

7-3. Przedmiot i zakres projektowania układów „człowiek - obiekt techniczny”

7-3.1. Cybernetyczne ujęcie układu „człowiek - obiekt techniczny”, relacje między członami układu

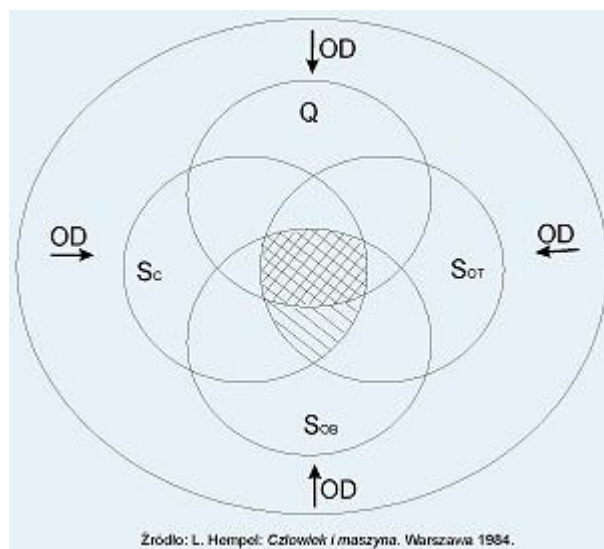
7-3.1.1. Ogólny opis systemu „człowiek - obiekt techniczny”

Na wstępie należy wyjaśnić, że używane często określenie *układ* zostało zastąpione określeniem **system**. Zamiana ta została dokonana z tego powodu, że projektowanie i badanie systemów „człowiek - obiekt techniczny”, ze względu na duże zróżnicowanie celów ich istnienia oraz złożony charakter ich budowy, wymagają ujęcia systemowego.

Spośród wielu określeń systemu C - OT wybrano następujące:

System C - OT zawiera trzy zasadnicze podsystemy: człowieka, obiekt techniczny i otoczenie bliskie, które realizują zadanie określone przez **system celowy [3].** W zależności od czynników zewnętrznych, każdy podsystem w różnym stopniu uczestniczy w realizacji zadania.

System celowy charakteryzuje się występowaniem celu, któremu podporządkowana jest działalność systemu C - OT i który, zależnie od okoliczności, może być wybrany przez system lub narzucony mu z zewnątrz. Wielkości obszarów (fol. nr 2), będących iloczynami zbiorów określonych na poszczególnych systemach, zależą od wielu czynników. Człowiek bardzo rzadko angażuje się całkowicie w realizację danego zadania określonego celem, np. kierowca podczas jazdy samochodem często odrywa uwagę od kierowania pojazdem i oddaje się refleksjom. Inny przykład: niektóre części obiektu technicznego w danej chwili nie uczestniczą w realizacji zadania, itp.



fol. nr 2 *Ogólny opis systemu „człowiek - obiekt techniczny - otoczenie”*

Trwająca rewolucja naukowo-techniczna prowadzi do ciągłych zmian w strukturze obiektów technicznych oraz do zmiany funkcji, jaką pełni człowiek współdziałający z obiektami technicznymi. Systemy „człowiek - obiekt techniczny” charakteryzują następujące zależności [3]:

- **duży stopień złożoności** (duża liczba części składowych, szeroki zakres wykonywania funkcji, duża wrażliwość na bodźce zewnętrzne, obecność człowieka wraz z jego strukturą psychiczną itd.)
- **wysoki stopień zintegrowania**, jedność funkcjonalna (wspólny cel działania, wspólne przeznaczenie), co powoduje złożoność hierarchicznej budowy systemu
- **skomplikowane (wielofunkcyjne) działanie**; najprostsze narzędzia w ręku wykwalifikowanego człowieka tworzą układ zdolny do wykonywania najbardziej złożonych operacji
- **określony stopień automatyzacji**, przyczyniający się do zwiększenia niezależności w zachowaniu się systemu
- **stochastyczne, nieregularne w czasie, występowanie bodźców** zewnętrznych
- **występowanie współzawodnictwa**, to znaczy takiego funkcjonowania systemu, przy którym należy uwzględnić rywalizację między niektórymi elementami (dotyczy to zespołów ludzkich).

W cybernetyce stosuje się trzystopniowy sposób opisu badanych systemów. Są to: **opis morfologiczny** (identyfikuje się elementy składowe i relacje między nimi), **opis funkcjonalny** (identyfikuje się sposoby działania elementów i sposoby ich wzajemnego oddziaływania), **opis parametryczny** (określa się wartości parametrów elementów i ich wzajemnych relacji). Poszczególne poziomy identyfikacji zależą od wiedzy na dany temat.

7-3.1.2. Problemy identyfikacji systemów C - OT

Projektowanie jako proces przetwarzania informacji wymaga odpowiedniego opisu (identyfikacji) projektowanego systemu i jego elementów. O złożoności omawianych systemów może świadczyć przedstawiony poniżej przykład trzypoziomowej „mapy zadań identyfikacyjnych” [3].

○ Człowiek (organizm) - C

a. Opis morfologiczny:

- struktura organizacyjna zespołu roboczego
- budowa ciała człowieka
- budowa narządów zmysłu
- budowa narządów wewnętrznych
- ogólne własności i właściwości ciała (np. rezystancja, częstotści drgań własnych).

b. Opis funkcjonalny:

- działanie w obrębie zespołu roboczego (rola i miejsce)

- działanie narządów wewnętrznych
- działanie narządów zewnętrznych
- procesy przetwarzania materiałów i energii
- procesy przetwarzania informacji
- procesy starzenia
- rytmy i antyrytmy biologiczne
- reakcje wewnętrzne (współdziałanie, sterowanie).

c. Opis parametryczny:

- zakresy oddziaływań zespołu roboczego
- statyczne i dynamiczne wymiary ciała
- wartości poszczególnych cech
- tempo zmiany stanów ustroju.

○ **Obiekt techniczny (maszyna) - OT**

. Opis morfologiczny:

- budowa wewnętrzna i zewnętrzna
- cechy fizyczno-chemiczne
- podsystem energetyczno-materiałowy
- podsystem informacyjny.

a. Opis funkcjonalny:

- sposób działania
- procesy starzenia i zużywania
- zasady i prawa działania.

b. Opis parametryczny:

- wartości obciążeń statycznych i dynamicznych
- graniczne wartości poszczególnych cech
- techniczne parametry działania i ich tolerancja
- tempo zmian cech pierwotnych.

○ **Otoczenia bliskie (środowisko pracy) - OB**

. Opis morfologiczny:

- struktury organizacyjne formalne i nieformalne nadzespołów roboczych

- warunki materialne miejsca pracy
- warunki przestrzenne miejsca pracy
- warunki psychologiczne (bezpieczeństwo, higiena, estetyka)
- metody produkcji (działania)
- rodzaje zagrożeń.

a. Opis funkcjonalny:

- zasady i reguły oddziaływania poszczególnych warunków
- zagrożenia czynnikami niebezpiecznymi i szkodliwymi.

b. Opis parametryczny

- dynamika zmian poszczególnych parametrów
- wartości graniczne i dopuszczalne czynników niebezpiecznych i szkodliwych.

○ **Otoczenia dalsze - OD**

. Opis morfologiczny:

- systemy gospodarcze, polityczne, społeczne, prawne
- zasady organizacji pracy
- warunki klimatyczne
- warunki kulturowe
- szkolnictwo i oświata
- opieka medyczna
- zasoby materiałowo-energetyczne.

a. Opis funkcjonalny:

- zasady funkcjonowania poszczególnych systemów
- zasady zmian warunków klimatycznych
- funkcjonowanie systemów kształcenia i oświaty.

b. Opis parametryczny:

- miary poprawności funkcjonowania otoczenia dalszego.
- stosowane miary wartości.

○ **Relacje wewnętrzne systemu C - OT - RW**

. Opis morfologiczny:

- rodzaje oddziaływań wzajemnych poszczególnych elementów systemu.

- a. Opis funkcjonalny:
 - sposoby oddziaływań wzajemnych elementów systemu.
- b. Opis parametryczny:
 - wartości oddziaływań i ich zmiany w czasie i miejscu.
- **Relacje zewnętrzne - RZ**
- . Opis morfologiczny:
 - rodzaje więzi i oddziaływań wzajemnych systemu C - OT i OD.
- a. Opis funkcjonalny:
 - pośrednie i bezpośrednie sposoby oddziaływań w czasie.
- b. Opis parametryczny:
 - ilościowe (ewentualnie jakościowe) dane o wzajemnych zależnościach systemu C - OT i otoczenia dalszego.
- **Człowiek badacz - CB**
- . Opis morfologiczny:
 - struktura i skład osobowy zespołów badawczych.
- a. Opis funkcjonalny:
 - metody badawcze stosowane przez zespół (badacza)
 - koncepcyjność badaczy
 - umiejętność analizowania i syntetyzowania.
- b. Opis parametryczny:
 - miary efektywności stosowanych metod badawczych.
- **Narzędzia badań - NB**
- . Opis morfologiczny:
 - rodzaje narzędzi badawczych niezbędnych do badania danego systemu C - OT przy określonym celu badania.
- a. Opis funkcjonalny:
 - sposoby wykorzystywania posiadanych narzędzi badawczych
 - właściwy dobór i zastosowanie narzędzi badawczych.
- b. Opis parametryczny:
 - zakresy stosowalności poszczególnych metod badawczych
 - możliwości pomiarowe aparatury badawczej.
- **Otoczenie procesu badania - OPB**

Opis morfologiczny:

- otoczenie bliższe (np. poziom nauki w danym środowisku, opieka naukowa, nastawienie do prowadzonych badań, środki finansowe).

a. Opis funkcjonalny:

- tempo prowadzonych badań
- tempo wdrażania wyników badań
- metody finansowania badań.

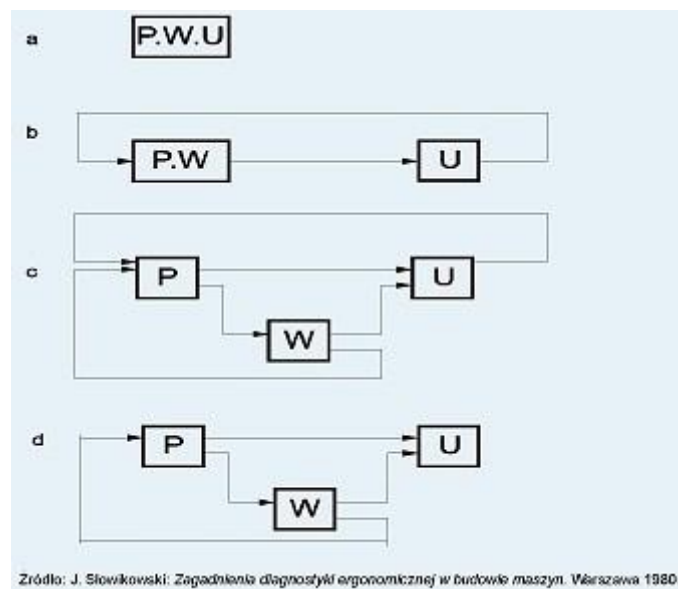
b. Opis parametryczny:

- miary określające potencjał naukowy i ekonomiczny otoczenia procesu badania.

7-3.1.3. Ważniejsze relacje w procesie realizacji potrzeb społecznych [8]

Cybernetyczne modelowanie rzeczywistości nadaje się do poszukiwania, identyfikacji i badania relacji zachodzących pomiędzy elementami tworzącymi system. „Szkieletowymi” elementami **PPR** są etapy projektowania **P**, produkcji **W** i użytkowania **U**.

System zaspokajania potrzeb społecznych podlegał ewolucji (fol. nr 3). W okresie pierwotnych metod wytwarzania system zaspokajania potrzeb ograniczał się do jednego uczestnika i jednego procesu. Człowiek sam przygotowywał działanie, sam wytwarzał niezbędne przedmioty pracy i sam je użytkował zaspokajając określoną potrzebę.



fol. nr 3 Ewolucja systemów PPR

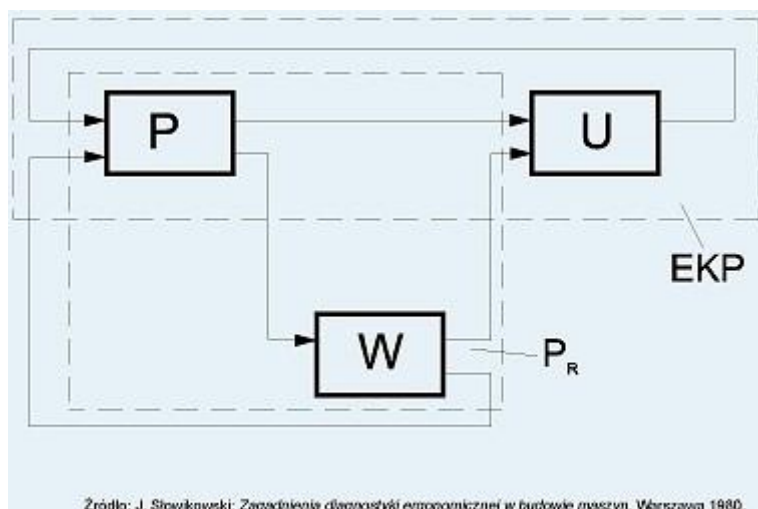
W wyniku rozwoju następował kolejny podział pracy: projektant - wykonawca (producent) oddzielił się od użytkownika (konsumenta). W systemie takim pojawiły się dwie relacje. Relacja **U®P,W**, reprezentująca potrzeby i wymagania użytkownika, oraz relacja **P,W®U**, która w postaci przekazanego do użytkownika wyrobu (produktu) określa stopień realizacji potrzeby. Jest ona

ograniczeniem swobody użytkownika, który jest zmuszony do „**dostosowania się**” do możliwości wyrobu i tylko w zakresie tych możliwości może realizować swoje potrzeby. Relacja **P,W®U** pojawiła się w czasach przedprzemysłowych i do dnia dzisiejszego ma ogromne znaczenie. Jedną z dróg do zmniejszenia ograniczenia swobody użytkownika jest wprowadzane obecnie projektowanie uczestniczące (partycypacyjne), podczas którego użytkownik ma prawo do decyzji projektowych. Dalszy rozwój środków produkcji oraz wzrost ich złożoności wymusił rozdział pomiędzy projektowaniem a wytwarzaniem.

Realizacja potrzeby społecznej przebiega teraz w trzech fazach, pomiędzy którymi pojawiły się nowe relacje. Każda z tych faz ma obecnie dużą autonomię. Faza projektowania mogła stać się autonomiczna, ponieważ będąc procesem przetwarzania informacji, potrzebne informacje otrzymuje. Powstanie systemu informacyjnego w PPR daje nową szansę rozwoju systemu. Większość relacji w nowoczesnych procesach realizacji potrzeb ma charakter informacyjny. Nowymi relacjami w rozpatrywanym układzie jest relacja **P®W**, która definiuje „co zrobić” i „jak to zrobić”, oraz relacja **W®P** definiująca „jak można to zrobić”. Strumień wyrobów jest wyrazem relacji **W®U**. Nowy wymiar jakościowy uzyskały relacje **P®U** i **U®P**. Pojedynczy użytkownik dla projektanta stał się anonimowy, jego wymagania są „uśrednione” dla określonej grupy klientów. Powstała nowa grupa specjalistów, między innymi od marketingu, opracowujących cechy i potrzeby użytkowników, co pozwala uniknąć „nietrafienia” z produktem do klienta.

Brak sprzężenia **P®U** prowadzi do wynaturzeń w **PPR**, zaspokajanie potrzeb nabiera charakteru monopolistycznego lub dyrektywnego. Relacja ta jest ważna z punktu widzenia projektowania układów antropotechnicznych, gdyż dostarcza projektantowi „wiedzy” o cechach, potrzebach i możliwościach człowieka - użytkownika. Brak tej relacji uniemożliwia wprowadzanie projektowania zadaniowego i partycypacyjnego. **Relacja ta jest podstawową racją „bytu” ergonomii w projektowaniu.** Dalszy szybki rozwój przemysłowo-techniczny spowodował, że pojawiły się nowe problemy, użytkownik nie ma czasu i umiejętności potrzebnych do „utrzymania ruchu” obiektów technicznych. Powstały służby serwisowe producentów, zajmujące się obsługą, naprawami i konserwacją obiektów. Powstała nowa relacja **U®W**, a dokładniej **E®W**, gdyż faza użytkowania stała się procesem eksploatacji złożonym z użytkowania, obsługi i zasilania.

Analiza relacji zachodzących pomiędzy elementami **PPR** uzasadnia potrzebę utworzenia ergonomicznego systemu kształtowania produktu **EKP**. Użytkownik (konsument) zaspokajając swe potrzeby kontaktuje się tylko z wyrobem, dlatego jego partnerem w nadsystemie **PWU** jest system PR traktowany jako całość. Użytkownik chcąc zachować wpływ na ostateczny kształt produktu (obiektu technicznego) wzmacnia relację z projektantem, co doprowadziło do powstania systemu ergonomicznego kształtowania produktu **EKP** (fol. nr 4). Istotne znaczenie w systemie **EKP** ma relacja **U®P**, która poprzez diagnostykę ergonomiczną systemu użytkowania (eksploatacji) dostarcza informacji do systemu projektowania.



fol. nr 4 Miejsce procesu ergonomicznego kształtowanego produktu

Jak widać, ergonomia i bezpieczeństwo pracy formułując wymagania i ograniczenia mają duży wpływ na przebieg procesu zaspokajania potrzeb.

7-3. Przedmiot i zakres projektowania układów „człowiek - obiekt techniczny”

7-3.2. Ergonomia jako dziedzina projektowania antropocentrycznego

7-3.2.1. Wprowadzenie do projektowania

Podczas projektowania współczesnych, złożonych i kosztownych systemów należy zatroszczyć się nie tylko o to, aby jakościowo, a szczególnie niezawodnie, wypełniały one nałożone funkcje, ale i o uwzględnienie strat sił i środków na ich wykonanie, na wyszkolenie personelu obsługującego i użytkującego. Należy również zatroszczyć się o odniesienie tych wskaźników do efektów, jakie przyniesie zastosowanie takich systemów i do oczekiwanego na nie zapotrzebowania (fol. nr 5).



Zadania projektowania systemów

fol. nr 5

Ponadto, należy dążyć do tego, aby tworzone systemy były dogodne dla szybkiego elastycznego wdrożenia w wypełnianie nowych zadań, wynikających ze zmiany wewnętrznych i zewnętrznych warunków ich funkcjonowania. Następnie, przy opracowaniu i budowie nowych systemów trzeba

ukierunkować się nie tylko na osiągnięcie znanych celów i rozwiązywanie aktualnych zadań, ale na proponowanie nowych warunków i wariantów ich działania, na perspektywy ich dalszego wykorzystania. Należy pamiętać, że **błędy popełnione w procesie projektowania, nieuwzględnienie poszczególnych celów, czynników, osobliwości pracy, mogą przynieść duże straty materialne i społeczne**[\[7\]](#).

Wszystko to istotnie zmieniło kierunki tradycyjnego inżynierskiego myślenia. W miejsce zróżnicowania i wąskiej specjalizacji istniejącej w projektowaniu pojawiły się przeciwne zadania, integracja i synteza złożonych systemów, zadania, w których wymaga się połączenia wielu celów, uzgadniania wielkiej liczby czynników technicznych, ekonomicznych, ergonomicznych i socjalnych, uwzględniania rozwoju systemu i jego perspektyw. Jak już wspomniano, projektowanie staje się projektowaniem sytuacyjnym. Projektowanie złożonych systemów przeobraziło się **w wielostopniowe zadanie zawierające wiele nowych dużych problemów, takich jak** (fol. nr 6):

- naukowe badanie celów, możliwości, warunków, perspektyw i innych czynników, określających wybór, stworzenie i zastosowanie nowego systemu
- wybór, na podstawie tych danych, istoty i struktury systemu, spełniających stawiane przed nimi wymagania
- projektowo-konstruktorskie opracowanie systemu
- zbudowanie (wykonanie) systemu
- jego praktyczne wykorzystanie (eksploatacja).



Nowe problemy projektowe

fol. nr 6

Jeden z klasyków badań systemowych (systemotechniki) **A. Hall** określa jej cel następująco: „**skrócić przerwy w czasie między kosztownymi odkryciami i ich zastosowaniem i między postaciami ludzkich potrzeb i produkcją nowych systemów, stworzonych do zaspokajania tych potrzeb**” [\[4\]](#).

Systemy „człowiek-maszyna”, „człowiek-obiekt techniczny-otoczenie” odznaczają się wysoką integracją, są hierarchicznie uporządkowane i centralne (fol. nr 7).

ZALEŻNOŚĆ	UWAGI
Duży stopień złożoności	1
Wysoki stopień zintegrowania	2
Skomplikowane wielofunkcyjne działanie	3
Określony stopień automatyzacji	4
Stochastyczne występowanie bodźców zewnętrznych	5
Występowanie współzawodnictwa	6

fol. nr 7 Zależności charakteryzujące systemy człowiek - obiekt techniczny

Projektowanie systemów złożonych, a takimi są systemy C-OT-O, musi być wspomagane **metodami systemotechnicznymi** [7].

7-3.2.2. Ogólne zasady podchodzenia do projektowania systemów C-OT-O

Projektowanie systemów C-OT-O zawiera trzy aspekty [5]:

- o projektowanie techniczne
- o projektowanie układów antropotechnicznych
- o projektowanie artystyczne.

7-3.2.3. Istota metod systemowych

Systemotechniczne metody (fol. nr 8) bazują na wykorzystaniu ilościowych opisów działania poszczególnych elementów systemu i ich wzajemnych relacji. Jednak do dzisiaj brak ilościowego opisu działań człowieka lub jest on bardzo przybliżony. W związku z tym, często człowieka traktuje się jako element otoczenia (gdzie można niekiedy zadowolić się ogólnym opisem), a nie jako składnik systemu. Dlatego prowadzi się poszukiwania innych metod, które obok charakterystyk ilościowych, uwzględniałyby charakterystyki jakościowe. Tak powstało podejście do projektowania systemów C-OT oparte na **rozdzieleniu funkcji** między składnikami systemu.



Metody systemowe w projektowaniu

fol. nr 8

Powstało również inne podejście, którego istotą jest projektowanie działalności człowieka w systemie sterowania.

7-3.2.4. Ogólna zasada projektowania przy podejściu antropocentrycznym

Zastosowanie podejścia systemotechnicznego do projektowania wymaga, aby wskaźniki działalności człowieka w systemie sterowania były przedstawiane w takich samych kategoriach, w jakich opisuje się pracę obiektu technicznego. W związku z tym pojawia się następująca sprzeczność: jeżeli uda się opisać matematycznie działanie człowieka przy wykonywaniu danej funkcji sterowniczej, to tym samym można stworzyć algorytm tego działania, co oznacza, że może być ono automatyzowane, to znaczy przekazane maszynie. Pojawia się paradoksalna sytuacja: aby dokładnie uwzględnić „czynniki ludzkie”, jego funkcję należy opisać ilościowo, a gdy tylko uda się to zrobić, czynnik ten przestaje być „ludzkim”. Paradoks ten odkrył N. Jordan, który zakwestionował podstawy włączania człowieka i maszyny do jednego systemu. Jego punkt widzenia polega na tym, że systemy należy projektować tylko z pozycji wzajemnego dopełnienia człowiekiem maszyny i maszyną człowieka, a nie wychodzić z podziału funkcji, tj. **nie rozdzielać funkcji, a zapewnić wzmocnienie funkcji**.

Człowiek jest refleksyjnym składnikiem systemu, odzwierciedlającym w swojej świadomości zarówno składniki techniczne, jak i działanie całego systemu. Oprócz tego działanie człowieka jest uwarunkowane społecznymi, ekonomicznymi, politycznymi i licznymi innymi motywami. Oznacza to, że człowiek jako element systemu „społeczeństwo”, posiada znaczną liczbę przedstawionych w pamięci, w jego świadomości, danych, które oprócz zwykłych sygnałów wejściowych określają sygnały wyjściowe.

Maszyna jest narzędziem pracy człowieka, a nie jego partnerem. Krytyka metody rozdziału funkcji doprowadziła do zaproponowania podejścia, w którym projektuje się systemy działania człowieka - operatora; **jest to klasyczne podejście antropocentryczne** (fol. nr 9).



Istota projektowania antropocentrycznego

fol. nr 9

Pomimo teoretycznego uzasadnienia podejście to nie jest do dzisiaj powszechnie wykorzystywane w praktyce projektowej. Wymienia się dwie istotne przyczyny tego faktu. Po pierwsze, nie ma jednolitej teorii działania człowieka - operatora. Po drugie, jeżeli uda się stworzyć metodykę projektowania działalności operatora, nie rozwiąże ona problemu projektowania obiektu technicznego. Na podstawie działalności operatora trzeba i tak stworzyć projekt maszyny adekwatnej do tej działalności.

Na zakończenie trzeba jeszcze wspomnieć o tym, że podczas projektowania na podstawie rozdziału funkcji, po ustaleniu funkcji człowieka i zaprojektowaniu środków technicznych wydziela się etap projektowania działalności człowieka. Różnica polega na tym, że teraz projektuje się działalność człowieka dla danego obiektu technicznego, a w projektowaniu antropocentrycznym takiego obiektu jeszcze nie ma.

Źródło : nop.ciop.pl