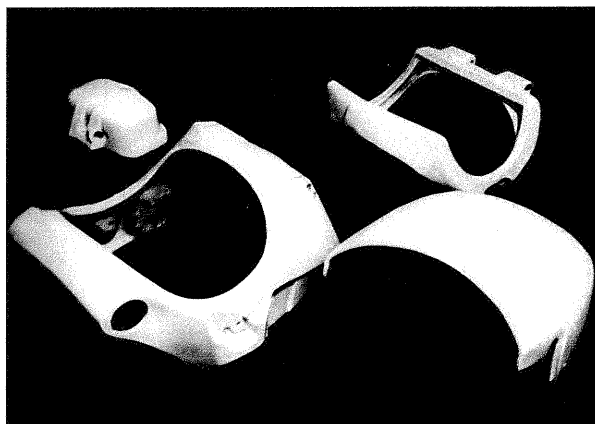
2/ z łącznością - po umocowaniu zespołu mikrofon-słuchawka. /W tym wypadku może to być łączność przewodowa lub łączność bezprzewodowa/.

Ad.7. Wykonanie prototypu rozpoczęło się od modelowania w plastelinie, w specjalnie przygotowanym przyrządzie, pozwalającym namierzać symetrycznie punkty w przestrzeni /FOT.6/. Następnie z modelu w plastelinie zostały zrobione formy gipsowe i z tych form wykonano trzy modele gipsowe /FOT.7/. Potem zostały one rozcięte wzdłuż osi symetrii i na następnym przyrządzie dopracowane. Kolejno zostały rozcięte zgodnie

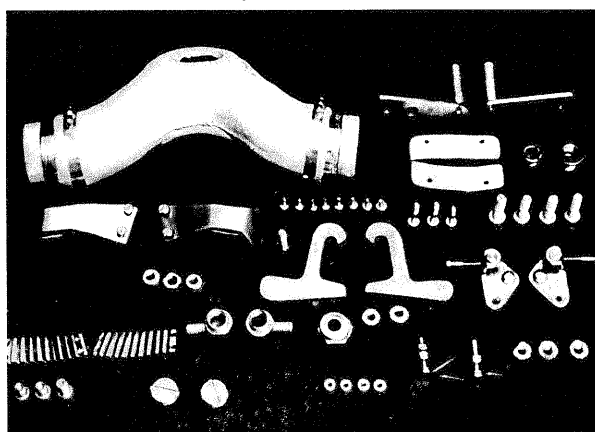


FOT.7
Model gipsowy. Po rozcięciu
zgodnym z podziałem ostatecznym,
wykonano z tego modelu formy do
laminowania prototypu.

z podziałem ostatecznym, zostały dopracowane styki, a następnie części symetryczne sklejone ze sobą, opracowane, została odcięta podstawa i z tych trzech elementów wykonano wieloczęściowe solidne formy gipsowe, w których odbywało się laminowanie prototypu. Gotowe elementy, po spasowaniu i obróbce wykończeniowej /FOT.8/, zostały uzbrojone w uprzednio przygotowane okucia i części gumowe /FOT.9/."



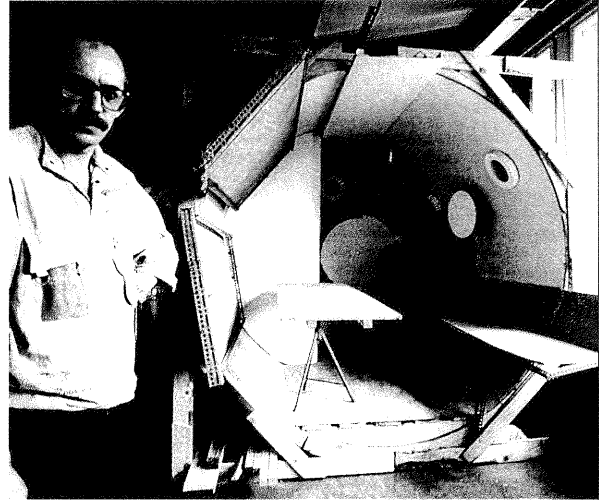
FOT.8
Elementy składowe prototypu.
Obudowa zespołu łączności,
część zasadnicza, ramka
trójsegmentowego wizjera,
część tylna.



FOT.9
Okucia i części gumowe
prototypu.

2• PROJEKT WZORNICZY ZESPOŁU KOMÓR HIPERBARYCZNYCH.

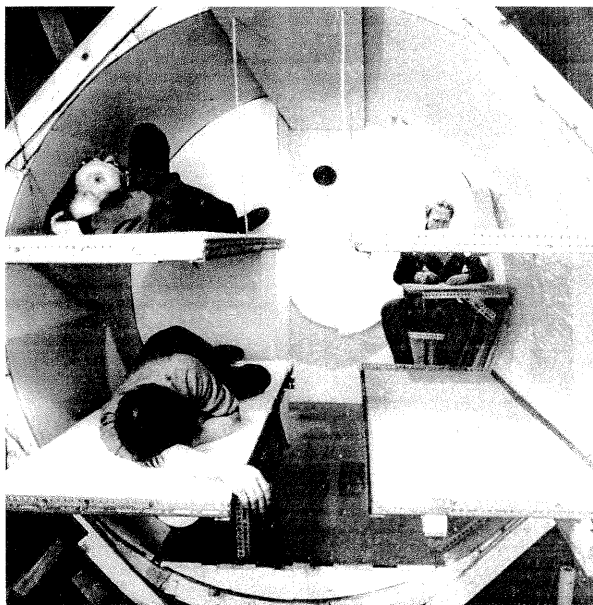
PROJEKT REALIZOWANY NA ZLECENIE STOCZNI SZCZECIŃSKIEJ
DLA INSTYTUTU MEDYCyny MORSKIEJ I TROPICALNEJ
W GDYNI,
ZESPÓŁ POD KIERUNKIEM J. POPKA:
J. POPEK, M. ADAMCZEWSKI, A. IWANASZKO, A. PERKOWSKI,
LEK. MED. E. BONIKOWSKI.



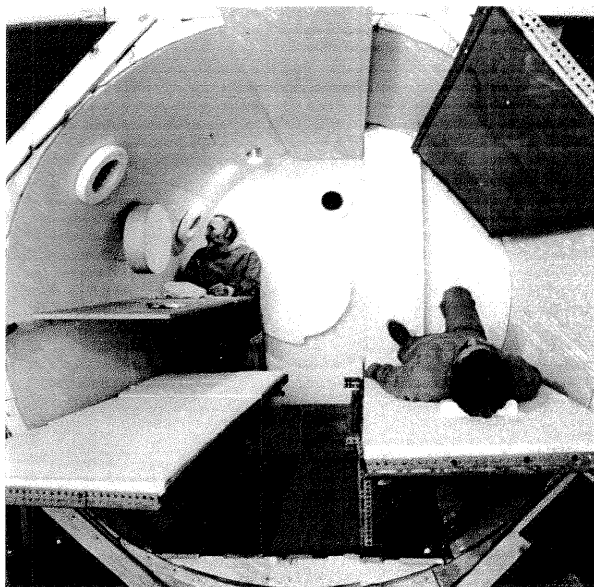
Zespół składa się z komory mieszkalnej, komory leczniczej i komory treningowej. Ilość komór ich wielkość i wzajemne usytuowanie były danymi niezmiennymi w procesie projektowym. Określona była również liczba użytkowników, funkcje przez nich wykonywane oraz czas przebywania w komorze.

Problemem projektowym była lokalizacja i postać wyposażenia poszczególnych komór oraz stanowisk roboczych, przebieg procesów zabiegów medycznych, i innych związanych z wykonywaniem określonych funkcji w zadanych wnętrzach.

FOT. 1
Sumulacja we wnętrzu modelu
komory mieszkalnej.
Koje rozłożone. Dyżurny przy
stanowisku.



Proces projektowy rozpoczęto od sformułowania problemu i określenia założeń projektowych. Następnie przystąpiono do zbudowania przestrzennego modelu. Średnice wszystkich komór były takie same, fakt ten umożliwiał zbudowanie jednego obiektu, który w zależności od wyposażenia wnętrza, stawał się modelem poszczególnych komór. Zastosowano konstrukcję odwzorowującą w przybliżeniu kształt wnętrza komory dekompresyjnej. Wyposażono wnętrze obiektami o parametrach wytrzymałościowych pozwalających na wykorzystywanie ich w czasie



FOT.2
Symulacja we wnętrzu modelu
komory medycznej. Lekarz
dyżuruje, pacjent na koi, stół
operacyjny złożony.

symulacji jako siedziska i miejsca do leżenia /Fot.1, Fot.2/.

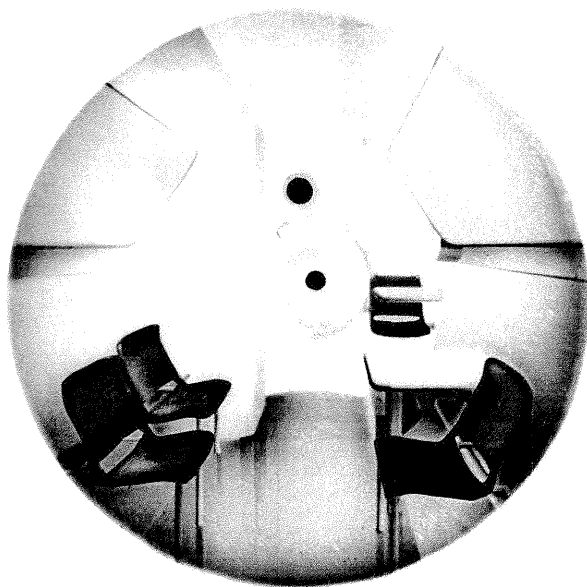
Zakładano zmianę wyposażenia wnętrza modelu w zależności od programu przeprowadzanych symulacji. Każde czynione założenie projektowe odzwierciedlano w przestrzennym modelu jeszcze przed przystąpieniem do poszukiwania rozwiązań problemu projektowego.

Członkowie zespołu projektującego /w tym lekarz psychiatra-psycholog/ uczestniczyli w procesie powstawania modelu przestrzennego.

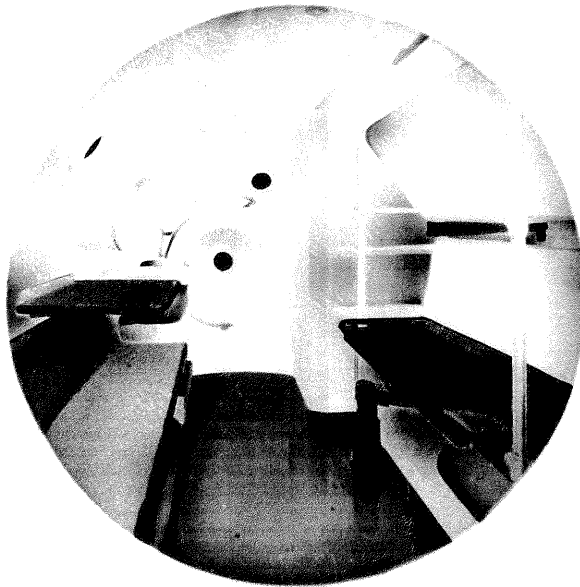
Stopień abstrakcji modelu był duży, wynikało to z umowności fizycznej struktury modelu. Model miał służyć jako ograniczenie przestrzeni i odzwierciedlenie umieszczenia w niej poszczególnych elementów. W trakcie przeprowadzania symulacji zmniejszano stopień abstrakcji używając rzeczywistych elementów wyposażenia. Konstrukcja modelu oddawała w dobry sposób wrażenie odizolowania od otoczenia. Uczestnicy symulacji w silny sposób odczuwali ograniczenie przestrzeni, co jest charakterystycznym odczuciem osób przebywających we wnętrzu komory.

Ten stopień przybliżenia był wystarczający do prowadzenia symulacji i podejmowania decyzji dotyczących rozmieszczenia funkcji we wnętrzu komór, wzajemnego usytuowania w przestrzeni wyposażenia i decyzji dotyczących kształtu tego wyposażenia.

Sesje dotyczące poszukiwania rozwiązań projektowych przeradzały się w spontaniczne symulacje przeprowadzane wewnątrz modelu komory przez zespół projektujący. W późniejszych fazach procesu projektowego symulacje były planowane i służyły zarówno weryfikacji osiągniętego stanu jak i przełamaniu impasów w procesie projektowym. Po odzwierciedleniu w przestrzennym modelu wyjściowych danych wymiarowych w ciągu trwania procesu projektowego modyfikowano model przekształcając go i rozbudowując. Decyzje projektowe powstawały w trakcie pracy z przestrzennym modelem.



FOT.3
Wizja wnętrza komory
mieszkalnej. Koję złożone.
Rozłożone siedziska. Aranżacja
wnętrza dzienna.



FOT.5
Wizja wnętrza komory
medycznej. Stół operacyjny w
położeniu spoczynkowym.

Główną ideą rozwiązania była zmienność postaci wyposażenia wnętrz. W komorze mieszkalnej rozłożenie koi umożliwiające ich wykorzystanie uniemożliwia lub znacznie utrudnia wykonywanie innych czynności, takie rozwiązanie wymusza zmienność rytmu snu i czuwania. Zmienia się również postać węzła sanitarnego, gdy nie jest używany zajmuje możliwie najmniejszą kubaturę.

Po rozwiązaniu problemu projektowego model przestrzenny stanowił jakby "zapis" rozwiązania i na podstawie jego właśnie opracowano dokumentację projektu. Efekty procesu projektowego przedstawiono przy pomocy rysunków technicznych, opisu i wizji wnętrz komór przedstawionych za pomocą rysunku /Fot.3, Fot.4/.

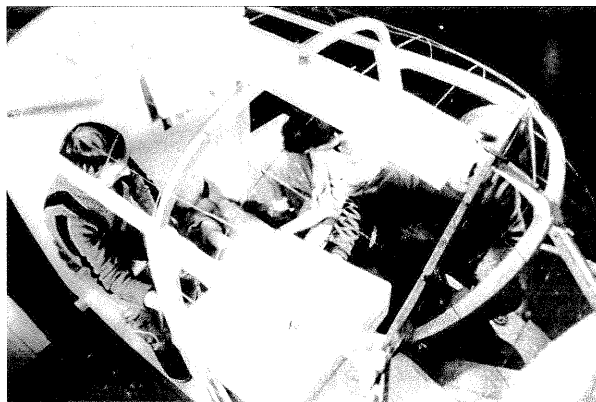
PROJEKT REALIZOWANY NA ZLECENIE
ZAKŁADU BADAWCZO ROZWOJOWEGO WYTWÓRNI SPRZĘTU
KOMUNIKACYJNEGO WSK PZL ŚWIDNIK,
PRZEZ ZESPÓŁ POD KIERUNKIEM J. POPKA:
J. POPEK, W. CHARKIN, M. ŚREDNIAWA, DR MED. Z. SIĆKO,
WSPÓŁPRACA: DR MED. K. KUSZEWSKI, M. ADAMCZEWSKI,
S. MACKIEWICZ.



"Przedmiotem projektu jest lokalizacja, postać i wyposażenie stanowisk roboczych, procesy zabiegów medycznych wewnątrz kabiny, procesy wynoszenia noszy i sprzętu medycznego oraz wprowadzanie noszy z pacjentem i wnoszenie sprzętu do kabiny. W przestrzeni kabiny zlokalizowane są dwa rodzaje stanowisk o wyraźnie wyodrębnionych funkcjach: pilotażowych i medycznych. Do pierwszego należy stanowisko pilota wraz z wyposażeniem w osprzęt i instalacje niezbędne do pracy i pilotażu śmigłowca. Na drugi składają się stanowiska lekarza i ratownika, nosze z pacjentem oraz sprzęt medyczny zapewniający utrzymanie podstawowych funkcji życiowych pacjenta. Sytuację przestrzenną określają przyjęte rozwiązania konstrukcyjne odnoszące się do wyposażenia lotniczego w tym usytuowanie belki dzielącejabinę poprzecznie między drugimi słupkami."^{17(str.45)}

Prace rozpoczęto od ustalenia założeń i ograniczeń projektowych.

FOT.1
Model kabiny śmigłowca SW-4.
Jego konstrukcja pozwala na
przeprowadzanie symulacji
z udziałem ludzi..



W tym samym czasie realizowano model kabiny w skali 1:1. Fizyczna struktura modelu w początkowej fazie odzwierciedlała założenia i ograniczenia dotyczące stałych i niezmiennych elementów konstrukcji kabiny. W miarę definiowania założeń i ustalania ograniczeń model zyskiwał szczegóły urealnijające go w stosunku do rzeczywistości. Budowano model z założeniem uzyskanie wytrzymałości konstrukcji wystarczającej do przeprowadzania symulacji z udziałem członków zespołu projektowego /FOT.1/.



FOT.2
Ustalony tryb prac
projektowych polegał na
podejmowaniu spontanicznych
symulacji we wnętrzu modelu
kabiny.

Kolejnym etapem pracy było opracowanie wariantów układu przestrzennego stanowisk roboczych wewnątrz kabiny. Praca na tym etapie z założenia odbywać się miała z wykorzystaniem płaskich fantomów w skali zredukowanej oraz szkiców wnętrza kabiny. W praktyce ustalił się tryb pracy polegający na spontanicznych symulacjach wewnątrz modelu kabiny. Osoby stanowiące zespół projektujący zajmowały miejsca w modelu, symulując układem swoich ciał przestrzenne rozmieszczenie użytkowników na ich stanowiskach /FOT.2/. Instrumentem badawczym w tym przypadku były zmysły osób uczestniczących w symulacji a punktem odniesienia ich własne ciała. Ten sposób pracy pozwolił na zaproponowanie czterech, na tym etapie rozwoju projektu równorzędnych, układów przestrzennych przy założeniu niezmienności, dyktowanej względami konstrukcyjnymi i zwyczajowymi, usytuowania stanowiska pilota. Układy te zostały zweryfikowane pod względem zakresu wymiarowego użytkowników. Zostało to zrealizowane za pomocą płaskich modeli graficznych. Wszystkie cztery układy przeszły tę weryfikację pomyślnie.

Następnym etapem było dokonanie wyboru najdogodniejszego układu. W tym celu opracowano listę czynności ruchowych lekarza i ratownika związanych z pacjentem i wykorzystaniem sprzętu medycznego i przeprowadzono symulację ich wykonywania dla każdego z czterech układów. W celu dalszego zwiększenia zgodności modelu z rzeczywistością pokryto jego powierzchnię powłoką pomijając miejsca okien. Powłoka rozpięta była na siatce przebiegającej zgodnie z kształtem poszycia kabiny. Ponieważ w programie czynności było opuszczanie kabiny i wchodzenie do niej, jak również załadunek i wyładunek sprzętu medycznego, podniesiono model kabiny symulując właściwe jej położenie w stosunku do podłoża.

Weryfikację wariantowych układów przeprowadzono wykonując szereg symulacji, w których członkowie zespołu projektującego, wykonywali czynności z ustalonej przez lekarza anestezjologa, członka zespołu projektującego, listy. Symulacje przeprowadzane były kolejno dla każdego wariantu przestrzennego układu stanowisk lekarza, ratownika i pacjenta. W czasie symulacji poszczególne układy oceniane były pod

względem możliwości wykonania danych czynności. Dodatkowo sprawdzano czy rodzaje czynności rozdzielone są między lekarza i ratownika zgodnie z programem ich działań, ze wzajemnym uzupełnieniem, czy istnieje między nimi kontakt wzrokowy, możliwość współpracy i porozumiewania się gestem. Szczególnie zwracano uwagę na trudną i wyczerpującą czynność masażu serca. Szukano odpowiedzi na pytania: czy istnieje dogodna pozycja do prowadzenia tej czynności, czy może ją wykonywać zarówno lekarz jak i ratownik.

W czasie symulacji wykonywano dokumentację zdjęciową krytycznych czynności, jak również stosowano formę magnetofonowego zapisu spostrzeżeń osób biorących udział w symulacji, jak i członków zespołu będących obserwatorami.

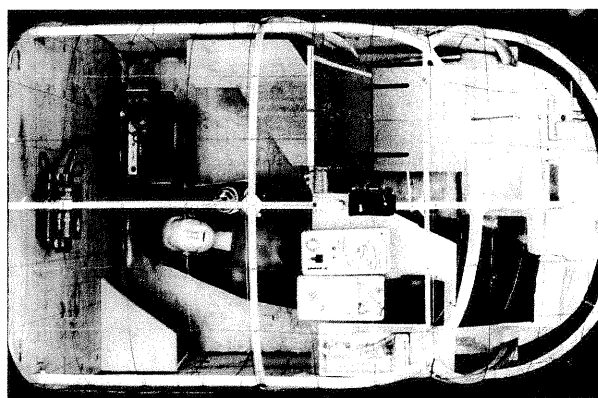
Analiza zebranego w czasie symulacji materiału pozwoliła wytypować jeden z wariantów jako spełniający w sposób zadowalający wszystkie założenia i najlepiej ze wszystkich wariantów, spełniający postawione kryteria.

Doświadczenie zdobyte przez projektantów biorących udział w symulacji było inspiracją do sformułowania nowych tez projektowych. Jedną z takich tez była zmienność pozycji lekarza i ratownika w czasie wykonywania poszczególnych czynności i odpoczynku. Przyjęcie takiej tezy pociągało za sobą konieczność zaprojektowania dedykowanego siedziska, a właściwie całego szeregu podparć ciała. Równocześnie stwierdzono, że analiza symulacji nie dała odpowiedzi na to, jak rozmieścić sprzęt medyczny w kabinie.

Od tego etapu zaawansowania projektu prace poszły dwoma równoległymi torami. Jednym było dalsze definiowanie układu przestrzennego stanowisk roboczych wewnątrz kabiny. Drugim rozwiązanie problemu transportu sprzętu medycznego do poszkodowanego, praca w miejscu udzielania pomocy i transport sprzętu wraz z poszkodowanym do wnętrza kabiny. Problemy projektowe drugiego nurtu rozwiązywane były w sposób klasyczny. Poprzez definiowanie problemów składowych, analizę funkcji, weryfikację logiczną stawianych propozycji rozwiązań i notowania efektów w postaci płaskich modeli lub modeli przestrzennych w skali zredukowanej.

Dalsze definiowanie wnętrza kabiny polegało głównie na próbach rozmieszczenia sprzętu medycznego, weryfikowanych kryteriami jego dostępności, jednoznaczności lokalizacyjnej oraz łatwości wnoszenia i wynoszenia. Technika prowadzenia pracy projektowej polegała na zbudowaniu uproszczonych modeli wyposażenia medycznego i wykonywania szeregu symulacji przy zmianach umieszczenia wyposażenia w kabinie.

Równocześnie w czasie symulacji w których uczestniczyli nadal członkowie zespołu, prowadzono obserwację i autoobserwację przyjmowanych pozycji ciała i dogodnych punktów podparcia. Stwierdzono zmniejszenie napływu informacji i reakcji na nie, w postaci stawianych nowych tez projektowych. Założono, że wynika to z faktu zbyt dużego uproszczenia wykonywanych czynności przez osoby nie będące personelem medycznym. Układ człowiek-model na tym etapie zaawansowania projektu w zbyt małym stopniu odpowiadał rzeczywistości.



FOT.3
Model kabiny śmigłowca
wyposażony w sprzęt
medyczny.

Zaprojektowano w związku z powyższym serię symulacji z udziałem wykwalifikowanego personelu medycznego w roboczo przyjętej koncepcji układu przestrzennego stanowisk pracy i rozmieszczenia sprzętu medycznego. W celu możliwie dużego urealnienia sytuacji, modele wyposażenia medycznego zastąpiono rzeczywistym wyposażeniem /FOT.3/ oraz użyto mane-

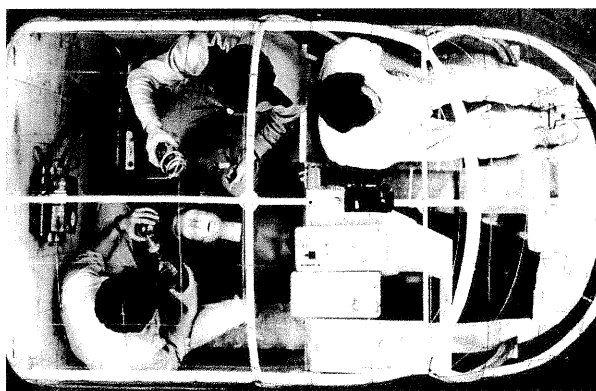
kina do treningu zabiegów reanimacji. Przedsięwzięte kroki pozwoliły na osiągnięcie większej adekwatności symulacji do rzeczywistości

Uczestniczenie w symulacji lekarza anestezjologa pozwoliło na uzyskanie informacji dotyczących pewnych przyzwyczajęń, wyuczonych odruchów związanych z praktyką wykonywanych czynności, tempa wykonywania tych czynności, jak i ich rzeczywistą złożoność i trudność wykonania. Użycie manekina i rzeczywistego wyposażenia pozwoliło lekarzowi na wykonywanie poszczególnych czynności z pełnym realizmem, czasowym i siłowym. Równocześnie funkcję ratownika w czasie symulacji pełniła osoba z zespołu projektującego. Pozwoliło to projektantowi na odczuwanie sytuacji własnymi zmysłami.

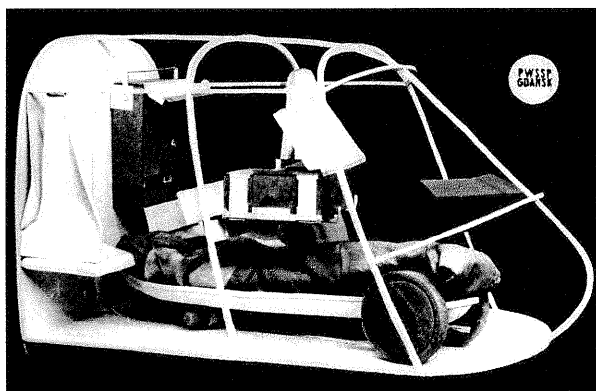
Przebieg symulacji był rejestrowany fotograficznie i na taśmie



FOT.4
Symulacja z wykorzystaniem sprzętu medycznego i z udziałem lekarza anestezjologa, członka zespołu projektowego.



FOT.5
Symulacja z udziałem lekarza anestezjologa. Zdjęcie pozwalające na odczytanie zależności wymiarowych.



FOT.6
Model kabiny śmigłowca w skali 1:5 służący do prezentacji efektów prac projektowych.

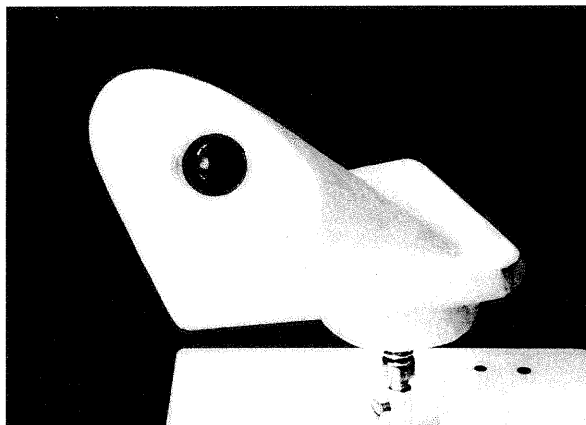
magnetofonowej. Wykonywano dwa rodzaje fotografii. Pierwszym były fotografie za pomocą których notowano charakterystyczne sytuacje mające miejsce w czasie trwania symulacji /Fot.4/. Wykonywano je z zewnątrz modelu kabiny. Drugim rodzajem były fotografie, które pozwalały na odczytywanie zależności wymiarowych /Fot.5/.

Analiza materiału zebranego w czasie ostatniej serii symulacji pozwoliła na ostateczne, dla tego etapu projektu, zweryfikowanie stawianych tez projektowych. Zdefiniowano układ przestrzenny stanowisk lekarza, ratownika i pacjenta, rozmieszczenie sprzętu medycznego, zaproponowano wstępne zdefiniowanie postaci siedzisk ratownika i lekarza, zaproponowano sposób wykonywania czynności ruchowych związanych z pacjentem i wykorzystaniem sprzętu medycznego.

W połączeniu z wynikami prowadzonych równolegle prac nad transportem sprzętu i pacjenta zaproponowano nową postać noszy i zasobników na sprzęt medyczny.

Jako modeli prezentujących rozwiązanie użyto: szkicowego, przestrzennego modelu wykonanego w skali 1:5 /Fot.6/, fotografii, schematycznych rysunków rzutów oraz opisu. Do zaprezentowania procesu wynoszenia i wnoszenia poszkodowanego oraz sprzętu medycznego posłużono się techniką fotomontażu.

PROJEKT STUDYJNY PODJĘTY Z INICJATYWY PROF. J. POPKA
DLA FIRMY "PRODESIGN" Sopot.
PROJEKT: J. POPEK, M. ŚREDNIAWA.



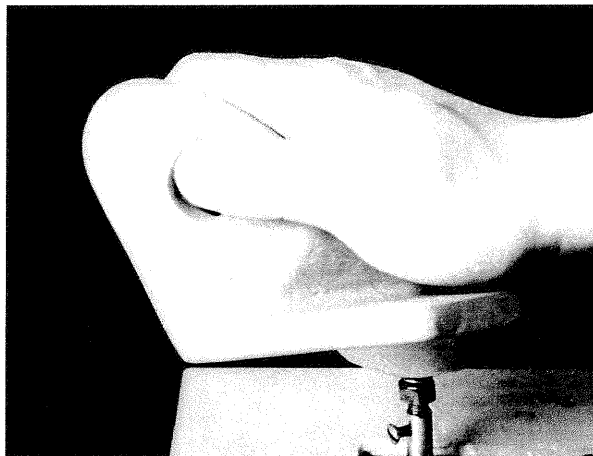
Zadaniem było zaprojektowanie manipulatora ręcznego którego podstawową funkcją miało być sterowanie wysięgnikiem samobieżnej maszyny budowlanej. Sterowanie mechanizmem zmieniającym długość remienia wysięgnika i jego kąt nachylenia. Ramię wysięgnika nie miało możliwości obrotu w osi pionowej. Funkcję tę realizowano obracając korpusem maszyny.

Ciało operatora pozycjonowane było względem kierownicy obsługiwanej lewą ręką i pedałów. Umieszczenie manipulatora w kabinie było w znacznym stopniu określone i zdeterminowane względami konstrukcyjnymi.

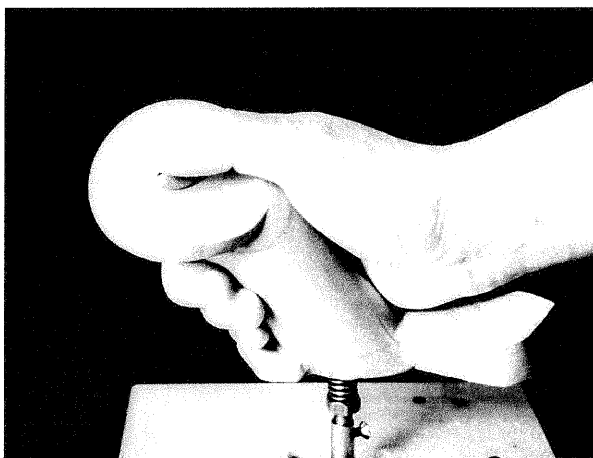
Ponieważ operator prawą ręką, oprócz sterowania wysięgnikiem, w założeniu miał sterować również innymi funkcjami przyjęto zespolenie wszystkich elementów sterujących w jednym manipulatorze. Przy czym maksymalna ich ilość nie była znana.

Ponieważ prawa ręka, przy powyższym założeniu, przez cały czas pracy operatora miała być w kontakcie z manipulatorem, założono zaprojektowanie manipulatora w taki sposób by możliwe było swobodne umieszczenie ręki na nim. /W klasycznym rozwiązaniu nie istnieje taka możliwość, przez cały czas trwania operacji należy trzymać manipulator by przeciwdziałać zsuwaniu się ręki./

W początkowej fazie poszukiwano takiego ułożenia ręki i manipulatora jakie przyjmowane jest bezwiednie, zakładano, że w takim ułożeniu ręka może spoczywać bez wysiłku przez pewien czas.



FOT.1
Model I koncepcji manipulatora.
Punktem wyjściowym tego modelu
była półkula.



FOT.2
Model II koncepcji manipulatora.
Punktem wyjściowym tego modelu
był pionowy walec.



FOT.3
Model III koncepcji manipulatora.
Punktem wyjścia dla tej koncepcji
był poziomy walec.

Równocześnie szukano punktu podparcia, zapewniającego równowagę układu ręka-manipulator, przy swobodnym ułożeniu ręki.

Po określeniu założeń wstępnych przyjęto, jako wyjściowe do modelowania, trzy bryły: półkulę o średnicy 110mm, pionowy walec o średnicy 36mm i poziomy walec o osi prostopadłej do płaszczyzny symetrii ciała operatora i średnicy 36mm.

Doświadczenia dowiodły konieczności podpierania nasady dłoni w celu zachowania równowagi układu. Wiązało się to z koniecznością zmiany wyjściowych kształtów modeli. Od tego etapu projektu wyjściowe kształty półkuli i walców podlegały modyfikacjom odzwierciedlającym decyzje projektowe. Ukształtowały się trzy równoległe koncepcje manipulatora /FOT.1, FOT.2, FOT.3/.

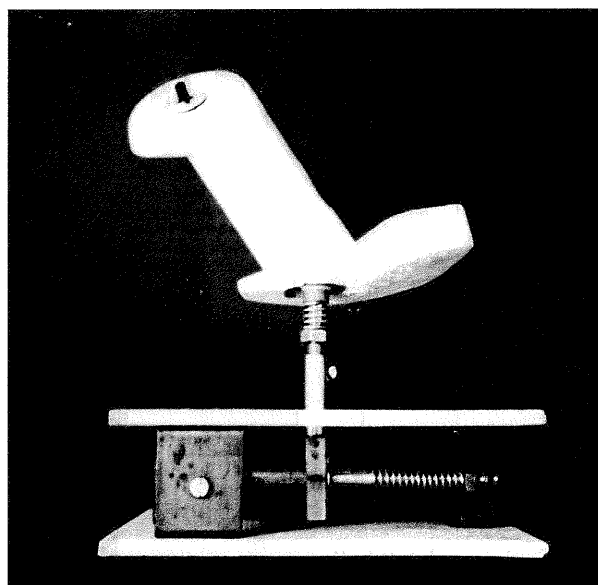
W tej fazie projektu modele wykonywano ze spienionego polistyrenu. Pozwalało to na prostą i szybką zmianę kształtu przez odcinanie i doklejanie. W przypadku konieczności wymodelowania detalu o większej precyzji stosowano technikę mieszaną: polistyren pokrywano warstwą gipsu. Pozwalało to na uzyskiwanie trwalszych i precyzyjniej ukształtowanych detali modelu.

Zmian kształtu modeli dokonywano na podstawie subiektywnego odczucia niedogodności wynikających z kontaktu dłoni z przedmiotem.

Modele w wyniku przyjęcia takiej techniki projektowej ulegały ciągłym modyfikacjom. W celu dokumentowania ważniejszych zmian, zdejmowano z modeli formy i wykonywano odlewy gipsowe. Tak powstałe modele służyły jako odniesienie przy testowaniu kolejno wprowadzanych zmian. Pozwalało to na śledzenie zmian

kształtu pod wpływem kolejno następujących decyzji i porównywanie kształtu przed oraz po wprowadzeniu zmian.

Po pewnym czasie zauważono brak powstawania istotnych zmian kształtu modeli. Przyjęto, że wynika to z braku napływania nowych informacji powstających w wyniku przeprowadzanych symulacji ruchu układu manipulator-ręka. W celu zweryfikowania dotychczasowych decyzji projektowych postanowiono: stworzyć mechanizm symulujący reakcje manipulatora na siły jakie wywiera nań operator oraz dokonać symulacji z udziałem osób reprezentujących różnice dotyczące wymiarów i budowy ciała.



FOT.4
Model manipulatora
przymocowany do urządzenia
symulującego reakcje
sterowanego mechanizmu.

Powstały mechanizm pozwalał na niezależne obroty manipulatora w dwóch poziomych, ustawionych do siebie pod kątem prostym i przecinających się osiach. Dłoń trzymająca manipulator oddalona była od osi obrotu o około 15cm. Każdy ruch operatora przeniesiony przez manipulator wywoływał reakcję mechanizmu w formie siły skierowanej w przeciwną stronę. Siła była tym większa im większy był kąt wychylenia manipulatora. Siła reakcji mogła być regulowana. W chwili gdy na manipulator nie działały żadne siły z zewnątrz, mechanizm utrzymywał go w centralnym położeniu.

Przeprowadzano symulacje z udziałem osób nie biorących bezpośredniego udziału w pracy projektowej. Przyjęto następujący schemat symulacji. Informowano osoby o przeznaczeniu i sposobie użycia manipulatora. Umieszczano manipulator z prawej strony siedzącej osoby na wysokości wynikającej z przyjętych ograniczeń technicznych dotyczących konstrukcji kabiny. Polecano słownie wykonywanie ruchów manipulatorem. Sekwencje ruchów były wybierane losowo. Przykład sekwencji: "do przodu, w prawo, do tyłu na lewo, do przodu na lewo, w lewo, do centrum, i t.d." W trakcie symulacji prowadzono rozmowę z osobą w niej uczestniczącą. Tą drogą uzyskiwano informacje o niedogodnościach związanych z wykonywanymi ruchami. Sugerowano zmianę położenia manipulatora względem ciała. Symulację przeprowadzano, używając kolejno trzech manipulatorów, prosząc o subiektywną ocenę niedogodności wykonywanych za ich pomocą manipulacji. W symulacjach wzięło udział kilkanaście osób.

Uzyskane informacje powodowały podejmowanie decyzji dotyczących zmiany kształtu i położenia manipulatora. Decyzje te realizowano tak, jak poprzednio.

Podstawową niedogodnością zaobserwowaną w czasie symulacji było niewygodne zgięcie nadgarstka w pozycjach manipulatora "do tyłu". Powodowało to niewykorzystywanie pełnego zakresu wychyleń manipulatora. Dotyczyło to wszystkich trzech modeli.

W celu likwidacji tego niekorzystnego zjawiska zaproponowano umieszczenie, analogicznych do już istniejących, dodatkowych osi obrotu umieszczonych w bezpośredniej bliskości dłoni. Zaproponowany układ przedstawiał się następująco: osie obrotu tworzące dolny węzeł, element stały o długości ok 13cm, osie obrotu tworzące górny węzeł, manipulator, ręka operatora.

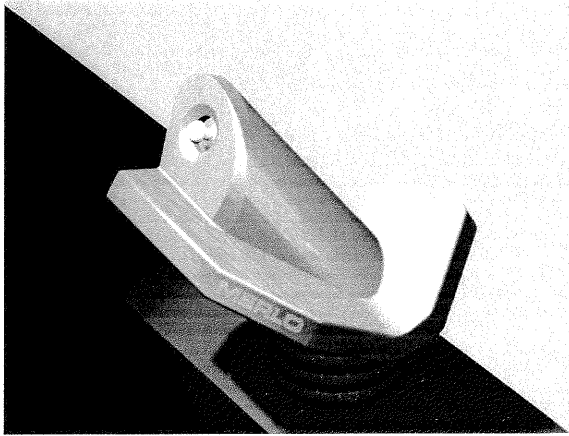
Wstępne próby wykazały konieczność wyposażenia górnego węzła w mechanizm analogiczny do zastosowanego w węźle dolnym.

Nową serię symulacji rozpoczęto od osób projektujących i przeprowadzono w sposób analogiczny do poprzedniej serii. Różnicą w stosunku do poprzedniej serii było wzbogacenie wykonywanych czynności o próby naciskania i przesuwania po manipulatorze kciukiem.

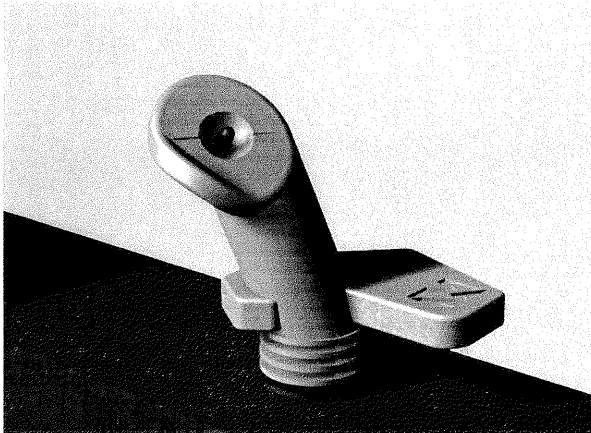
W czasie przeprowadzanych symulacji zaobserwowano, że przy bocznych ruchach manipulatora następuje zginanie dolnego węzła, natomiast przy ruchach do przodu i do tyłu zginaniu ulegają węzły dolny i górny. Obserwacja ta pozwoliła na uproszczenie górnego węzła do jednej osi obrotu pozwalającej na obrót manipulatora w kierunku przód-tył. Tak więc przy ruchach na boki dłoni wykonywała obrót względem dolnego węzła, natomiast przy ruchach przód-tył złożenie obu obrotów pozwalało na przemieszczenie bez zmiany kąta między przedramieniem a dłonią zaciśniętą na manipulatorze.

Na podstawie uzyskanych informacji dokonano zmian kształtu modeli w okolicy styku z kciukiem. Zmiany pozwoliły na umieszczenie w tym miejscu minidrażka sterowego o dwóch stopniach swobody. Założono możliwość sterowania kciukiem funkcji drugorzędnych.

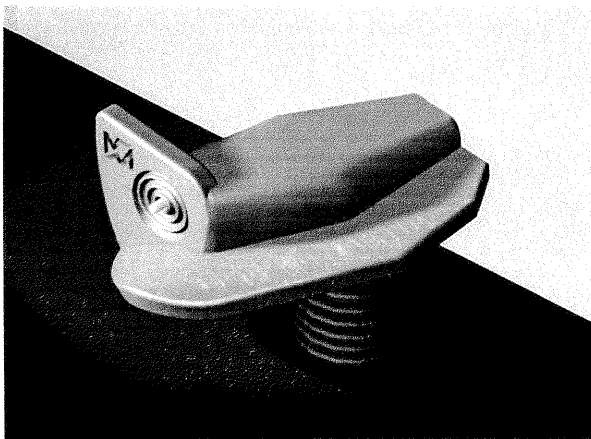
Przeprowadzono kolejną serię symulacji tak jak i poprzednie zapoczątkowaną przez symulacje z udziałem osób projektujących. Sekwencje ruchów manipulatora wzbogacono o ruchy minidrażkiem sterowym. Przeprowadzone symulacje potwierdziły spełnienie założeń. Równocześnie symulacje nie dostarczyły informacji pozwalających na



FOT.5
Model przestrzenny -
komputerowy pierwszej koncepcji
manipulatora.



FOT.6
Model przestrzenny -
komputerowy drugiej koncepcji
manipulatora.



FOT.7
Model przestrzenny -
komputerowy trzeciej koncepcji
manipulatora.

podjęcie decyzji dotyczących wyboru najlepszej z trzech testowanych koncepcji. Preferencje osób uczestniczących w symulacji miały charakter subiektywnych odczuć. Również analiza ilościowa nie wskazała rozwiązania preferowanego. Na podstawie powyższego przyjęto na tym etapie projektu wszystkie trzy rozwiązania za równorzędne.

Prace projektowe zakończono tworząc ikoniczne, przestrzenne modele komputerowe. Służyły one do prezentacji wizualnej efektu prac projektowych. Zrealizowane zostały za pomocą programu 3D Studio. Prezentowane były w formie filmu animowanego.

PROJEKT ZREALIZOWANY NA OGÓLNOPOLSKI KONKURS
KRZESŁO'94. PROJEKT: J. POPEK, M. ŚREDNIAWA.
OBIE PRACE UZYSKAŁY NOMINACJĘ DO GŁÓWNEJ NAGRODY,
NATOMIAST JEDNA Z NICH NAGRODĘ
NORWESKIEGO JURORA J. BUCHACZA.



"Celem konkursu jest promowanie polskiego wzornictwa poprzez podniesienie poziomu użytkowego, estetycznego i ergonomicznego przedmiotu będącego integralną częścią naszego życia - krzesła.

*Przedmiotem konkursu może być każdy rodzaj "krzesła" np. do: domu, pracy, miejsc publicznych; dla dorosłych, dzieci, starszych, niepełnosprawnych; fotele taborety, ławki; wykonany w dowolnej technologii."/>*Fragment regulaminu konkursu./

W początkowej fazie projektu przyjęto, oprócz założeń narzuconych warunkami konkursu, założenie, że siedziska będą stanowiły powierzchnię, wykonaną monoteknologicznie z siatki z drutu stalowego. Przyjęto również, pochodzące z wcześniejszych własnych opracowań ergonomicznych profile siedziska. Z funkcjonalnego punktu widzenia miał być to fotel przeznaczony do biernych form odpoczynku - rozmowa, czytanie, spożywanie niewielkich posiłków.

W celu określenia wytrzymałości możliwej do osiągnięcia w technologii zgrzewania, przy założonych walorach wizualnych, wykonano model fragmentu powierzchni siedziska. Przeprowadzono serię eksperymentów polegających na obciążaniu wymodelowanej powierzchni ciężarem ciała.

Model potwierdził słuszność założeń dotyczących wytrzymałości i sztywności konstrukcji wykonanej z przyjętej grubości drutu i wielkości oczka siatki.

W celu sprawdzenia komfortu siedzenia przeprowadzono eksperyment polegający na zasłonięciu cienkim papierem konstrukcji i poleceniu osobie siedzącej odgadnięcia materiału z jakiego zrobione jest siedzisko. Wątpliwości dotyczące niewygody siedzenia na stalowej siatce z drutu grubości 3mm i oczkach 40x40mm okazały się bezpodstawne. Osoby badane nie odczuwały dyskomfortu i nie były w stanie określić materiału z jakiego wykonane jest siedzisko.

Regulaminem konkursu narzucona była konieczność zaprezentowania projektu przed wykonaniem prototypu. Przyjęto prezentację modelu przestrzennego wykonanego w skali zredukowanej 1:5 jako najbardziej adekwatnego dla przedstawienia idei projektu.

Na tym etapie projektu zostały określone parametry geometryczne powierzchni tworzącej siedzisko modelu. Brak było decyzji dotyczącej przebiegu siatki. Ponieważ założono, że względów technologicznych i formalnych, że poszczególne druty siatki kształtowane będą w jednej płaszczyźnie, zadanie sprowadzało się do określenia płaszczyzn przecięcia powierzchni siedziska. Rozważano możliwość utworzenia siatki z linii powstałych w wyniku przecięcia powierzchni siedziska dwoma, przecinającymi się pękami równoległych i równo od siebie oddalonych płaszczyzn.

Zbudowano gipsowy model powierzchni siedziska. Przebieg siatki zaznaczano rzutując cienką linią na powierzchnię modelu. Geometrycznie rzecz ujmując uzyskano w ten sposób linię przecięcia się powierzchni modelu i płaszczyzny utworzonej przez światło. Przyjęty sposób postępowania pozwalał na rysowanie przebiegu siatki na modelu. Powstałe rozwiązania siatki weryfikowano pod względem logiki konstrukcji i formy. Powierzchnia fotela okazała się na tyle skomplikowana, że nie można było zrealizować siatki powstałej w wyniku rzutowania dwóch pęków płaszczyzn.

Przyjęto ostatecznie trzy pęki płaszczyzn przecinające się pod kątem prostym. Dwa pionowe i jeden poziomy. Przy czym jeden poziomy pęk utworzony był z płaszczyzn równoległych do płaszczyzny symetrii fotela. Rzutowanie założonych pęków na powierzchnię siedziska ujawniło

konieczność modyfikacji przebiegu poszczególnych płaszczyzn w celu stworzenia struktury siatki logicznej pod względem konstrukcyjnym.

Weryfikację sztywności zaproponowanej struktury i jej działanie formalne przeprowadzono budując model. Zrealizowano to formując poszczególne pręty tworzące siatkę na gipsowym modelu i spajając je ze sobą używając tegoż modelu jako formy pozytywowej. Badanie sztywności tak powstałego modelu pozwoliło wyciągnąć wnioski dotyczące przebiegu poszczególnych prętów siatki.

Po przyjęciu modyfikacji wykonano model w którym zawarte były wszystkie decyzje projektowe jakie zostały podjęte do tego czasu.

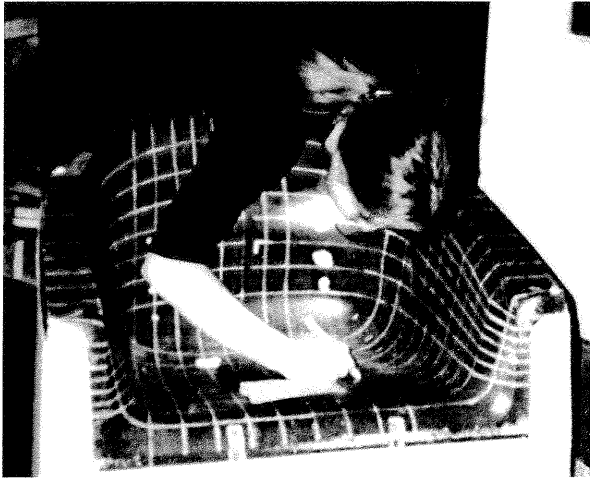
Równocześnie postanowiono zbudować model w którym można by zrealizować postulat konstrukcji siatki powstałej z linii przecięcia się dwóch pęków płaszczyzn z powierzchnią siedziska. Przyjęcie programu funkcjonalnego krzesła pozwoliło na uproszczenie powierzchni tworzącej siedzisko w stosunku do powierzchni fotela.

Postąpiono jak poprzednio, wykonano model gipsowy, rzutowano płaszczyzny, dokonywano weryfikacji powstałych układów siatki. Ostatecznie przyjęto rozwiązanie gdzie jeden pęk, pionowy, tworzą płaszczyzny odchylone od płaszczyzny symetrii siedziska o 45° a drugi pęk tworzą płaszczyzny prostopadłe do płaszczyzny symetrii siedziska i równoległe do siecznej kąta między siedziskiem i oparciem. Wykonany model potwierdził założoną sztywność takiej struktury siatki.

Badanie sztywności zbudowanych modeli pozwoliło na określenie sposobu zakończenia struktury siatki od dołu i sposobu sprowadzenia obciążeń na podłoże.

Sporządzona dokumentacja fotograficzna ukazywała powstałe obiekty w sposób nie pozwalający na odczytanie ich rzeczywistych wymiarów. Pozwalało to na symulowanie działania formy powstałych obiektów na odbiorców. Odbiór formy był na ogół pozytywny.

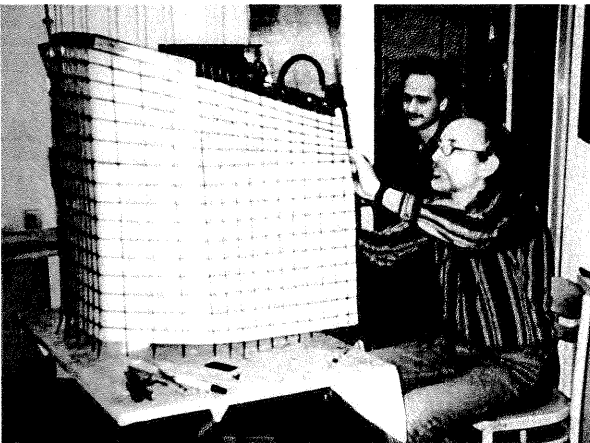
Kolejnym etapem projektu było zbudowanie prototypu. Zastosowano technologię analogiczną do użytej przy budowie modelu. Wykonano pozytywową formę gipsowo-drewnianą. Naniesiono na nią linie przebiegu poszczególnych prętów siatki. Wykorzystano doświadczenia zdobyte przy wykonywaniu modelu. Rzutowano "płaszczyznę świetlną" na powierzchnię formy uzyskując jej linię przekroju w miejscu przecięcia płaszczyzny



FOT.1
Forma gipsowo drewniana
siedziska z zaznaczonymi
liniami przebiegu prętów siatki.



FOT.2
Wyginane ręcznie poszczególne
pręty siatki. /W tle widoczne
gotowe wygięte pręty/.



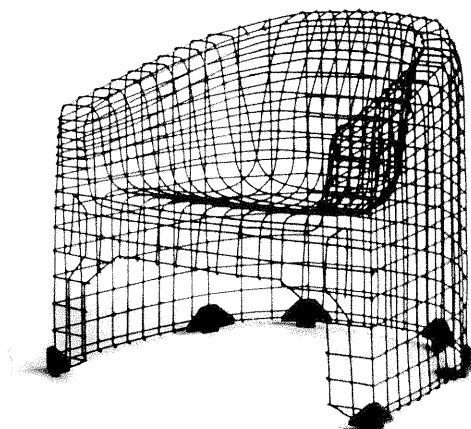
FOT.3
Montaż prętów na pozytywowej
formie. Każde miejsce
przecięcia prętów zostało
zgrzane..

i formy. Przesuwano i obracano formę aby uzyskać odpowiednią jej pozycję względem płaszczyzny rzutu. Odrysowywano te linie. W ten sposób powstał rysunek siatki /FOT.1/. Porównując rysunek siatki modelu z powstałym na powierzchni formy, dokonano modyfikacji przebiegu poszczególnych prętów.

W celu wstępnego ukształtowania prętów, wykonano tekturowe szablony przekroju formy w płaszczyźnie przebiegu każdego pręta. Posłużono się w tym celu zmodyfikowanym prostowodem kreślarskim. Koniec układu, znajdujący się poza powierzchnią deski kreślarskiej, zaopatrzono w wodzik którym wodzono po powierzchni formy w płaszczyźnie przekroju. Kształt był odwzorowywany na umieszczonym pionowo kartonie.

Wyprostowane odcinki wstępnie przyciętego drutu wyginano ręcznie posługując się szablonem /FOT.2/. Następnie montowano na formie, w miejscach uprzednio określonych i krzyżujące się pręty zgrzewano ze sobą /FOT.3/. W końcowym etapie wykonywania prototypu zdjęto powstałą siatkę z formy.

Powstałą siatkową powierzchnię, tworzącą kształt siedziska, poddano testom na sztywność przykładając siły o różnej wartości i różnych kierunkach działania. Wykonano serię doświadczeń badających niedogodności wynikające z używania tak powstałych siedzisk. Doświadczenia potwierdziły założenia dotyczące: sztywności konstrukcji, pozycji przyjmowanej przez osoby siedzące, komfortu siedzenia, łatwości przenoszenia. Równocześnie ujawniły przyjemną dla użytkownika właściwość: sprężystość powstałej konstrukcji.



FOT.4
Prototyp siedziska. Praca ta
uzyskała nagrodę jednego
z jurorów.

Ostatnim etapem pracy było wykonanie elementów sprowadzających obciążenia na podłoże i wykończenie powierzchni prętów powłoką lakierniczą /FOT.4/.

W czasie wykonywania prototypu opracowano półprzemysłową technologię wykonywania tego typu powierzchni nierozwijalnych z siatki drucianej.

Przebieg opisanych procesów projektowych były ściśle związane z definiowaniem przestrzennych modeli. Za pomocą modeli dokonywano symulacji i badań. Przebieg procesu projektowego miał wiele cech wspólnych ze znaną metodą badań modelowych.

"Podstawowa metoda badania modeli polega na syntetycznym ujęciu istniejących lub postulowanych form, opierając się /w ten czy inny sposób/ na założonych, czy też opracowanych parametrach. Następny etap to opracowanie modeli alternatywnych. Pozwoli to na ich porównanie, które z kolei umożliwi dokonanie analizy zachodzących związków. To również pozwoli niejako na eksperymentowanie."^{15(str.175)}

We wszystkich przypadkach modele przestrzenne powstawały tuż po rozpoczęciu procesu projektowego. W przypadku 1• /PROJEKT KASKU PŁETWONURKA PROFESJONALNEGO/ natychmiast po sformułowaniu problemu powstały modele przestrzenne służące do przeprowadzania eksperymentów dotyczących poszczególnych problemów składowych. Wyniki tych eksperymentów stanowiły dane będące podstawą do opracowania założeń projektowych. O wadze tych eksperymentów może świadczyć wypowiedź prof. A.Haupta dotycząca opisywanego projektu. *"Wszystkie innowacje były rezultatem przeprowadzenia rzetelnej analizy oraz badań z eksperymentami włącznie."*¹⁴ W przypadkach 2• /PROJEKT WZORNICZY KOMÓR HIPERBARYCZNYCH/ i 3• /IDEOWY PROJEKT KABINY ŚMIGŁOWCA SW-4 WERSJI REANIMACYJNEJ/ jako wyjściowa dana była struktura przestrzenna o określonych niezmiennych parametrach. W obu przypadkach proces projektowy rozpoczęto od sformułowania problemu i zbudowania przestrzennego modelu danych struktur. Każde czynione założenie projektowe odzwierciedlano natychmiast w przestrzennym modelu, jeszcze przed przystąpieniem do poszukiwania rozwiązań problemu projektowego. W przypadku 4• /PROJEKT MANIPULATORA RĘCZNEGO/ podstawą do powstania pierwszych przestrzennych modeli były przesłanki dotyczące potencjalnych funkcji jakie miały być przez manipulator spełnione. Dopiero w trakcie definiowania modeli wstępnych w pełni sformułowano problem projektowy. W przypadku 5• /PROJEKT SIEDZISK/ podobnie jak w przypadku 4• wstępne eksperymenty z przestrzennymi

modelami dały podstawę do formułowania problemu projektowego.

Na podstawie powyższego można sformułować pierwszą cechę przebiegu opisywanych procesów projektowych. Tą cechą jest: **DEFINIOWANIE PRZESTRZENNEGO MODELU ROZWIĄZYWANEGO PROBLEMU WE WCZESNEJ FAZIE PROCESU PROJEKTOWEGO.**

Kolejną prawidłowością jest fizyczny kontakt członków zespołu projektującego /projektantów i pozostałych członków zespołu, np. w przypadku 1• rzeźbiarza i zawodowego pletwonurka, w przypadkach 2•,3• lekarzy: w 2• psychiatrę, a w 3• anestezjologa/ z powstającymi modelami przestrzennymi. W przypadkach 1• i 5• poszczególne modele, włączając w to również prototypy, wykonywane były przez członków zespołu projektującego. Posługiwano się przy tym technologiami które zostały później użyte do wyprodukowania serii próbnej. Osoby projektujące uczestniczyły również we wszelkich eksperymentach wykorzystujących modele. W przypadkach 2• i 3• sesje dotyczące poszukiwania rozwiązań przeradzały się w spontaniczne symulacje przeprowadzane wewnątrz modeli przez zespół projektujący. Projektanci uczestniczyli, po odpowiednim instruktażu, w symulacjach z udziałem specjalistów - późniejszych użytkowników projektowanych obiektów. W przypadku 4• modele były wykonywane przez członków zespołu, z tą jednak różnicą w stosunku do przypadku 5•, że nie wykonano prototypu rozwiązania i nie wykorzystywano technologii za pomocą których miałyby być wykonany ostatecznie zdefiniowany produkt.

Na podstawie powyższych spostrzeżeń można zdefiniować drugą, charakterystyczną, cechę przebiegu przedstawionych procesów projektowych. Jest nią: **BUDOWANIE FIZYCZNEJ STRUKTURY MODELU ORAZ PRZEPROWADZANIE SYMULACJI PRZEZ OSOBY ROZWIĄZUJĄCE PROBLEM PROJEKTOWY.**

W opisywanych przykładach decyzje projektowe powstawały w trakcie pracy z przestrzennym modelem. Przeprowadzano eksperymenty z modelem i ich wyniki wpływały na podejmowane decyzje. Decyzje natychmiast odzwierciedlano w modelu. Były to zmiany kształtu, zasady działania, modyfikacje technologii. W każdym z opisywanych przypadków powstawały modele płaskie, w formie szkiców, rysunków, schematów, ale były one bądź sposobem notowania czynionych założeń, formą roboczej notatki, bądź miały

charakter wtórny, dokumentacyjny w stosunku do zmian jakie zachodziły w modelu przestrzennym. Wszelkie zmiany idei rozwiązania miały swoje pierwotne odzwierciedlenie w modelu przestrzennym i były implikowane wynikami eksperymentów przeprowadzanych na tym modelu.

Powyżej została wyłoniona trzecia cecha przebiegu opisywanych procesów projektowych: **UŻYWANIE MODELU PRZESTRZENNEGO JAKO MEDIUM OPERACYJNEGO PROCESU PROJEKTOWEGO.**

Pomimo dużej zbieżności w sposobie pracy z modelami przestrzennymi w opisywanych przykładach, stopień abstrakcji poszczególnych modeli był różny. W przypadku 1• i 5• powstawały modele formy rozwiązania i prototypy rozwiązań poszczególnych problemów składowych, a w późniejszym okresie prototypy i próbna seria kompletnego rozwiązania. Tak więc stopień abstrakcji był niewielki i malał w trakcie trwania procesu projektowego aż do zaniknięcia. W przypadku 2• i 3• stopień abstrakcji modelu przez cały czas trwania procesu projektowego był duży, wynikało to z umowności fizycznej struktury modelu. W tych przypadkach modele służyły jako ograniczenie przestrzeni i odzwierciedlenie umieszczenia w niej poszczególnych elementów. W trakcie symulacji zmniejszano stopień abstrakcji używając rzeczywistych elementów wyposażenia. W przypadku 4• stopień abstrakcji, w początkowej fazie projektu, wynikał z uproszczeń dotyczących mechaniki układu, użytych materiałów i powierzchni styku z ręką użytkownika. W końcowych fazach projektu został zmniejszony dzięki wprowadzeniu mechanizmu symulującego fizyczne reakcje projektowanego manipulatora.

Powyższe pozwala określić kolejną, czwartą cechę przebiegu opisywanych procesów projektowych. Jest nią: **RÓŻNICOWANIE STOPNIA ABSTRAKCJI DEFINIOWANEGO MODELU W ZALEŻNOŚCI OD TYPU PROBLEMU PROJEKTOWEGO.**

W każdym z opisanych przykładów na początku procesu projektowego można było określić jaki przedmiot będzie rozwiązaniem problemu projektowego. W przypadku 1• po analizie założeń można było określić, że będzie to kask. Problem dotyczył jego formy, funkcji pomocniczych i technologii wykonania. W przypadkach 2• i 3• dane były wnętrza, odpowiednio komór dekompresyjnych i kabiny śmigłowca. Problem dotyczył lokalizacji, postaci i wyposażenia stanowisk roboczych, procesów

zabiegów medycznych i innych związanych z wykonywaniem określonych funkcji w zadanych wnętrzach. W przypadku 4• rozwiązaniem była postać manipulatora. W przypadku 5• postać siedziska i określenie technologii jego wykonania. Problemy projektowe sprowadzały się do pytań typu: Jaką postać należy nadać obiektowi X żeby spełniał określoną funkcję Y i jakiej technologii użyć do wykonania tego obiektu? Żaden z przedstawionych problemów nie sprowadzał się do pytania: Istnieje problem X, jaki jest sposób jego rozwiązania?

Można zatem stwierdzić, że kolejną piątą cechą przebiegu opisywanych procesów projektowych jest: **PRZEDMIOTOWE OKREŚLENIE CELU PROCESU PROJEKTOWEGO.**

Powyższe rozważania umożliwiają określenie zespołu pięciu cech którymi charakteryzują się przedstawione procesy projektowe. Cechy te, są ze sobą powiązane i określają użytą w tych procesach technikę projektową. Przedmiotowe określenie celu jaki należy osiągnąć umożliwia, po określeniu adekwatnego do postawionego problemu stopnia abstrakcji, rozpoczęcie definiowania przestrzennego modelu rozwiązywanego problemu we wczesnej fazie procesu projektowego. Budowanie fizycznej struktury modelu przez osoby rozwiązujące problem projektowy i przeprowadzanie symulacji z ich udziałem pozwala na używanie modelu przestrzennego jako medium operacyjnego procesu projektowego. Zestaw wyżej wymienionych cech stanowiących określenie techniki projektowej użytej w opisywanych procesach projektowych będzie materiałem wyjściowym do dyskusji.

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY PRZEBIEGU PRZEDSTAWIONYCH PROCESÓW PROJEKTOWYCH.

- DEFINIOWANIE PRZESTRZENNEGO MODELU ROZWIĄZYWANEGO PROBLEMU WE WCZESNEJ FAZIE PROCESU PROJEKTOWEGO.
- BUDOWANIE FIZYCZNEJ STRUKTURY MODELU PRZEZ OSOBY ROZWIĄZUJĄCE PROBLEM PROJEKTOWY I PRZEPROWADZANIE SYMULACJI Z ICH UDZIAŁEM.
- UŻYWANIE MODELU PRZESTRZENNEGO JAKO MEDIUM OPERACYJNEGO PROCESU PROJEKTOWEGO.
- RÓŻNICOWANIE STOPNIA ABSTRAKCJI DEFINIOWANEGO MODELU W ZALEŻNOŚCI OD TYPU PROBLEMU PROJEKTOWEGO.
- PRZEDMIOTOWE OKREŚLENIE CELU PROCESU PROJEKTOWEGO.

Dyskusja jest próbą konfrontacji cech przebiegu opisywanych procesów projektowych określających omawianą technikę projektową ze stanem wiedzy i poglądów.

- **DEFINIOWANIE PRZESTRZENNEGO MODELU ROZWIĄZYWANEGO PROBLEMU WE WCZESNEJ FAZIE ANALITYCZNEJ PROCESU PROJEKTOWEGO.**

Prawidłowością w przedstawionych przykładach, jest powstawanie przestrzennych modeli w stosunkowo wczesnej fazie procesu projektowego. Przywołanie faz procesu projektowego pozwoli na stworzenie skali służącej do określenia momentu początku definiowania przestrzennego modelu problemu projektowego. Należy zwrócić uwagę, że wobec nieliniowości procesu projektowego i wobec rozbijania problemów projektowych na problemy składowe, co powoduje równoczesne przeprowadzanie wielu procesów projektowych symultanicznie, przedstawiona skala, nie może być utożsamiana ze skalą czasową. Dla celu niniejszej analizy przyjęto fazy procesu twórczego w ujęciu psychologicznym według A.Kaufmanna, M.Fustiera, A.Dreveta^{18(str.22-23)} /PROCES A/ i dla porównania według Z.Martyniaka^{19(str.11-12)} /PROCES B/.

TAB.2
Fazy procesu projektowego w których powstają modele przestrzenne. Wg. cytowanych przykładów i źródeł.

W przedstawionej tabeli /TAB.2/, w kolumnie "PRZYKŁADY",

PROCES B FAZY PROCESU TWÓRCZEGO	PROCES A FAZY PROCESU ODKRYCIA	PRZYKŁADY					ŹRÓDŁA		
		1•	2•	3•	4•	5•	K	T	A
PREPARACJA -wszelkie świadome próby rozwiązania problemu, jak również wcześniejsze przygotowania, doświadczenia, metody myślenia	I FAZA LOGICZNA -sformułowanie problemu -zebranie danych -poszukiwanie rozwiązań	○	○	○	○	○			
INKUBACJA -okres w którym nie myślimy w sposób zamierzony, świadomy o problemie	II FAZA INTUICYJNA -nabranie dystansu -dojrzewanie i klarowanie								
OLŚNIENIE -pojawienie się świadomości idei rozwiązania	-olśnienie								
WERYFIKACJA -faza świadomej oceny i precyzowania idei rozwiązania	III FAZA KRYTYCZNA -sprawdzanie odkrycia -weryfikacja -ostateczne wykończenie	○	○	○	○	○	○	○	○

zaznaczono w jakiej fazie procesu projektowego /w ujęciu psychologicznym traktowanego jako proces twórczy -**B**, lub proces odkrycia -**A**/ powstawały modele przestrzenne rozwiązywanego problemu w przedstawionych przykładach. Ponieważ modele te stanowiły medium operacyjne procesów projektowych zaznaczone zostało to ciągłą linią przebiegającą obok wszystkich faz w jakich modele były używane. W kolumnie "**ŹRÓDŁA**" przedstawiono w jakich fazach procesu projektowego zalecają powstanie modeli przestrzennych poszczególni autorzy. Wyboru źródeł dokonano biorąc pod uwagę fakt kompleksowego opisanie w nich procesu projektowego.

ŹRÓDŁO "K" E.V.Krick^{12(str.63-87)} nie podaje szczegółowo w jakiej fazie procesu projektowego powinno się użyć przestrzennych modeli. Na stronie 68 znajduje się opis wykorzystania modelu samolotu i badań w tunelu aerodynamicznym. Byłby to etap weryfikacji fazy krytycznej /**PROCES A**/. Na stronie 64 w podpisie rys.5.1 mowa jest o pomocy w uzmysłowieniu sobie przebiegu poszczególnych elementów projektowanego urządzenia dzięki przestrzennemu modelowi i o komunikowaniu rozwiązania. Byłby to etap sprawdzania odkrycia i ostatecznego wykończenia w fazie krytycznej. Ponieważ brak, związanych z wykorzystaniem modelu, powiązań pomiędzy poszczególnymi etapami, oznaczone to zostało punktami obok poszczególnych etapów.

ŹRÓDŁO "T" E.Tjalve^{20(str.102-103)} poleca użycie modeli przestrzennych do weryfikacji proponowanych rozwiązań funkcjonalnych, konstrukcyjnych i formalnych. Byłoby to zatem analogicznie do **ŹRÓDŁA "K"** użycie modeli przestrzennych w fazie krytycznej.

ŹRÓDŁO "A" B.L.Archer stwierdza: *"Wykonuje się modele trójwymiarowe z różnych materiałów w zwiększonej bądź zmniejszonej skali, co umożliwia skontrolowanie wyglądu zewnętrznego lub walorów funkcjonalnych oraz przeprowadzenie badań w tunelach aerodynamicznych."*^{21(str.24)} Jest to również wykorzystanie modeli przestrzennych w fazie krytycznej.

Wnioskiem z powyższego porównania jest stwierdzenie różnic, pomiędzy zaleceniami podawanymi przez źródła i przedstawionymi procesami projektowymi, dotyczącymi momentu powstawania modeli przestrzennych w procesie projektowym.

• **BUDOWANIE FIZYCZNEJ STRUKTURY MODELU PRZEZ OSOBY ROZWIĄZUJĄCE PROBLEM PROJEKTOWY I PRZEPROWADZANIE SYMULACJI Z ICH UDZIAŁEM.**

Odmienność opisywanej techniki od klasycznych metod rozwiązywania problemów projektowych takich jak brainstorming, synektyka czy analiza morfologiczna polega głównie na fizycznym zaangażowaniu się podmiotu procesu twórczego w realizację i badanie modelu przestrzennego będącego operacyjnym medium tego procesu.

Można natomiast doszukiwać się pewnego podobieństwa opisywanej techniki do metody heurystycznej znanej pod nazwą analogii osobistej. *"Analogia osobista opiera się na przekonaniu, że prawa, wynalazki odkrywa się na sobie samym przez autoobserwację i autoanalizę. ... Punktem odniesienia jest człowiek /konkretnie sam badacz/ i jego odczucie. Utożsamia się on z częścią danej maszyny lub - mówiąc szerzej - z jakąś całością, przeprowadzając eksperymenty myślowe polegające na identyfikowaniu się z poszczególnymi elementami badanej całości..."^{22(str.47)} "Być może, tajemnica odkrycia kryje się w zaangażowaniu osobistym, które przejawia się nie tylko w logicznym rozumowaniu, lecz także w identyfikacji z obiektem badań. ... badacz w czasie pracy powinien dobrowolnie i świadomie /jeśli nie uczynił tego samorzutnie i nieświadomie/ zająć miejsce badanego obiektu."^{18(str.81-82)} Autorzy tej metody proponują eksperyment myślowy, opisywana technika postuluje eksperyment fizyczny, który analogicznie do autoobserwacji można określić mianem autoeksperymentu /autoeksperyment - połączenie obiektywnie zalgorytmizowanego procesu twórczego z intuicją projektową, pojęcie wraz z definicją cytowane za W.Charkinem/.*

Przy czym taki stan fizycznego angażowania się w realizację przedmiotu procesu projektowego powstawał w opisanych przykładach spontanicznie, nie był realizacją zamierzoną określonej techniki.

Racjonalizacja uczestniczenia w symulacjach przez projektantów może opierać się na chęci anulowania ogniów pośrednich w przekazywaniu odczuć uczestników symulacji. Samo przeprowadzanie symulacji typu człowiek-model w przypadku istnienia modelu przestrzennego wydaje się być działaniem ze wszech miar pożądanym. A przez niektórych autorów uważanym za wręcz konieczne, jako dające największą liczbę informacji o projektowanym układzie człowiek - przedmiot.

"Model przedmiotowy wymaga wprowadzenia żywych graczy zamiast ich modeli i właśnie owi żywi gracze są przedmiotem eksperymentu,

odziałują na siebie nawzajem oraz na model" i dalej "W sumie więc interesuje nas taka sytuacja, w której model przedstawia jedynie część obchodzącego nas systemu przedmiotowego, a pozostałą część reprezentują ludzie. Jest to wyróżniająca cecha symulacji typu człowiek-model, w rezultacie otrzymujemy jakby nadmodel, albowiem jego żywy uczestnik mieści się w węźle operacyjnym, a sama operacja polega na zyskaniu reakcji żywego osobnika."^{23(str.137-138)}

Taki typ symulacji, od osoby ją prowadzącej, wymaga roli w miarę obiektywnego obserwatora. Taka rola pozwala na skupienie uwagi na obserwacji zachowania uczestników symulacji, dzięki czemu można dostrzec fakty i prawidłowości trudne do dostrzeżenia z pozycji osoby zaangażowanej w wykonywanie czynności będących programem symulacji.

Równocześnie istnieje cały strumień informacji odbieranych przez uczestników symulacji za pomocą ich zmysłów który zostaje znacznie zubożony w procesie komunikowania się między uczestnikami a prowadzącymi symulację. Rozwiązaniem problemu komunikacji może być uczestniczenie projektanta w symulacji. Projektant doświadczający w czasie symulacji fizycznego kontaktu z projektowanym przez siebie obiektem doznaje całego szeregu odczuć, które nawet niewerbalizowane, mają wpływ na przebieg procesów myślowych związanych z rozwiązywaniem problemu projektowego.

Istnieją głosy teoretyków twórczości technicznej postulujące kontakt fizyczny projektantów z projektowanym obiektem. *"W nowym świetle można ujrzeć znane urządzenie, gdy spojrzymy nań nie wprost, ale kątem oka, szczególnie gdy urządzenie to znajdzie się a lewej naszej strony, gdy obmacujemy je lewą ręką itp.; chodzi o to, aby obraz tego obiektu skierować do prawej półkuli mózgu.*"^{24(str.61)}

Zalecenia tego rodzaju są charakterystyczne dla podmiotowych metod projektowych. W metodach przedmiotowych, takich jak wymienione wyżej, na pierwszym miejscu stawiane są określone reguły postępowania, których realizowanie ma zapewnić sukces projektowy. Metody podmiotowe, takie jak abarietyka^{24(str.101-103)}, jak wskazuje ich określenie, zajmują się głównie osobą projektanta. A szczególnie, wprowadzaniem umysłu w stan pozwalający na generowanie twórczych rozwiązań zadanych problemów projektowych.

Twórcza koncentracja jest jedną z podstaw abarietyki, czyli metody projektowej polegającej na przewycięzaniu, obchodzeniu, osłabianiu barier psychicznych. Bariery psychiczne to zjawiska *"... które powodują, iż mimo wystarczających warunków obiektywnych, w tym również wysokiego poziomu rozwoju umysłowego, proces twórczy nie dokonuje się, względnie są osiągnane wyniki bardzo mierne."*^{24(str.51)}

Ciągle poszukiwane są sposoby wytwarzania stanów psychicznych sprzyjających twórczej koncentracji, czyli *"... skupienie, "ześrodkowanie" itp.,aktywności psychicznej, tj. spostrzeżeń, myśli, wyobrażeń, emocji i in., na pewnych obiektach i czynnościach, w wyniku czego siły psychiczne człowieka ulegają niejako spotęgowaniu."*^{24(str.103)}

W świetle powyższego, można stwierdzić, że zaangażowanie zmysłów projektanta w percepcję projektowanego obiektu, jak również fizyczne jego kształtowanie są dobrym sposobem wytwarzania stanu twórczej koncentracji. A dodatkowo, zmaganie się z fizyczną strukturą modelu, zwłaszcza wykonywanego w technologii która ma być użyta do realizacji projektu, pozwala na zrozumienie tej technologii i maksymalne wykorzystanie jej możliwości. Poznanie określonej technologii i wykorzystywanie jej do realizacji teoretycznego zamierzenia rozszerza obszar możliwych rozwiązań problemu projektowego o te, których istota polega na specyficznym użyciu, bądź modyfikacji danej technologii.

Fizyczne uczestniczenie w symulacjach wykorzystujących modele, bądź w próbach prototypów, przynosi projektantowi szereg fizycznych i psychicznych doświadczeń które mogą być, dzięki twórczej koncentracji, zaczątkiem nowych propozycji rozwiązań lub decyzji projektowych. Równocześnie istnieje prawdopodobieństwo, że takie układ: projektant-twórca - model - projektant-uczesnik symulacji, dzięki powstawaniu sprzężeń pomiędzy fizycznym odczuwaniem a reagowaniem w postaci decyzji projektowych, może prowadzić do wyzwolenia myślenia intuicyjnego. A wydaje się, że właśnie myślenie intuicyjne będzie grało główną rolę we współcześnie powstających podmiotowych metodach projektowych.

- **UŻYWANIE MODELU PRZESTRZENNEGO JAKO MEDIUM OPERACYJNEGO PROCESU PROJEKTOWEGO.**

Użycie modelu przestrzennego jako podstawowego medium operacyjnego od najwcześniejszych faz procesu projektowego stoi

w sprzeczności ze znanymi poglądami. Zacytować tu można E.Tjalve. *"Najważniejsze dla projektanta są modele graficzne - szkice i rysunki, które stosuje się na etapie wariacji formy."*^{120(str.102)} Podobnego zdania jest B.L.Archer. *"... rysunek w skali nie jest niczym innym jak modelem lub analogiem przedstawiającym dokładnie geometryczny kształt proponowanego projektu, a ponadto można go szybciej przygotować i łatwiej modyfikować niż przedmiot rzeczywisty."*^{121(str.24)} Oba cytowane źródła nie podają warunku definiowania modelu przestrzennego jako koniecznego do przeprowadzenia procesu projektowego. /Podobnie zresztą nie wymaga tego warunku E.V.Krick.^{12(str.63-91)/}

W opisywanych przykładach działanie opierało się na założeniu, że *"... żądanie sformułowania problemu w postaci modelu, pobudza inwencję i rozwija proces projektowy."*^{6(str.1)} Jest to jeden z powodów, oprócz weryfikacji stawianych tez projektowych i chęci zrozumiałego przedstawienia efektów pracy projektowej dla którego w ogóle powstają modele.

Definiowanie problemu projektowego w postaci przestrzennego modelu można traktować jako rozszerzenie postulatu "wizualnego wspomagania procesów koncipowania" sformułowanego przez prof. Andrzeja Pawłowskiego. *"...proces koncipowania jest współzależny z procesem poznania i żadnego z nich nie należy rozpatrywać w oderwaniu. ... tam, gdzie będziemy chcieli podkreślić rolę obrazowania w procesach poznawczych, koncepcyjnych i decyzyjnych, stosownie będzie mówić o wizualnym (obrazowym) wspomaganiu. Za wyborem wizualnego sposobu wspomagania przemawiają następujące argumenty:*

- *ten sposób wspomagania umożliwia odwołanie się do wyobraźni (do fazy podstawowej, elementarnej zmysłowego poznania rzeczywistości);*
- *możliwe jest tworzenie pośredniej struktury przedstawieniowej w fazie przedwerbalnej;*
- *poznanie wspomagane wizualnie jest poznaniem szerszym, pozwalającym na znaczną swobodę interpretacji, dającym więcej pożądanых skojarzeń;*
- ...
- *obrazowanie jest również instrumentem myślenia;*
- *obrazowanie w sposób pełniejszy niż język werbalny odtwarza myśli*

i nie powoduje ich upraszczania;

...

- *język werbalny, aczkolwiek jest dobrym narzędziem precyzowania i opanowania myśli, staje się nie w pełni sprawny w obmyślaniu problemów niejasno określonych;*^{125(str.50-51)}

Wszystkie wymienione argumenty nabierają pełniejszego znaczenia, jeżeli w miejsce obrazowania podstawimy przestrzenne przedstawienie definiowanego problemu. Zwraca uwagę fakt podkreślenia roli niewerbalnego rozwiązywania problemów projektowych.

Obserwacja przebiegu pracy projektowej z wykorzystaniem opisywanej techniki zdaje się potwierdzać fakt powstawania decyzji i rozwiązań z pominięciem ich werbalnego określenia. Jest to charakterystyczne dla procesów intuicyjnych.

Metody inwentyczne jako medium operacyjne przyjmują model werbalny, i na nim dokonuje się operacji mających doprowadzić do opisanego rozwiązania postawionego problemu. Wyjątkiem jest opisana wcześniej metoda analogii osobistych, odwołująca się do odczuć osoby rozwiązującej problem. Przy czym, odczucia te powstawać mają na drodze eksperymentu myślowego z pominięciem tworzenia modelu werbalnego.

Natomiast w opisywanej technice, medium operacyjnym jest przestrzenny model, a nawet *nadmodel*^{23(str.137-138)}, jeżeli weźmiemy pod uwagę układ: uczestnik symulacji - model. Odczucia fizyczne w tym przypadku powodują reakcję projektanta, która może objawiać się w postaci decyzji projektowej zmieniającej model bądź przebieg eksperymentu. I to wprost w medium operacyjnym z pominięciem werbalnego określenia decyzji w danym momencie.

Opisywana sytuacja wydaje się być optymalna do generowania idei rozwiązań projektowych, biorąc pod uwagę zdanie A.Kaufmana, M.Fustiera, A.Dreveta: *"Najbogatszych i najpłodniejszych domysłów nie wyrażono w ter-minach logicznych w formie słownej. Są one niezwykle trudne do wyrażenia, niełatwo jest znaleźć słowa lub formuły, które by uczyniły je komunikatywnymi."*^{18(str.25)}

- **RÓŻNICOWANIE STOPNIA ABSTRAKCJI DEFINIOWANEGO MODELU W ZALEŻNOŚCI OD TYPU PROBLEMU PROJEKTOWEGO.**

Modele przestrzenne używane w opisywanych przykładach różniły się stopniem abstrakcji. Stopień abstrakcji dostosowany był do sposobu

wykorzystania modelu i jego przeznaczenia. *"Celem abstrakcji jest oddzielenie cech nieistotnych z uwagi na cel modelu od istotnych tzn. tych które, podlegają naszemu badaniu i stanowią przedmiot zainteresowań."*^{16(str.64)}

Większość autorów przyjmuje stopień abstrakcji modelu jako cechę porządaną czy wręcz konieczną. *"Przyjmowanie założeń upraszczających jest w pełni uzasadnione, a w wielu przypadkach opracowanie użytecznego modelu byłoby bez nich niemożliwe."*^{12(str.84)} *"Ponieważ model ma służyć wyjaśnieniu określonego aspektu pewnej rzeczywistości, z tego powodu zazwyczaj jest mniej złożony niż sama rzeczywistość, ale jednak musi być dostatecznie kompletny, aby w przybliżeniu oddawać badane aspekty. ... Model nie musi być podobny do modelowanego zjawiska we wszystkich detalach, lecz tylko pod tymi względami, które uznajemy za istotne."*^{15(str.174)} *"W modelowaniu i budowie modeli istotne znaczenie posiadają: -cel, dla którego model jest skonstruowany, -korelacje wzajemne między cechami modelu a cechami modelowanego zjawiska czy obiektu. W zależności od stawianego celu model ujmuje te cechy, które odpowiednio stanowią przedmiot zainteresowania."*^{16(str.64)}

Stopień abstrakcji, jego dobór, ma szczególne znaczenie w czasie przeprowadzania symulacji z udziałem uczestników. W kolejnym, 3•, opisywanym przypadku, w celu uzyskania możliwie dokładnych wyników symulacji zmniejszono stopień abstrakcji modelu i eksperymentu używając rzeczywistego wyposażenia medycznego i wprowadzając, jako uczestników symulacji, wykwalifikowany personel medyczny.

"Jest rzeczą możliwą, że uczestnicy symulacji widzą w modelu pewne aspekty rzeczywistego systemu przedmiotowego, dlatego model sprawia na nich wrażenie rzeczywistości. Nie oznacza to jednak kopiowania przez model każdego szczegółu, lecz jedynie uchwycenie elementów istotnych. Możemy z tej racji mówić o adekwatności modelu, bo choć symulacja jest sztucznym odwzorowaniem rzeczywistości, to przecież ma ona cechę (kryterium) zgodności z rzeczywistością, z ludzkim doświadczeniem - i w tym sensie nosi znamiona "prawdziwości". Oczywiście aby zapewnić modelowi adekwatność, musi on być wystarczająco złożony, a jednocześnie dostatecznie prosty, gdyż tylko wówczas umożliwi symulację w odpowiednim czasie."^{23(str.137-138)}

• **PRZEDMIOTOWE OKREŚLENIE CELU PROCESU PROJEKTOWEGO.**

"Modelu nie możemy konstruować z niczego. W punkcie wyjścia musimy posiadać, chociażby bardzo ogólne, dane o układzie jaki chcemy modelować."^{15(str.178)}

W opisywanych przykładach przystępowano do budowania przestrzennego modelu natychmiast po określeniu przedmiotu, którego zdefiniowanie było celem procesu projektowego. Niejednokrotnie w tym momencie brak było w pełni określonych założeń projektowych, a nawet w pełni postawionego problemu projektowego. Definiowanie modelu przestrzennego działa w pewnym sensie jak katalizator na tworzenie precyzyjnych założeń. Świadomość przeskoku, od definiowania założeń do przestrzennego definiowania problemu, powoduje powstanie odczucia braku danych wyjściowych do projektowania, co pociąga za sobą chęć systematyzowania już istniejących danych i poszukiwanie nowych.

Waga tej wstępnej fazy procesu projektowego najlepiej została określona przez Cz.Bąbińskiego. *"Proces projektowy jest wielostadiowym, typowym procesem decydowania. W związku z tym wymaga podkreślenia waga założeń przyjmowanych w toku projektowania i ich wszechstronna analiza przed decyzją, jaka na ich podstawie zapada. Dotyczy to szczególnie tego typu założeń, które oddziałują na całość dalszych prac projektowych."*^{16(str.39)}

Interesująca wydaje się konfrontacja takiej metody pracy, w której powstawanie formy przedmiotu wymusza niejako precyzyjniejsze definiowanie założeń, ze swego rodzaju prognozą prof. Andrzeja Pawłowskiego. *"Rozwój cywilizacji zapewni nam w końcu możliwość materializowania idei przestrzennych przez określenie dyspozycji, ustalenie założeń, warunków, w których forma kształtować się będzie jakby sama. Cały wysiłek twórczy będzie mógł być wtedy skupiony na określeniu założeń dla mającej powstać formy. Dopiero wówczas odczuwamy, jak niewspółczesnymi środkami posługujemy się dzisiaj."*^{26(str.11)}

Opisywana technika służy do rozwiązywania problemów projektowych, z dziedziny wzornictwa przemysłowego, sprowadzających się w uproszczeniu do pytania: jaką postać należy nadać obiektowi X żeby spełniał określoną funkcję Y i jakiej technologii użyć do wykonania tego obiektu?

Z praktyki autora wynika, że nie przynosi spodziewanych rezultatów stosowanie tej techniki w przypadku gdy projekt dotyczy zmiany wyglądu przedmiotu już istniejącego, bez zmiany jego funkcji.

Przedstawianą technikę można stosować jako technikę wiodącą procesu projektowego, jak również, jako technikę służącą do znajdowania rozwiązań cząstkowych złożonych problemów projektowych.

Technika wydaje się godna polecenia osobom posiadającym umiejętności warsztatowe, pewną wprawę w modelowaniu oraz znajomość różnych technologii. Pożądana wydaje się, przynajmniej w niektórych przypadkach, znajomość rzeźby jako dyscypliny sztuki.

SCHEMAT STOSOWANIA TECHNIKI

- ZDEFINIOWANIE CELU PROCESU PROJEKTOWEGO.
 - WYZNACZENIE DANYCH BĘDĄCYCH PODSTAWĄ DO DEFINIOWANIA MODELU.
 - OKREŚLENIE STOPNIA ABSTRAKCJI MODELU.
 - DEFINIOWANIE MODELU.
 - PRZEPROWADZANIE EKSPERYMENTÓW TECHNOLOGICZNYCH.
 - PRZEPROWADZANIE SYMULACJI.
 - ZAKOŃCZENIE DEFINIOWANIA MODELU.
-
- ZDEFINIOWANIE CELU PROCESU PROJEKTOWEGO.

Pierwszym krokiem jest stwierdzenie, czy problem projektowy można sprowadzić do pytania typu: jaką formę należy nadać obiektowi X, żeby spełniał określoną funkcję Y i jakiej technologii użyć do wykonania tego obiektu? Jeżeli nie, to na tym etapie procesu projektowego nie można opisywanej techniki zastosować. Jeżeli tak, to celem procesu projektowego jest znalezienie postaci obiektu X. Można zatem przejść do drugiego punktu.

PORÓWNANIE Z PRZEDSTAWIONYMI PROJEKTAMI.

W przypadku 1• obiekt został określony jako sztywny hełm, po rozwiązaniu

całego szeregu rozwiązań cząstkowych /część z nich rozwiązano również przy użyciu tej techniki/ i od tego momentu opisywana technika stała się wiodącą w procesie projektowym. W przypadku 2• obiektem był zespół usytuowanych w określony sposób względem siebie trzech komór dekompresyjnych, a właściwie przestrzeń zawarta w tym zespole. W przypadku 3• obiektem było wnętrze kabiny śmigłowca. W przypadku 4• manipulator ręczny, a więc przedmiot dający się chwycić w rękę /tak przynajmniej założono/. W przypadku 5• obiektem było siedzisko o określonym profilu.

- WYZNACZENIE DANYCH BĘDĄCYCH PODSTAWĄ DO DEFINIOWANIA MODELU.

Należy dokonać analizy problemu projektowego i obok założeń i ograniczeń projektowych /o ile dają się określić na tym etapie/ wyznaczyć dane antropometryczne i inne wymiarowe, materiałowe i technologiczne które mogą stanowić podstawę do tworzenia fizycznej struktury modelu. W założeniu ta fizyczna struktura będzie ulegała przekształceniom i definiowaniu w czasie trwania procesu projektowego. Zatem powstający model w początkowej fazie nie będzie modelem rozwiązania a raczej modelem zbioru wybranych danych wejściowych problemu projektowego.

PORÓWNANIE Z PRZEDSTAWIONYMI PROJEKTAMI.

W przypadku 1• takimi danymi były dane antropometryczne użytkowników, postaci fizyczne rozwiązań cząstkowych, oraz założenie dotyczące technologii wykonania. W przypadku 2• danymi były wymiary wnętrza zespołu komór oraz liczba i dane antropometryczne użytkowników /np. w komorze mieszkalnej miały być stanowiska do spania dla czterech osób/. W przypadku 3• analogicznie do 2• wymiary wnętrza kabiny, dane antropometryczne użytkowników i wymiary wyposażenia. W przypadku 4• dane antropometryczne oraz dane wymiarowe dotyczące usytuowania manipulatora w przestrzeni kabiny. W przypadku 5• dany był wymiarowo profil siedziska i określona technologia wykonania.

- OKREŚLENIE STOPNIA ABSTRAKCJI MODELU.

Kolejny krok wymaga wprawy w stosowaniu opisywanej techniki. Należy dobrać stopień abstrakcji budowanego modelu odpowiedni do rozwiązywanego problemu. Oznacza to konieczność określenia uproszczenia kształtu, właściwości fizycznych, dobrania zastępczych materiałów i technologii. Wszystkie te zabiegi mają na celu uczynienie modelu łatwym w modyfikowaniu, a równocześnie na tyle oddającym cechy projektowanego obiektu, by móc przeprowadzać za jego pomocą symulacje. Problem wytworzenia w układzie 'model-osoba uczestnicząca w symulacji' adekwatności do rzeczywistości jest problemem kluczowym dla opisywanej

techniki. Jeżeli nie uda się wytworzyć odpowiedniej namiastki rzeczywistości, informacje uzyskane w czasie przeprowadzania symulacji będą bezużyteczne. Stopień abstrakcji może ulegać zmianom w czasie trwania procesu projektowego i być na bieżąco dostosowywany do potrzeb wynikających z przebiegu procesu projektowego.

PORÓWNANIE Z PRZEDSTAWIONYMI PROJEKTAMI.

W przypadku 1• od pierwszych modeli przestrzennych dążono do uzyskania jak największej wierności w odwzorowywaniu rzeczywistości. Głównym medium operacyjnym procesu projektowego był prototyp hełmu. Prowadzono z jego pomocą symulacje i badania w warunkach rzeczywistych. Podlegał on modyfikacjom z uwzględnieniem technologii takich samych jakie miały posłużyć do produkcji. Było to podyktowane koniecznością opracowania rozwiązań tak pod względem funkcjonalnym jak i technologicznym. W przypadku 2• stopień abstrakcji był znaczny. Zastosowano konstrukcję z materiałów drewnopochodnych odwzorowującą z przybliżeniem kształt wnętrza komory dekompresyjnej. Wyposażono wnętrze obiektami o parametrach wytrzymałościowych pozwalających wykorzystywać je w czasie symulacji jako siedziska i miejsca do leżenia. Ten stopień przybliżenia był wystarczający do prowadzenia symulacji i podejmowania decyzji dotyczących rozmieszczenia funkcji we wnętrzu komór, wzajemnego usytuowania w przestrzeni wyposażenia i decyzji dotyczących kształtu tego wyposażenia. Analogicznie było w przypadku 3• z tym jednak, że większa złożoność problemu wymuszała zmniejszanie stopnia abstrakcji w miarę rozwoju procesu projektowego. Realizowano to przez precyzyjniejsze definiowanie struktury modelu, instalowanie we wnętrzu modelu kabiny rzeczywistego wyposażenia, czy wreszcie przez udział wykwalifikowanego personelu medycznego w przeprowadzanych symulacjach. W przypadku 4• ze względu na studyjny charakter projektu przyjęto znaczny stopień abstrakcji. Dotyczył on głównie użytych materiałów jak i aranżacji wnętrza kabiny w której manipulator miał być zainstalowany. W czasie prac nad projektem zmniejszono stopień abstrakcji wprowadzając układ odzwierciedlający reakcje mechanizmu, który był bezpośrednio sterowany manipulatorem. W przypadku 5• w początkowej fazie stopień abstrakcji dotyczył skali modelu. W późniejszych fazach rozwoju projektu w związku z operowaniem prototypem był minimalny i dotyczył technologii wykonania.

Trzy kolejne punkty zostały przedstawione osobno ze względu na przejrzystość schematu. W rzeczywistości czynności w nich opisane przeplatają się tworząc kanwę procesu projektowego. To właśnie w czasie realizacji tych trzech kroków schematu powinny nastąpić opisane wcześniej zjawiska, prowadzące do powstawania idei rozwiązań oraz ich weryfikacji. Tak dzieje się aż do zrealizowania założeń projektowych.

- DEFINIOWANIE MODELU.

Definiowanie struktury modelu jest czynnością fizyczną. Wykonywanie tej czynności w połączeniu z czynnościami opisanymi w kolejnych dwóch punktach stanowi podstawę opisywanej techniki. Definiowana fizyczna struktura powinna być traktowana jako medium operacyjne procesu projektowego. Technicznie powinno to być realizowane przez wprowadzanie zmian związanych z decyzjami projektowymi bezpośrednio w strukturze modelu i próbę ich weryfikacji poprzez symulację.

PORÓWNANIE Z PRZEDSTAWIONYMI PROJEKTAMI.

W przypadku 1• w początkowej fazie definiowane były modele rozwiązań problemów składowych. W późniejszym okresie medium operacyjnym był prototyp. W przypadkach 2• i 3• po odzwierciedleniu w przestrzennym modelu wyjściowych danych wymiarowych w ciągu trwania procesu projektowego modyfikowano model przekształcając go i rozbudowując. W przypadku 4• i 5• praktycznie cały proces projektowy odbywał się z wykorzystaniem modeli przestrzennych. Nie wykorzystywano w tych procesach modeli dwuwymiarowych /szkiców, rysunków, schematów/.

- PRZEPROWADZANIE EKSPERYMENTÓW TECHNOLOGICZNYCH.

Definiowanie przestrzennej struktury modelu związane jest, o ile wynika to z przyjętego stopnia abstrakcji z przeprowadzaniem eksperymentów technologicznych. Można spodziewać się w takim przypadku konieczności poszerzenia wiedzy z zakresu technologii potencjalnie przydatnej do realizacji zamierzenia. Wskazane jest również, przy przewidywanym znacznym udziale problemów składowych dotyczących technologii, zatrudnienie w zespole projektującym osoby znającej dane technologie.

PORÓWNANIE Z PRZEDSTAWIONYMI PROJEKTAMI.

Przeprowadzanie eksperymentów technologicznych było integralną częścią procesów projektowych w przypadkach 1• i 5•. W przypadku 1• dotyczyły one technologii wykonania fonowodów oraz poszukiwań technologii do wykonania poszczególnych elementów składowych projektowanego rozwiązania. W przypadku 5• eksperymenty dotyczyły technologii spajania prętów siatki stalowej tworzącej powierzchnie nierozwijalne.

- PRZEPROWADZANIE SYMULACJI.

Od samego początku definiowania struktury fizycznej modelu

przeprowadzane są świadomie bądź nieświadomie symulacje. Sposoby przeprowadzania symulacji zostały opisane w przykładach. Symulacje mogą się odbywać spontanicznie lub w sposób zaplanowany. Te pierwsze odbywają się praktycznie nieprzerwanie od rozpoczęcia definiowania modelu przestrzennego. Efektem takich symulacji jest najczęściej refleksja dotycząca danego wycinka problemu mogąca przerodzić się w decyzję projektową. Symulacje zaplanowane odbywają się najczęściej w przełomowych momentach procesu projektowego. Mogą służyć do przełamania swego rodzaju impasu w pracach, połączone są wówczas z techniką generowania pomysłów pokrewną "burzy mózgów". Mogą takie symulacje służyć do weryfikacji zakończonego etapu prac projektowych lub do prezentacji osiągniętych wyników. W każdym przypadku ważnym elementem symulacji jest notowanie jej wyników. Najczęściej wykorzystywaną techniką jest robienie notatek z przebiegu symulacji. Notaki mogą mieć charakter zapisków, bądź przygotowanych tabel w których wypełnia się pola w miarę wykonywania czynności. Z punktu widzenia specyfiki podejmowanych problemów projektowych, dobrym sposobem notowania symulacji wydaje się wykorzystanie techniki fotograficznej i wideo.

PORÓWNANIE Z PRZEDSTAWIONYMI PROJEKTAMI.

W przypadku 1• symulacje z użyciem prototypu były starannie zaplanowane ze względu na bezpieczeństwo osób biorących w nich udział. W przypadku 2• i 3• w początkowej fazie projektu symulacje odbywały się spontanicznie. W późniejszych fazach były planowane i służyły zarówno weryfikacji osiągniętego stanu jak i przełamaniu impasów w procesie projektowym. W przypadku 4• symulacje były z założenia głównym źródłem informacji wykorzystywanych w procesie projektowym.

• ZAKOŃCZENIE DEFINIOWANIA MODELU.

W momencie gdy zostaną spełnione założenia projektowe, gdy rozwiązany zostanie problem projektowy, następuje koniec modyfikacji modelu przestrzennego będącego dotychczas medium operacyjnym procesu projektowego.

PORÓWNANIE Z PRZEDSTAWIONYMI PROJEKTAMI.

W przypadku 1• i 5• definiowanie modelu zostało zakończone w stadium prototypu. Zdefiniowanie i przetestowanie prototypu stanowiło zakończenie procesu projektowego. W przypadkach 2•, 3• i 4• po rozwiązaniu problemu projektowego model przestrzenny stanowił jakby "zapis" rozwiązania i na podstawie jego właśnie opracowano dokumentację projektu.

- 1) Pawłowski Andrzej, "Kształcenie jako projektowanie projektowania" w *"Inicjacje. O sztuce, projektowaniu i kształceniu projektantów"*, IWP Biblioteka Wzornictwa 6'87, Warszawa 1987, (str. 57).
- 2) Crowley David, "Wstęp" w *"Problemy projektowania, przemysłu i rynku"* podręcznik dla studentów i projektantów ufundowany przez E.W.G. w ramach programu Tempus "Projektowanie dla Przemysłu", pod redakcją Davida Crowley, 1992 (str. 2-3).
- 3) Pawłowski Andrzej, "Koncepcje wzornictwa przemysłowego" w *"Inicjacje. O sztuce, projektowaniu i kształceniu projektantów"*, IWP Biblioteka Wzornictwa 6'87, Warszawa 1987, (str.36), (str.35), (str.38).
- 4) Haupt Adam, "Forma i funkcja" w *"Projekt"* nr4 / 1988, (str. 46-49).
- 5) Coleman Roger, "Społeczne znaczenie projektowania i innowacji" w *"Problemy projektowania, przemysłu i rynku"* podręcznik dla studentów i projektantów fundowany przez E.W.G. w ramach programu Tempus "Projektowanie dla Przemysłu", pod redakcją Davida Crowley, 1992, (str. 22-23).
- 6) Popek Jacek, "Modelowanie jako metoda opisu w procesach projektowania. Hipoteza robocza na temat określenia i klasyfikacji modeli", PWSSP, Gdańsk 1978, (str.1), (str.25,28), (str.25), (str.1). (Praca dostępna w archiwum autora.)
- 7) Leksykon naukowo techniczny, WNT, Warszawa 1989, (str. 520,1032).
- 8) Słownik wyrazów obcych, PWN, Warszawa 1980, (str. 484).
- 9) Encyklopedia Powszechna PWN, PWN, Warszawa 1975, tom III (str.151).
- 10) Encyklopedia Popularna PWN, WN PWN, Warszawa 1993, (str. 520).
- 11) Mała encyklopedia logiki, konsultacja naukowa Tadeusz Kotarbiński, redaktor Witold Marciszewski, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław - Warszawa - Kraków 1970, (str. 176-177).
- 12) Krick Edward V., "Wprowadzenie do techniki i projektowania technicznego", WNT, Warszawa 1975, (str. 63-80), (str.79-80), (str.63-87), (str.63-91), (str.84).
- 13) Weinberg Gerald M., "Myślenie systemowe", WNT, Warszawa 1979, (str. 49).
- 14) Lem Stanisław, "Summa technologiae", Wydawnictwo Lubelskie, Lublin 1984, (str 152,153).
- 15) Pytkowski Wacław, "Organizacja badań i ocena prac naukowych", PWN, Warszawa 1981, (str. 172-173), (str.175), (str.174), (str.178).
- 16) Bąbiński Czesław, "Inżynieria projektowania przemysłowego", WNT, Warszawa 1964, tom I (str. 63-66), (str.63), (str.64), (str.65), (str.64), (str.64), (str.39).
- 17) Zespół interdyscyplinarny pod kierownictwem dr Krzysztofa Kuszewskiego przy współpracy z Katedrą Wzornictwa Przemysłowego PWSSP w Gdańsku. "Opracowanie sanitarnej /reanimacyjnej/ wersji śmigłowca PZL-SW-4" Warszawa grudzień 1988, (str.45).

(Opracowanie dostępne w Katedrze Wzornictwa PWSSP w Gdańsku)

18) Kaufmann A, M.Fustier, A.Drevet, "Inwentyka. Metody poszukiwania twórczych rozwiązań", WNT, Warszawa 1975, (str. 22-23), (str.81-82), (str.25).

19) Martyniak Zbigniew, "Inwentyka przemysłowa", Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa 1985, (str.11-12).

20) Tjalve Eskild, "Projektowanie form wyrobów przemysłowych", Arkady, Warszawa 1984, (str.102-103), (str.102).

21) Archer Bruce L., "Systematyczna metoda projektowania przemysłowego", IWP Biblioteka Wzornictwa 7'87, Warszawa 1987, (str.24).

22) Antoszkiewicz Jan, "Metody heurystyczne", Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1982, (str. 47), (str.24).

23) Bańka Józef, "Filozofia techniki. Człowiek wobec odkrycia naukowego i technicznego", Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1980, (str. 137-138).

24) Dobrołowicz Witold, "Psychologia twórczości technicznej", WNT, Warszawa 1993, (str.61), (str.101-104), (str.51), (str.103).

25) Pawłowski Andrzej, "Wizualne wspomaganie procesów konceptowania" w *"Inicjacje. O sztuce, projektowaniu i kształceniu projektantów"*, IWP Biblioteka Wzornictwa 6'87, Warszawa 1987, (str. 50-51).

26) Pawłowski Andrzej, "Trzy stwierdzenia" w *"Inicjacje. O sztuce, projektowaniu i kształceniu projektantów"*, IWP Biblioteka Wzornictwa 6'87, Warszawa 1987, (str. 11).