

## **RELACJE MIĘDZY PODSYSTEMAMI SYSTEMU CZŁOWIEK–URZĄDZENIE TECHNICZNE<sup>1</sup>**

Postępowi cywilizacyjnemu towarzyszą zmiany relacji pojawiających się w procesach projektowania, wytwarzania i eksploatacji urządzeń technicznych między człowiekiem, występującym w roli twórcy, wytwórcy albo eksploatatora tych urządzeń, a tymi urządzeniami.

Badaniem wzajemnych oddziaływań człowieka i różnego rodzaju urządzeń technicznych zajmuje się pedagogika inżynierska, stanowiąca część pedagogiki pracy. Badane są formy i metody pracy, organizacja pracy, przygotowanie i przystosowanie człowieka<sup>2</sup> do procesu pracy, analizowana jest wiedza i umiejętności i osobowość, w aspekcie projektowania, konstruowania i realizowania procesów technologicznych. Można więc rozpatrywać różnego rodzaju relacje, współzależności i uwarunkowania, które mogą wystąpić między systemem człowiek a systemami technicznymi. Ujmując te problemy z systemowego punktu widzenia, konieczne jest określenie, jakiego typu systemami mogą być istniejące systemy techniczne oraz jakiego rodzaju systemem jest człowiek znajdujący się z nimi w relacji. Przyjęcie wspólnego kryterium klasyfikacyjnego dla tych wszystkich systemów umożliwi kształtowanie właściwych wzajemnych relacji między nimi. Proponuję, by kryterium to stanowiły funkcje realizowane przez te systemy. Systemy te mogą realizować następujące funkcje:

1. Pobieranie informacji z otoczenia (funkcję tą realizuje receptor).
2. Przekazywanie informacji (informacje są przekazywane wewnątrz systemu za pośrednictwem receptora i korelatora, a do otoczenia dzięki efektorowi).
3. Rejestrowania, przechowywanie i przetwarzanie informacji (funkcje te realizuje korelator).
4. Pobieranie energii z otoczenia (funkcję tą realizuje alimentator).
5. Przekazywanie energii (energia jest przekazywana wewnątrz systemu za pośrednictwem alimentatora i akumulatora, a do otoczenia dzięki efektorowi).

---

<sup>1</sup> J. Wilsz, Relacje między podsystemami systemu: człowiek – urządzenie techniczne, [w:] Teoretyczne i praktyczne problemy edukacji technicznej i informatycznej, red. W. Furmanek, W. Walat, Zakład Dydaktyki Techniki i Informatyki, Uniwersytet Rzeszowski, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów 2003, s. 109-119.

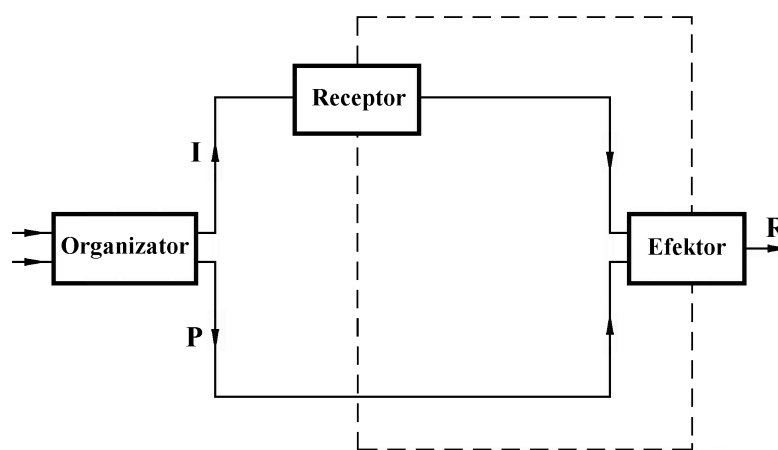
<sup>2</sup> Przystosowanie zawodowe omówiłam w artykule pt. *Implikacje wynikające z koncepcji stałych indywidualnych cech osobowości dla procesu przystosowania zawodowego*, „Pedagogika Pracy”, nr 41, 2002.

6. Przechowywanie i przetwarzanie energii (funkcje te realizuje akumulator).
7. Przeciwdziałanie przepływowi informacji, zmniejszającym możliwość oddziaływania systemu na otoczenie (funkcję tą realizuje homeostat).
8. Przeciwdziałanie przepływowi energii, zmniejszającym możliwość oddziaływania systemu na otoczenie (funkcję tą realizuje homeostat).

Z systemowego punktu widzenia mogą istnieć następujące systemy: system zorganizowany, system sterowny, system samosterowny oraz system autonomiczny. Systemy te realizują następujące funkcje:

- system zorganizowany realizuje funkcje: 1, 2, 5;
- system sterowny realizuje funkcje: 1, 2, 4, 5, 6;
- system samosterowny realizuje funkcje: 1, 2, 3, 4, 5, 6;
- system autonomiczny realizuje funkcje 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Wszelkiego typu urządzenia techniczne<sup>3</sup> przynależą do grup systemów: zorganizowanych, sterownych oraz samosterownych. Te trzy grupy systemów zawsze działają w interesie organizatora zewnętrznego, którym jest człowiek, również w przypadku systemu samosterownego, pomimo że system ten może działać bez jego bezpośredniego udziału.



Rys. 1. System zorganizowany

Na schemacie systemu zorganizowanego (rys. 1), poza podsystemami tego systemu (receptorem i efekтором), zaznaczony został system zewnętrzny nazwany organizatorem ze-

<sup>3</sup> W pojęciu urządzenie techniczne mieszczą się takie pojęcia, jak: maszyna, mechanizm, narzędzie, przyrząd, aparat.

wewnętrznym, od którego system zorganizowany otrzymuje energię, a za jego pośrednictwem również informacje.

Przykładami technicznych systemów zorganizowanych mogą być: młotek, piła ręczna, rower, maszyna do szycia, która nie jest zasilana energią elektryczną, a pracuje dzięki ludzkim mięśniom itp. Organizatorem tych wszystkich urządzeń i narzędzi jest ich użytkownik. W technice na wykorzystywaniu systemów zorganizowanych polega między innymi **řekodzielnictwo**. Narzędzia używane w okresie przedrzemieřlnicznym naleŹy zaliczyć do tej grupy systemów.

W okresie produkcji rzemieřlniczej, a nawet w okresie kształtowania się przemysłowej formy produkcji, wyroby wytwarzane były głównie dzięki zastosowaniu urządzeń technicznych naleŹących do grupy systemów zorganizowanych. W okresie produkcji rzemieřlniczej nie był widoczny wyraźny rozwój techniki wytwarzania, doskonalenie stosowanych narzędzi polegało na rozszerzaniu zakresu możliwości wcześniej stosowanych mechanizmów. Doprowadziło to zbudowanie mechanizmów składających się z układów dźwigni, mimořrodów, wielokrążków itp., które stanowiły podstawę budowania maszyn opartych na schemacie strukturalnym: napęd – przełoŹenie – element roboczy.

W początkowym okresie kształtowania się przemysłowej formy produkcji zaczęto stosować na coraz większą skalę maszyny i silniki (przynaleŹące do grupy systemów sterownych), zastępujące fizyczny wysiłek człowieka. Dzięki zastosowaniu ich dokonał się przewrót techniczny, którego skutki nazywane są pierwszą rewolucją przemysłową. Polegała ona na:

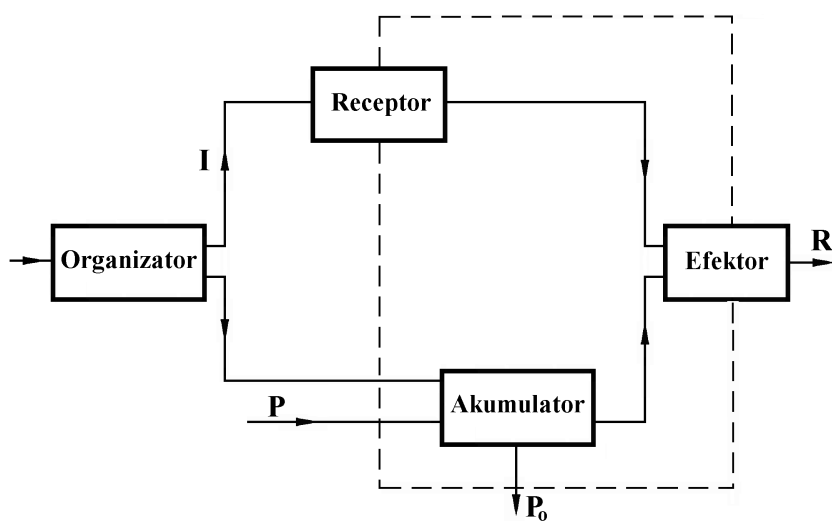
- zastosowaniu i rozwoju maszyny roboczej (nazywanej również narzędziową, technologiczną itp.), jako podstawowego řrodka zastępującego rękę ludzką;
- rewolucji w zakresie rodzaju wykorzystanej energii: zastąpienie siły mięśni ludzkich, siły zwierząt oraz sił przyrody przez energię pary wodnej, a później przez energię elektryczną;
- rewolucji w zakresie przedmiotów pracy (podstawowymi przedmiotami pracy staje się ruda Źelaza, węgiew kamienny, ropa naftowa itp., przed pierwszą rewolucją przemysłową nie odgrywały one istotnej roli).<sup>4</sup>

W systemie człowiek–maszyna nastąpiła charakterystyczna zmiana. Większość urządzeń technicznych stosowanych przed etapem rozwiniętej produkcji maszynowej była mechanicznym przetworzeniem ruchów wykonywanych przez człowieka w trakcie pracy. Wype-

---

<sup>4</sup> *Ekonomia polityczna kapitalizmu*, pod red. S. Szeřlera, Warszawa 1969, s. 65.

cjalizowane maszyny zaczęły działać na innych zasadach. Nie naśladowały człowieka, a wykorzystywały właściwości narzędzi i surowców oraz zjawiska fizyczne i chemiczne, sprzyjające osiągnięciu zamierzonego celu. Dało to asumpt do ogromnej proinnowacyjności nowego systemu społeczno-gospodarczego. Dla systemu człowiek–maszyna istotne stało się zjawisko, które zostało zapoczątkowane w okresie kształtowania się rozwiniętej produkcji maszynowej, które polegało na tym, że zrozumienie zjawisk zachodzących między roboczym elementem maszyny a obrabianym przedmiotem oraz w samej maszynie zaczęło wykraczać poza możliwości operatora bezpośrednio obsługującego maszynę. W przyszłości zjawisko to precyzyjnie działania, niewielkiej wydajności, były bardzo trwałe i dość niezawodne. Dlatego nie wymagały istnienia rozbudowanego zaplecza naprawczego. Uszkodzenia usuwane były najczęściej przez operatorów maszyn przy pomocy pracowników przyfabrycznych warsztatów. Przez jakiś czas było to możliwe dzięki rzemieślniczemu przygotowaniu operatorów i prostocie obsługiwanych przez nich maszyn. Dopiero gdy okazała się że to przygotowanie nie jest już wystarczające, użytkownicy byli zmuszeni do poszukiwania innych rozwiązań<sup>5</sup>.



Rys. 2. System sterowny

System sterowny (rys. 2), poza wszystkimi podsystemami, które występują w systemie zorganizowanym, posiada własny przetwornik energii, czyli akumulator, który przetwarza energię pobieraną z otoczenia, wykorzystuje ją od razu albo przechowuje, aby wykorzystać w

<sup>5</sup> H. Bednarczyk, W. Leszek, B. Wojciechowicz, *Relacje edukacyjne człowiek–maszyna*, Radom 1995, s. 49–52.

dowolnym czasie, może też wykorzystywać energię elektryczną dostarczaną z elektrowni. Rola organizatora zewnętrznego w tym systemie sprowadza się jedynie do czynności sterowniczych. Przykładami technicznych systemów sterownych są obrabiarki, samochody, narzędzia elektryczne itp., które są zasilane energią elektryczną, ale nie są sterowane komputerowo. Na wykorzystywaniu takich systemów polega w technice **mechanizacja**. Postęp techniczny w latach 1918–1945 dotyczył głównie mechanizacji produkcji. Pomimo że większość stosowanych w tym okresie urządzeń należała do grupy systemów sterownych, zaczęto wprowadzać urządzenia należące do grupy systemów samosterownych, co zapoczątkowało automatyzację produkcji. W okresie rozwiniętego industrializmu, nazywanego okresem masowej produkcji maszynowej, konstruowane urządzenia techniczne stawały się coraz bardziej skomplikowane. Nastąpiło poszerzenie zakresu działań podsystemów technicznych związanych zarówno z wytwarzaniem, jak i z eksploatacją. Wzrosła złożoność obsługi maszyn, a podstawową funkcją człowieka w systemie człowiek–maszyna stało się programowanie i kontrolowanie maszyn sterujących (które należą do grupy systemów samosterownych), maszynami wytwarzającymi. Sterowanie maszynami zwróciło uwagę na problemy niezawodności człowieka będącego podsystemem w systemie człowiek–maszyna.

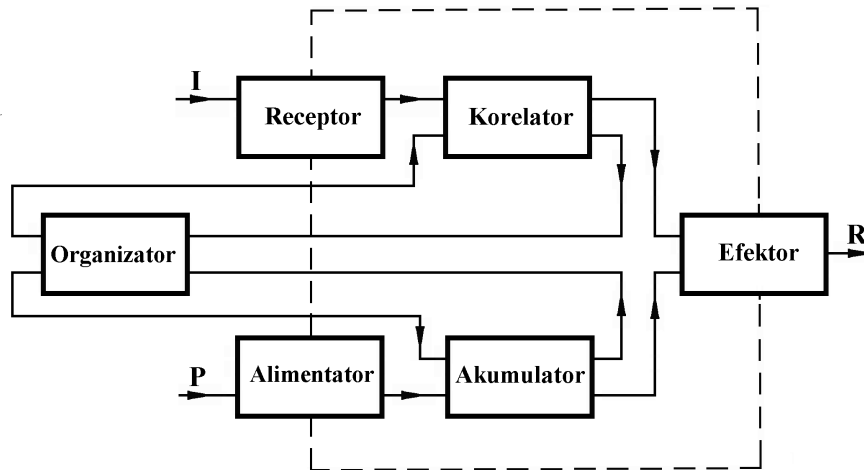
Istniejący obecnie stan techniki określany jest mianem rewolucyjnego przejścia z mechanicznej ery przemysłowej do cybernetycznej ery postindustrialnej, przejawia się on zwrotem od „produktów” do „funkcji” i „procesów”.<sup>6</sup> Epoka postindustrialna związana jest ze wzrostem złożoności procesów produkcyjnych oraz stopnia zintegrowania operacji technologicznych. Epoka ta stawia na zwiększanie się wpływu nauki na technikę i produkcję, głównie na informatyzację i cybernetyzację struktur produkcyjnych. Kompleksowa automatyzacja spowoduje, że dotychczasowe operacyjne funkcje człowieka przejmą urządzenia techniczne, a jemu pozostaną jedynie funkcje sterowania produkcją.

Systemy samosterowne (rys. 3) posiadają dodatkowo własny przetwornik informacji, czyli korelator, dzięki któremu informacje pobierane z otoczenia mogą być przetwarzane i przechowywane, w celu ich wykorzystania w dowolnym czasie. Systemy te, dzięki funkcjom realizowanym przez korelator i akumulator, mogą w zasadzie działać bez udziału organizatora zewnętrznego, który stworzył taką strukturę tych systemów, dzięki której funkcjonują one w interesie organizatora zewnętrznego. Systemami samosterownymi są automaty, na stosowaniu których polega w technice

---

<sup>6</sup> W. Niedbała, H. Bednarczyk, *Prognozowanie treści kształcenia mechaników*, „Pedagogika Pracy” nr 26–27, 1995.

**automatyzacja.** Rolę korelatorów w urządzeniach technicznych zasilanych energią elektryczną pełnią komputery, coraz częściej mamy do czynienia z robotami sterowanymi komputerowo.



Rys. 3. System samosterowny

Automatyzacja, która pojawiła się w okresie rozwiniętego industrializmu, stanowi podstawę epoki postindustrialnej, której najważniejszym czynnikiem postępu jest rozwój nauki i techniki. Efektem postępu technicznego i informatycznego są niezmiernie skomplikowane automaty, prześcigające człowieka w precyzji wykonywanych czynności.

Na schematach wszystkich systemów występuje czysto teoretyczne rozróżnienie toru informacyjnego (przebiega on od receptora poprzez korelator do efektora) i energetycznego (przebiega on od alimentatora poprzez akumulator do efektora). Podsystemami, które mają bezpośredni kontakt z otoczeniem, są receptory, alimentatory i efekторы. Za pośrednictwem receptorów, będących informacyjnymi wejściami systemu, zostają wykrywane/odbierane bodźce z otoczenia. Dzięki alimentatorom, stanowiącym energetyczne wejścia systemu, z otoczenia pobierana jest energia, a w efekcie działania efektorów, stanowiących wyjście informacyjno-energetyczne, system reaguje na docierające do niego bodźce.

Działanie wszystkich systemów, przejawiające się pojawieniem ich reakcji, jest wynikiem procesu informacyjnego i energetycznego. W procesie informacyjnym określony zostaje rodzaj reakcji, która pojawi się dzięki doprowadzeniu ilości energii potrzebnej do spowodowania reakcji.

Systemy zorganizowane, sterowne oraz samosterowne funkcjonują w interesie innych systemów, które je zaprojektowały i wykonały, czyli w interesie ludzi. To jak funkcjonują te systemy zależy również od ludzi, którzy są ich użytkownikami, od tego jacy są ci ludzie, jaka jest ich struktura oraz jaka jest sytuacja, w której działają. Systemy zorganizowane, sterowne oraz samosterowne należy więc zawsze rozpatrywać w kontekście współzależności i współdziałania z ludźmi.

Aby określić funkcjonowanie systemu człowiek–urządzenie techniczne oraz by wyjaśnić wzajemne oddziaływania podsystemu człowiek<sup>7</sup> i podsystemu urządzenie techniczne, konieczna jest znajomość tych dwóch podsystemów, ich wejść i wyjść oraz transformacji każdego z nich, przekształcającej bodziec odbierany przez podsystem na jego wejściu w reakcję na jego wyjściu.

Określenie tych danych dla podsystemu urządzenie techniczne jest formalnością, natomiast w odniesieniu do podsystemu człowiek następuje bardzo duże trudności. Trudności te wydają się możliwe do pokonania, jeśli człowiek zostanie potraktowany jako system autonomiczny, będącym modelem funkcjonalnym systemu sterującego się we własnym interesie, co gwarantują mu właściwości sterownicze niezależne od oddziaływań otoczenia. Takich właściwości nie posiadają systemy techniczne, które nigdy nie działają w interesie własnym.

System autonomiczny<sup>8</sup> definiowany jest jako system mający zdolność sterowania oraz zdolność przeciwdziałania utracie tej zdolności. Zdolności te zapewniają mu następujące podsystemy: **receptor** (podsystem do pobierania informacji z otoczenia), **alimentator** (czyli podsystem do pobierania energii z otoczenia), **efektor** (podsystem do oddziaływania na otoczenie), **korelator** (podsystem do przetwarzania i przechowywania informacji), **akumulator** (podsystem do przetwarzania i przechowywania energii) oraz **homeostat** (podsystem do przeciwdziałania przepływowi informacji i energii, zmniejszającym możliwość oddziaływania systemu na otoczenie).

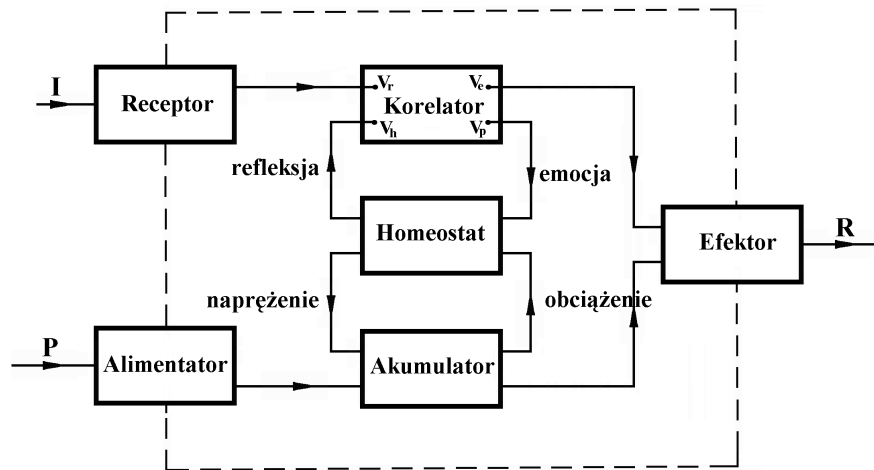
System autonomiczny jest więc zdolny do utrzymywania się w równowadze funkcjonalnej, dąży do utrzymania swej egzystencji, funkcjonuje we własnym interesie itp. Ponieważ człowiek spełnia wszystkie wymagania definicyjne systemu autonomicznego, a w jego organizmie spełnione są wszystkie funkcje tego systemu (pobieranie informacji i energii z otoczenia, przechowywanie i przetwarzanie ich oraz przekazywanie do otoczenia, przeciwdziałanie przepływowi informa-

---

<sup>7</sup> Człowiek jest tu rozumiany jako pojedynczy operator lub zespół ludzi powiązanych wzajemnymi oddziaływaniami.

<sup>8</sup> M. Mazur, *Cybernetyczna teoria układów samodzielnych*, Warszawa 1966.

cji i energii, zmniejszającym możliwość oddziaływania systemu na otoczenie, utrzymywanie się w równowadze funkcjonalnej), jest jego szczególnym przypadkiem. Wynika z tego, że wszystkie twierdzenia wyprowadzone z teoretycznej analizy systemu autonomicznego odnoszą się do człowieka.



Rys. 4. System autonomiczny

Ponieważ korelator systemu autonomicznego, przedstawionego na rys. 4, odbiera informacje od receptorów, przekazuje informacje do efektorów i jest sprzężony z homeostatem, ma więc dwa wejścia i dwa wyjścia, a jego funkcjonowanie jako przetwornika oddziaływań jest równoznaczne z procesem, w którym potencjały wejściowe powodują przepływ energii, w efekcie czego powstają potencjały wyjściowe. W związku z tym można wyróżnić cztery potencjały: **potencjał receptorowy** ( $V_r$ ) – wprowadzony do korelatora przez receptory, **potencjał efektorowy** ( $V_e$ ) – wprowadzony do efektora przez korelator, **potencjał perturbacyjny** ( $V_p$ ) – wprowadzony do homeostaty przez korelator oraz **potencjał homeostaticzny** ( $V_h$ ) – wprowadzony do korelatora przez homeostat.

Obiegi korelacyjne w systemie autonomicznym są to procesy, w których wiele jednorazowych przebiegów korelacyjnych następuje po sobie, przy czym obieg korelacyjny, w którym występuje wyłącznie sprzężenie korelatora z otoczeniem, nazywany jest obiegiem reakcyjnym, a obieg, w którym występuje wyłącznie sprzężenie korelatora z homeostatem, jest obiegiem refleksyjnym.



Obieg reakcyjny w systemie autonomicznym pojawia się wówczas, gdy wystąpi bodziec, który wywoła dostatecznie dużą moc korelacyjną<sup>9</sup> i spowoduje reakcję przed zmianą potencjału refleksyjnego (tzn. homeostatycznego), wywołaną przez homeostat. Reakcja ta wywoła zmianę w otoczeniu, która z kolei, jako nowy bodziec, spowoduje analogiczny rozpliw mocy korelacyjnej itd.

Obieg refleksyjny w systemie autonomicznym, odbywający się bez udziału efektora wystąpi wówczas, gdy pojawienie się bodźca wywoła emocję<sup>10</sup>, a w następstwie refleksję<sup>11</sup> przeciwdziałającą decyzji.

Pomiędzy dwoma omówionymi obiegami korelacyjnymi (reakcyjnym i refleksyjnym) występują obiegi pośrednie, nazywane obiegami refleksyjno-reakcyjnymi, w których na przemian występują obiegi refleksyjne i reakcyjne.

W odniesieniu do maszyn i urządzeń technicznych, które przynależą do trzech grup systemów: systemów zorganizowanych, systemów sterownych oraz systemów samosterownych, sterowanie nimi polega na oddziaływaniu na potencjał receptorowy, będący jednocześnie potencjałem korelacyjnym:  $V_r = V_k$ . Obieg korelacyjny odbywa się tu bez udziału homeostatu i określany jest jako obieg reakcyjny. Człowiek może wprowadzać do procesu korelacji maszyn i urządzeń technicznych potencjał refleksyjny swojego homeostatu, który staje się dla nich potencjałem rejestracyjnym.

System autonomiczny, sterujący innymi systemami, staje się ich organizatorem. Taka jest też jego rola w stosunku do wszelkiego rodzaju maszyn. Różnica między człowiekiem traktowanym jako system autonomiczny a maszyną, będącą systemem samosterownym, polega na występowaniu u człowieka potencjału refleksyjnego, którego brak jest w maszynie nie mającej własnego homeostatu, będącego źródłem tego potencjału. Tak więc zachowanie systemów samosterownych zależy tylko od potencjału rejestracyjnego i od przewodności korelacyjnej<sup>12</sup> korelatora. W praktyce, w przypadku bardzo małej trwałości rejestratów w korelatorze, każdy następny bodziec natrafia na taką samą przewodność korelacyjną, na skutek czego reakcje systemu samosterownego są zależne wyłącznie od aktualnych bodźców, są więc wymuszone przez otoczenie.

---

<sup>9</sup> Moc korelacyjna (K) jest to stosunek energii korelacyjnej do czasu, przy czym energia korelacyjna jest energią sterowniczą, której przepływ towarzyszy wszystkim procesom w korelatorze.

<sup>10</sup> Emocja jest to oddziaływanie korelatora na homeostat.

<sup>11</sup> Refleksja jest to oddziaływanie homeostatu na korelator.

<sup>12</sup> Przewodność korelacyjna (G) jest to przewodność drogi przepływu mocy korelacyjnej.

W przypadku dużej trwałości rejestratów, w korelatorze występuje wypadkowy wpływ bodźca aktualnego i wszystkich bodźców poprzednich, na reakcje systemu samosterownego. W systemie samosterownym mogą więc występować tylko obiegi reakcyjne.

W przypadku człowieka rozpatrywanego jako system autonomiczny, sprawa komplikuje się ze względu na rolę potencjału refleksyjnego wprowadzonego do korelatora przez homeostat, po uprzedniej zmianie rozkładu potencjałów w korelatorze, wywierających wpływ na homeostat. Potencjał korelacyjny w systemie autonomicznym, a więc również u człowieka, jest sumą potencjału refleksyjnego i potencjału rejestracyjnego ( $V_k = V_h + V_r$ ). W związku z wpływem potencjału refleksyjnego człowieka na powstanie decyzji, dokładne przewidywanie wszystkich jego reakcji, we wszelkiego rodzaju sytuacjach, przy niewystarczającej znajomości człowieka, nie zawsze jest możliwe. Dlatego też główną przyczyną nieprawidłowości funkcjonowania systemu człowiek – urządzenie techniczne jest człowiek.