

MARIAN MAZUR

CYBERNETYCZNA TEORIA UKŁADÓW SAMODZIELNYCH

PRZEDMOWA.....	7
I. POJĘCIA PODSTAWOWE	11
1. WSTĘP	11
2. SPRZĘŻENIA.....	18
3. INFORMACJE	35
4. UKŁADY SAMODZIELNE.....	47
II. PRZEBIEGI INFORMACYJNE	60
5. REJESTRACJA	60
6. ESTYMACJA	67
7. KORELACJA	69
8. REJESTRATY I KORELATY.....	84
9. MOTYWACJA.....	105
10. OBIEGI KORELACYJNE.....	119
III. PRZEBIEGI ENERGETYCZNE.....	130
11. STARZENIE SIĘ I ROZBUDOWA UKŁADÓW SAMODZIELNYCH.....	130
12. MOC JAŁOWA.....	138
13. MOC ROBOCZA	152
IV. CHARAKTER	167
14. DYNAMIZM CHARAKTERU	167
15. SZEROKOŚĆ CHARAKTERU	187
16. POZIOM CHARAKTERU.....	200
17. EWOLUCJA CHARAKTERU	208
ZAKOŃCZENIE	215

MARIAN MAZUR

CYBERNETYCZNA TEORIA
UKŁADÓW SAMODZIELNYCH

WARSZAWA 1966
PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE



Redaktor: Bohdan Walentynowicz

Okładkę i obwolutę projektował

Z. Januszewski

Copyright

by Państwowe Wydawnictwa Naukowe

Warszawa 1966

Hannie

mojej Źonie

PRZEDMOWA

Pracy nad tematyką przedstawioną w tej książce poświęciłem ponad dwadzieścia lat. Jej początki sięgają 1942 roku, kiedy zainteresowało mnie zagadnienie, czy możliwe jest traktowanie procesów psychicznych tak jak się traktuje procesy sterownicze w technice.

W tak postawionym zagadnieniu, przy jego niezwyklej atrakcyjności naukowej, z natury rzeczy musiały od razu wystąpić zasadnicze trudności taktyczne. Była to przecież problematyka interdyscyplinarna, kojarząca dziedziny bardzo od siebie odległe: psychologię od strony zjawisk i technikę od strony metod. Wynikało stąd ryzyko, że spotka się ona zarówno z niechęcią techników, wobec zastosowania technicznych metod do nietechnicznych celów, jak i psychologów, przywykłych do zupełnie odmiennej aparatury pojęciowej.

Interdyscyplinarność problematyki znalazła odbicie w takich roboczych tytułach początkowych wariantów omawianej pracy jak: „techniczna teoria charakteru”, „energetyczna teoria charakteru”, „fizyczna teoria charakteru”. Użycie wyrazu „charakter” we wszystkich tych tytułach wynikało z zamierzenia, żeby za pomocą parametrów fizycznych, a więc dających się ujmować matematycznie, określić właściwości sterownicze organizmu sprawiające, że poszczególni ludzie różnią się postępowaniem.

Nie wiedziałem wówczas, że tymczasem rodziła się nowa dziedzina nauki obejmująca swoim zakresem tego rodzaju zagadnienia. Prace Wienera i jego współpracowników nie były jeszcze powszechnie znane, a interdyscyplinarne tematy i uogólniające syntezy naukowe nie były popularne. Wprawdzie pojawienie się cybernetyki wywołało z czasem ogromne zainteresowanie dla daleko idących uogólnień naukowych, ale ćwierć wieku temu było do tego jeszcze daleko.

Były to okoliczności zniechęcające. Jeśli nie skłoniły mnie one do zarzucenia tej pracy, to jedynie dlatego, że z odwołania się do metod tech-

nicznych wynikała obiecująca koncepcja, której żał mi było zmarnować. Polegała ona na traktowaniu procesów psychicznych jako zjawisk energetycznych, z wszelkimi konsekwencjami co do operowania potencjałami, mocami itd. Pomimo że praca ta przechodziła różne fazy, zanim uznałem ją za nadającą się do opublikowania, wspomniana koncepcja utrzymała się w niej od początku, a nawet została później uogólniona.

Jest raczej zaskakujące, że – jak się okazało – rozwój cybernetyki nie poszedł w tym kierunku, jeśli chodzi o metodę, ani też – co do treści – nie dotknął zagadnień charakteru. Niemniej, stanowił on dla mnie silną podnetę do kontynuowania pracy i wniósł do niej cenne elementy. Cybernetyce zawdzięczam właściwe ustawienie problematyki w systematyce nauk, co ni. in. spowodowało zmianę tytułu na „cybernetyczna teoria charakteru” (tytuł ten figuruje w moich artykułach poprzedzających ukazanie się tej książki), szersze perspektywy metodologiczne w zakresie uogólnień oraz udoskonalenia terminologiczne (jakkolwiek musiałem utrzymać bądź wprowadzić sporo pojęć i terminów nie występujących w literaturze cybernetycznej).

Jest paradoksalne, że chociaż przyjęte przeze mnie początkowo oparcie się na analogii między organizmami a maszynami znalazło potwierdzenie w cybernetyce, zarzuciłem w końcu tę metodę przechodząc na abstrakcyjną koncepcję cybernetycznego układu, którego właściwości dawały się określić w drodze dedukcyjnej, bez odwoływania się do wyników obserwacji tworów rzeczywistych. Takie podejście do tematu pociągnęło jednak za sobą poważne konsekwencje. Traciłem prawo wprowadzania jakichkolwiek założeń opartych na obserwacjach, bez względu na to jak bardzo bezsporne mogłyby się wydawać. Oprócz koncepcji charakteru, która by swoją ogólnością obejmowała również charakter w znaczeniu przyjmowanym w psychologii, ale bez oparcia o argumenty zaczerpnięte z psychologii, trzeba było w podobnym ujęciu stawiać i udowadniać koncepcje uogólnione takich podstawowych zjawisk jak myślenie, skojarzenia, motywacja itp. W miarę rozwijania się pracy te pomocnicze koncepcje stawały się zagadnieniami o własnym ciężarze. W rezultacie zagadnienia charakteru stały się końcową częścią całej teorii. W związku z tym nadałem jej ostatecznie tytuł „cybernetyczna teoria układów samodzielných”.

Chociaż w teorii tej nie mówi się nic o człowieku (mam tu na myśli samą teorię, nie zaś ilustrujące ją fragmenty książki), to jednak – rzecz

jasna – człowiek jest tworem, do którego może ona mieć zastosowanie. W równym jednak stopniu może się ona odnosić do wszelkich innych organizmów oraz do maszyn.

Jakkolwiek zagadnieniami psychiki ludzkiej zajmuje się cała literatura psychologiczna, a konfrontacji psychiki ludzkiej z działaniem maszyn dotyczy przeważająca część literatury cybernetycznej, musiałem się uchylić od przeprowadzania porównań z innymi publikacjami, gdyż wobec zasadniczych różnic metodologicznych i terminologicznych porównania te wymagałyby rozległych komentarzy i przytaczania obszernych fragmentów cudzych prac, co wykraczałoby daleko poza ramy jednej książki. Moim usprawiedliwieniem niech będzie także okoliczność, że książka ta nie jest podręcznikiem ani monografią wymienionych powyżej zagadnień, lecz wykładem określonej teorii. Niemniej, zamieściłem spis publikacji mogący ułatwić czytelnikom przeprowadzenie samodzielnych porównań.

W doprowadzeniu książki do obecnego stanu wiele zawdzięczam doktorowi Bohdanowi Walentynowiczowi, któremu pragnę tu wyrazić podziękowanie za wnikliwe przestudiowanie rękopisu, wysunięcie wielu cennych sugestii merytorycznych i formalnych oraz szczegółowe ich ze mną przedyskutowanie.

Chciałbym również podziękować licznym dyskutantom, którzy zabierali głos po wysłuchaniu referatów wygłaszanych przeze mnie w szeregu instytucji naukowych i stowarzyszeń, jak np. Polska Akademia Nauk, Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Polskie Towarzystwo Cybernetyczne, Polskie Towarzystwo Przyrodników, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Związek Literatów Polskich, Politechnika w Ilmenau (na zjazdach międzynarodowych w 1960, 1962 i 1964 r.), Uniwersytet w Lipsku, Politechnika i Uniwersytet w Mediolanie oraz Stowarzyszenie Elektryków Węgierskich w Budapeszcie.

Osobną pozycję stanowią dyskusje z magistrem Ryszardem Sicińskim, który okazał się niezastąpionym „sparring-partnerem” kwestionując słuszność niemal wszystkiego i zmuszając mnie przez to do rzeczy najtrudniejszej dla naukowca: uwalniania się od przeświadczeń o oczywistości czegokolwiek.

Z sentymentem wspominam też odległe już lata, gdy grono bliskich mi osób – spośród których pragnę wymienić Wandę Skibową, Krystynę Koziółkowską, magistra Jerzego Wiśniewskiego, a przede wszystkim

osobę, której ta książka została zadedykowana – ofiarnie gromadziło dla mnie materiały przykładowe do klasyfikacji ludzkich charakterów i swoim przekonaniem o jej trafności podtrzymywało mnie w licznych chwilach zwątpienia.

AUTOR

I. POJĘCIA PODSTAWOWE

1. Wstęp

Czas, jaki upłynął od ukazania się dzieła Norberta Wienera „Cybernetyka czyli sterowanie i przetwarzanie informacji w zwierzęciu i maszynie” [139], powinien by chyba wystarczyć do okrzepnięcia cybernetyki przynajmniej co do jej zakresu. Tymczasem ciągle jeszcze toczą się tu i ówdzie spory na temat, czym właściwie jest cybernetyka, chociaż na to pytanie odpowiedział sam Wiener w tytule swojej książki.

Jeśli wziąć pod uwagę, że sterowanie oraz przetwarzanie informacji są jednym i tym samym, jako że nie ma sterowania bez przetwarzania informacji, a informacje służą wyłącznie do sterowania, to otrzymamy definicję, według której *cybernetyka* jest to nauka o sterowaniu. Pozostaje z tym w zgodzie pogląd W. R. Ashby'ego, który definiuje cybernetykę jako naukę o sterowaniu w ogólności [7].

Zdawałoby się, że wobec takiego stanu rzeczy nie powinno być żadnych niejasności. Jest przy tym znamienne, że podobnie zdefiniowana inna nauka, a mianowicie metrologia jako nauka o mierzeniu, nie wzbudzała i nie wzbudza żadnych kontrowersji.

Wydaje się, że różnica tkwi w konsekwencjach obu tych nauk. W odróżnieniu od metrologii, nie mającej żadnych powiązań doktrynalnych, cybernetyka narusza utarte poglądy na temat roli człowieka, traktując go na równi z innymi organizmami a nawet maszynami, co wielu ludziom wydaje się nie do przyjęcia. Z podobną reakcją spotkały się w swoim czasie prace Darwina na temat teorii ewolucji.

Szybki swój rozwój cybernetyka zawdzięcza temu, że wiele postępowych umysłów ujrzało w niej syntezę zjawisk traktowanych dotychczas

w rozproszeniu oraz możliwość uzyskania nowych narzędzi do rozwiązywania zagadnień dotyczących procesów sterowania.

Z drugiej strony można zaobserwować dążenia konserwatywnych specjalistów z różnych dziedzin nauki, zmierzające do sprowadzenia cybernetyki do roli nauki pomocniczej, umożliwiającej niektóre zastosowania teorii informacji i budowę elektronicznych modeli niektórych procesów sterowniczych. Tego rodzaju poglądy są źródłem tendencji do rozdrabniania cybernetyki na cybernetykę techniczną, biologiczną, socjologiczną itp., co jest oczywistym nieporozumieniem, ponieważ wartość cybernetyki polega na tym, że w postępującym od dawna procesie atomizacji nauki na coraz drobniejsze specjalności przywraca ona jedność nauki, a nie na tym jakoby powstała jeszcze jedna wąska specjalność.

W związku z tym można spotkać się i u samych cybernetyków z definiowaniem cybernetyki w sposób nieco zwężony, w celu uniknięcia sporów na tle filozoficznym. Reprezentatywny jest tu pogląd L. Couffignala [32], którego zdaniem cybernetyka jest sztuką osiągania skuteczności działania. W każdym działaniu Couffignal rozróżnia cztery stadia cel (motywację), przygotowanie, decyzję i wykonanie, przy czym pierwsze stadium wyłącza z zakresu cybernetyki.

Ze stanowiskiem takim, chociaż praktycznie może ono być dogodne, trudno się jednak zgodzić, ponieważ pozostawia ono poza zasięgiem cybernetyki zagadnienia mechanizmu motywacji zachowania się organizmów oraz takich maszyn, jakie miałyby być wyposażone w źródło własnej motywacji. Są to sprawy, których właśnie dotyczy teoria przedstawiona w niniejszej książce.

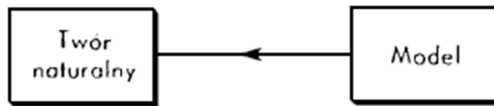
Rzecz jasna, wartość definicji cybernetyki jako nauki o sterowaniu zależy od sposobu traktowania pojęcia „sterowanie”. Będziemy uważać, że *sterowanie* jest to wywieranie pożądanego wpływu na określone zjawiska.

Użycie wyrazu „pożądany” w powyższej definicji sterowania zdaje się potwierdzać słuszność stanowiska Couffignala, zachodzi bowiem konieczność podania w odniesieniu do każdego procesu sterowania, dla kogo wywieranie wpływu na zjawiska jest pożądane, a to jest równoznaczne z przyznaniem, że zanim dojdzie do procesu sterowania, musi być podany jego cel i motywacja. Jednakże, wbrew pozorom, podana definicja sterowania nie jest w sprzeczności z przyjętym przez nas zakresem cybernetyki – określenie „pożądany”, oznaczające że chodzi o działanie

wywoływane przez źródło motywacji, bynajmniej nie traci tego znaczenia przez ujawnienie mechanizmu powstawania motywacji (rozdz. 9).

Mówiąc pogładowo, sprawa zakresu cybernetyki jest czymś w rodzaju problemu, czy za część łańcucha należy uważać również hak, u którego łańcuch wisi. Wydaje się, że można by już zaniechać sporów na temat istoty cybernetyki i uważać po prostu, że wszystko co dotyczy sterowania, wchodzi w zakres cybernetyki. Zgodnie z tym przedstawioną tu teorię nazwano „cybernetyczną”, ponieważ chodzi w niej wyłącznie o procesy sterowania.

W wielu publikacjach cybernetycznych podkreśla się, jako znamienne dla cybernetyki, stosowanie metody analogii, polegającej na dopatrywaniu się wspólnych cech w różnych tworach, a w szczególności metody modelowania, w której chodzi o wspólne cechy tworu naturalnego i jego modelu. Na tej podstawie z cech modelu wnosi się o cechach tworu naturalnego (rys. 1–1). Metody te mają taki mankament, że aby wnosić



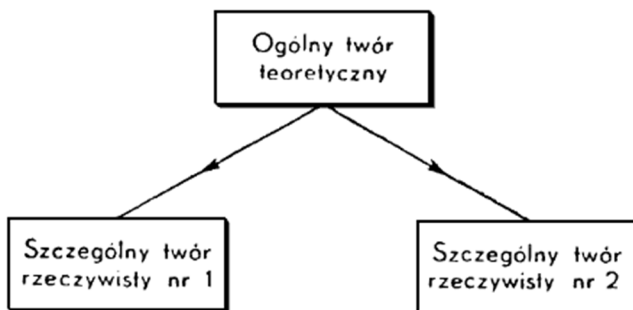
Rys. 1–1. Zasada metody modelowania

o jakichś okolicznościach z podobieństwa między dwoma tworami bądź między jakimś tworem i jego modelem trzeba uprzednio to podobieństwo udowodnić na podstawie tych okoliczności, a to prowadzi do błędnego koła. Zazwyczaj stosowanie tych metod sprowadza się do wskazania podobieństwa pewnych cech, ażeby na tej podstawie wysuwać przypuszczenia o podobieństwie również innych cech. Tego rodzaju ekstrapolacja nie ma wartości dowodowej, gdyż z podobieństwa pewnych cech nie wynika podobieństwo innych cech, co też jest głównym zarzutem stawianym wspomnianym metodom. Poza tym nie dałyby się one zastosować w omawianej tu tematyce, gdyż maszyny samodzielne nie są jeszcze budowane, nie można więc przeprowadzać analogii między organizmami a tworami nie istniejącymi.

W niniejszej książce została zastosowana metoda, którą można by chyba nazwać „metodą generalizacji”, a która polega na wprowadzeniu koncepcji tworu ogólniejszego, w stosunku do którego rozmaite twory mogłyby być traktowane jako przypadki szczególne, dzięki czemu o ich cechach można wnosić z cech tworu ogólniejszego (rys. 1–2.) Wadą tej

metody jest to, że prowadzi ona do słusznych wniosków tylko o tyle, o ile została oparta na trafnych założeniach. Ma ona jednak tę zaletę, że po ustaleniu założeń oparta na niej teoria może (a nawet powinna) być opracowana bez wprowadzania ogniów dowodowych z obserwacji rzeczywistości.

Niegdys, w zastosowaniu tej metody, fakt, że jeden kamień i jeden kamień to dwa kamienie, jeden wielbłąd i jeden wielbłąd to dwa wielbłądy,



Rys. 1–2. Zasada metody generalizacji

itp., doprowadził do uogólnienia, że $1 + 1 = 2$, a w konsekwencji do stworzenia arytmetyki. Słuszność twierdzeń arytmetyki nie opiera się jednak na dowodach z obserwacji rzeczywistości, ani też nie mogłaby być na ich podstawie podważana, chociaż łatwo byłoby okazać, że np. jeden kilogram wody i jeden kilogram alkoholu to niekoniecznie dwa kilogramy wódki (różnica wyniknęłaby z niedokładności ważenia), a już na pewno jeden litr wody i jeden litr alkoholu dałyby mniej niż dwa litry wódki (z powodu kontrakcji występującej przy powstawaniu roztworu alkoholu w wodzie).

Zamiast o ludziach, zwierzętach i roślinach można mówić ogólnie o organizmach, a jeżeli abstrahować od tworzywa, z którego organizmy są utworzone, to dochodzi się do koncepcji jeszcze ogólniejszego tworu (mogącego obejmować również maszyny), który nazwaliśmy „układem samodzielnym” (pojęcie to jest objaśnione szczegółowo w rozdz. 4). Właśnie tego rodzaju układy są przedmiotem teorii przedstawionej w tej książce. W szczególności są one tu traktowane z punktu widzenia ich *charakteru*, tj. zespołu ich właściwości sterowniczych. Zgodnie z przyjętą przez nas metodą generalizacji podstawą opracowanej teorii są wyłącznie założenia ogólne (jak np. prawo zachowania energii). Nie będziemy się powoływać na żadne dowody, jakich mogłaby dostarczyć psychologia, fizjologia, technika lub jakakolwiek inna dziedzina nauki w odniesieniu do

tworów rzeczywistych, mogących uchodzić za szczególne przypadki układów samodzielnych. Wprawdzie w wielu miejscach wskazujemy na rozmaite procesy zachodzące w organizmach (głównie dotyczące człowieka jako układu samodzielnego najbardziej interesującego i o którym najwięcej wiadomo) i w maszynach, ale traktujemy je wyłącznie jako przykłady mogące ilustrować rozważania teoretyczne, nie biorąc zresztą odpowiedzialności za trafność tych przykładów, w tym względzie bowiem ostatnie słowo należy do specjalistów z tych dziedzin, których wspomniane przykłady dotyczą. Dla odróżnienia od rozważań teoretycznych ilustrujące je przykłady zostały podane drukiem zmniejszonym (nie odnosi się to jednak do przykładów obliczeniowych podanych dla interpretacji wzorów matematycznych, mających więc znaczenie teoretyczne).

Na wzmiankę zasługują również sprawy terminologiczne. Ze względu na odrębność pojęć, jakimi operuje się w cybernetyce, zachodzi konieczność nadawania im odrębnych nazw. Odrębność pojęć cybernetycznych polega przede wszystkim na tym, że są one ogólniejsze od pojęć stosowanych w poszczególnych dziedzinach specjalnych, w pewnych przypadkach wchodzą też w grę pojęcia nowe, nie stosowane dotychczas w żadnej dziedzinie nauki. Przy ustalaniu nazw dla odrębnych pojęć są do dyspozycji tylko dwie drogi postępowania: albo tworzyć nowe wyrazy (neologizmy) albo też wykorzystywać istniejące wyrazy rozszerzając ich znaczenie. Żadna z tych dróg nie jest wolna od wad.

Posługiwanie się neologizmami czyni tekst niezrozumiałym, dopóki czytelnik sobie ich nie przyswoi. Proces przyswajania jest tym dłuższy, im więcej tych neologizmów wprowadzono na raz, dlatego też z tej drogi postępowania korzysta się dość rzadko i prawie wyłącznie w odniesieniu do pojęć nowych. Przykładem neologizmu w cybernetyce jest nazwa jednostki ilości informacji „bit”, utworzona jako skrót angielskiego wyrażenia „binary digit” (cyfra dwójkowa).

Uogólnianie istniejących wyrazów prowadzi początkowo do nieporozumień u czytelników przywykłych do używania tych wyrazów w ich dotychczasowym węższym znaczeniu, Proces przyzwyczajania się do znaczenia ogólniejszego jest tym dłuższy, im bardziej rozpowszechnione są wyrazy, które uogólniono.

W przypadkach gdy zachodzi potrzeba uogólnienia pojęć mających w różnych dziedzinach różne nazwy, wybiera się zazwyczaj jedną z nich jako nazwę pojęcia ogólniejszego. Tak np. z odpowiadających sobie nazw

„receptor” w fizjologii i „czujnik” w technice wybrano w cybernetyce wyraz „receptor” jako nazwę ogólną. Natomiast z nazw „reaferencja” w fizjologii i „sprzężenie zwrotne” w technice wybrano „sprzężenie zwrotne” jako nazwę ogólną.

W opracowaniu niniejszej książki sprawy terminologiczne nastroczały szczególne trudności. Najbardziej złożonym a zarazem najbardziej interesującym spośród układów samodzielnych jest organizm ludzki, nic więc dziwnego, że terminologia dotycząca właściwości człowieka jest szczególnie obfita, zwłaszcza w psychologii. Można by sądzić, że najprościej byłoby wykorzystać terminy psychologiczne uogólniając je na wszelkie układy samodzielne. Przeciwno temu przemawiały dość istotne względy.

Po pierwsze, terminologia psychologiczna dotyczy przeważnie objawów, a nie wywołujących je przyczyn, jest więc nieprzydatna w rozważaniach nad samym mechanizmem zjawisk sterowniczych, zwanych psychicznymi w odniesieniu do człowieka. W rozważaniach tych istotną rolę odgrywają terminy fizyczne, jak energia, moc, potencjał, przewodność itp.

Po drugie, psychologia operuje w wielu przypadkach wyrazami wziętymi wprost z języka potocznego, nie będącymi terminami naukowymi. Jest to sprawa nader istotna, toteż warto jej poświęcić nieco więcej uwagi. W publikacjach psychologicznych można się często spotkać z rozważaniami na temat, co to jest myślenie, co to jest świadomość, co to jest emocja, itp. Można by wyrazić zdziwienie, skąd tego rodzaju wyrazy wzięły się w psychologii, skoro psychologowie dopiero doszukują się ich znaczenia. Jeżeli wprowadzili je jacyś wcześniejsi psychologowie, to powinni byli je przedtem zdefiniować, aby było wiadomo, o czym jest mowa. Jeżeli zaś psychologia zajmuje się nimi, ponieważ w języku potocznym są one używane dla wyrażania takich czy innych stanów psychicznych, to stawianie pytań, co takie wyrazy znaczą, staje się zajęciem z historii języka. Trudno sobie wyobrazić, żeby np. fizycy lub technicy zastanawiali się, co to takiego może być „moc”; każdy z nich wie, że moc jest to stosunek energii do czasu, a wie o tym stąd, że ten stosunek po prostu nazwano „mocą”. Na usprawiedliwienie psychologów można wskazać, że tworząc swoją dziedzinę nauki zastali oni liczącą wiele stuleci tradycję nazw określających rozmaite przeżycia psychiczne. Nie mogli się oni obchodzić z tymi nazwami zbyt bezceremonialnie, bo jednak coś one przecież znaczą, z tym że znaczenia ich nie są definicyjne, lecz statystyczne. Chodzi o to, że

gdy ktoś mówi „ja myślę” lub „zrobiłem to świadomie”, to inni rozumieją te zdania, chociaż nie umieliby zdefiniować myślenia ani świadomości, a rozumieją je dzięki temu, że wskutek wielokrotnego używania tego rodzaju zdań przez wielu ludzi w takich samych a przynajmniej podobnych sytuacjach wszyscy na ogół orientują się, kiedy ich można używać. Dopiero gdy się chce wyjść poza strefę ich powszechnego używania, ujawniają się trudności wynikające z braku definicji. Dlatego też słysząc np. o myśleniu zwierząt, emocjach roślin czy świadomości maszyn jest się skłonny do uznania takich wyrażań za absurdalne, ale na pytanie: dlaczego, nie znajduje się innej odpowiedzi niż ta, że myślenie, emocje i świadomość zwykliśmy przypisywać tylko ludziom. Jest to jednak argument czysto statystyczny, bo przecież mogły się wytworzyć inne zwyczaje językowe; np. nie rażą nas zdania, że pies chce jeść, boi się kija lub cieszy się na widok swego pana, chociaż chcieć, bać się, cieszyć się są nazwami przeżyć psychicznych. Nie są to wcale rozważania jałowe, jeśli bowiem jakieś urządzenie zostanie przedstawione przez cybernetyków jako maszyna myśląca, a psychologowie zechcą temu zaprzeczyć, to nasuwa się wątpliwość, po czym poznają, że to nieprawda, jeżeli sami nie mają definicji myślenia.

Wszystkie te względy sprawiły, że w zasadzie zrezygnowaliśmy tu z wykorzystywania terminów psychologicznych. Wprowadziliśmy wprawdzie kilka takich terminów jak emocja, refleksja, tolerancja, podatność, co zdaje się być uczynieniem wyjątku w tej zasadzie, ale jest to wyjątek tylko pozorny, gdyż wykorzystaliśmy jedynie same wyrazy, nadając im definicje odpowiadające potrzebom opracowanej przez nas teorii, abstrahując od znaczenia tych wyrazów w psychologii. Oczywiście, wybraliśmy te a nie inne wyrazy w przeświadczeniu, że ich znaczenie psychologiczne odpowiada w dużym stopniu przyjętym przez nas definicjom, ale jest to jedynie взгляд praktyczny, a informacja o tym nie może być podstawą do atakowania użycia przez nas tych wyrazów z punktu widzenia psychologii. W niniejszej książce należy tym wyrazom przypisywać tylko takie znaczenie, jakie zostało podane w ich definicjach. Na przykład, nie należy uważać, że skoro w psychologii istnieje co najmniej kilkanaście prób wyjaśnienia, co to jest emocja, to wprowadzona przez nas w rozdz. 9 definicja, według której „emocja jest to oddziaływanie korelatora na homeostat”, jest jeszcze jedną próbą wyjaśnienia, co to jest emocja. Byłoby to nieporozumieniem – w tej książce nie chodzi

o snucie domniemań na temat emocji (ani innych tego rodzaju terminów), lecz o dobranie nazwy np. dla „oddziaływania korelatora na homeostat”; jako taką nazwę wybraliśmy właśnie wyraz „emocja” (choć równie dobrze moglibyśmy wybrać inny wyraz, gdybyśmy się nie kierowali wspomnianym powyżej względem na ułatwienie dla czytelników).

Łącznie przedstawiona tu teoria zawiera kilkadziesiąt terminów specjalnych, które czytelnik powinien sobie przyswoić. Terminy te, w miejscach tekstu zawierających ich definicje, są wydrukowane drukiem wyróżnionym. Miejsca te są zaznaczone w Skorowidzu.

Wszystkie wielkości używane w niniejszej książce są wielkościami fizycznymi i mają oznaczenia matematyczne. Dla ułatwienia czytelnikom orientacji są one zestawione w Spisie oznaczeń.

Jako wielkości fizyczne dają się one wyrazić w jednostkach fizycznych, np. moc w watach, czas w godzinach lub latach, itp. (występujące poza tym współczynniki, będące stosunkami wielkości tego samego rodzaju, są oczywiście wielkościami bezwymiarowymi).

Ponieważ jednostki nie odgrywają istotnej roli w przeprowadzanych tu rozważaniach, zostały one wszędzie pominięte, nawet w przykładach liczbowych.

2. Sprzężenia

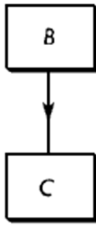
Teoretycznie każda zmiana zachodząca w jakimkolwiek punkcie przestrzeni wywołuje zmiany we wszystkich innych punktach. W praktyce wpływ ten jest w wielu punktach znikomo mały i może być pominięty. Dzięki temu, bez szkody dla ścisłości rozważań, można wyodrębnić pewne obiekty i zajmować się ich oddziaływaniami tylko na określone obiekty, z pominięciem pozostałych. W najprostszych przypadkach będą wchodzić w grę tylko oddziaływania między dwoma określonymi obiektami.

Związek między obiektami polegający na oddziaływaniach będziemy nazywać *sprzężeniem*.

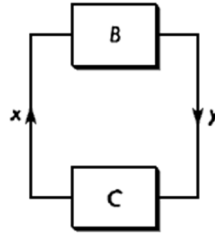
Sprzężenie, w którym jeden z obiektów oddziałuje na drugi, jak np. na rys. 2–1, będziemy nazywać *sprzężeniem prostym*.

Sprzężenie, w którym jeden z obiektów oddziałuje na drugi, a drugi obiekt oddziałuje na pierwszy (rys. 2–2), będziemy nazywać *sprzężeniem*

zwrotnym. Na sprzężenie zwrotne składają się więc dwa sprzężenia proste przeciwnie skierowane.



Rys. 2-1. Sprzężenie proste



Rys. 2-2. Sprzężenie zwrotne

Jak widać na rys. 2-2, sprzężenie zwrotne tworzy zamknięty obieg oddziaływań.

Każde oddziaływanie można określić za pomocą charakteryzujących je wielkości fizycznych. Posługując się oznaczeniami z rys. 2-2 można powiedzieć, że oddziaływanie obiektu *B* na obiekt *C* polega na tym, że pewna wielkość *y* jest wielkością wyjściową obiektu *B* a zarazem wielkością wejściową obiektu *C*. Podobnie można powiedzieć, że oddziaływanie obiektu *C* na obiekt *B* polega na tym, że pewna wielkość *x* jest wielkością wyjściową obiektu *C* a zarazem wielkością wejściową obiektu *B*.

Wynika stąd, że obiekt *B* jest przetwornikiem przetwarzającym wielkość *x* w wielkość *y*, a obiekt *C* jest przetwornikiem przetwarzającym wielkość *y* w wielkość *x*.

Przypuśćmy, że przetwarzanie w obiekcie *B* odbywa się według pewnej zależności

$$y = f_{xy}(x) \quad (2.1)$$

a przetwarzanie w obiekcie *C* według pewnej zależności

$$x = f_{yx}(y) \quad (2.2)$$

Eliminując *x* z równań (2.1) i (2.2) otrzymuje się zależność

$$y = f_y(y) \quad (2.3)$$

z której wynika, że wielkość *y* jest zależna od siebie samej.

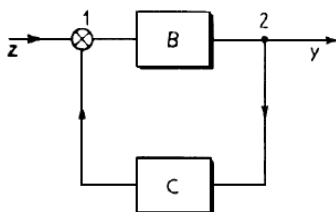
Podobnie, eliminując *y* z równań (2.1) i (2.2) otrzymuje się zależność

$$x = f_x(x) \quad (2.4)$$

Ogólnie więc można powiedzieć, że wskutek sprzężenia zwrotnego każda wielkość występująca w oddziaływaniach wywiera wpływ na siebie samą.

W równaniach (2.1) i (2.2) zmiana jednej wielkości może spowodować zwiększenie lub zmniejszenie drugiej wielkości, zależnie od właściwości obiektu przetwarzającego. Działanie obiektu, w którym wzrost wielkości wejściowej powoduje wzrost wielkości wyjściowej, będziemy nazywać *afirmacją*. Działanie obiektu, w którym wzrost wielkości wejściowej powoduje zmniejszenie wielkości wyjściowej, będziemy nazywać *negacją*.

W automatyce przedstawia się zwykle sprzężenie zwrotne w sposób podany na rys. 2–3.



Rys. 2–3. Sposób przedstawienia sprzężenia zwrotnego stosowany w automatyce

Obiekt B ma tę właściwość, że jego wielkość wyjściowa jest iloczynem wielkości wejściowej i pewnego współczynnika B .

Obiekt C ma tę właściwość, że jego wielkość wyjściowa jest iloczynem wielkości wejściowej i pewnego współczynnika $\pm C$.

Współczynniki B i C są liczbami dodatnimi.

Do punktu 1 jest doprowadzana wielkość z , a z punktu 2 jest odprowadzana wielkość y . Gdyby nie było obiektu C (tj. gdyby tor oddziaływań od punktu 2 poprzez obiekt C do punktu 1 był przerwany), to wielkość z byłaby wielkością wejściową obiektu B , a wielkość y byłaby wielkością wyjściową tego obiektu, przy czym zgodnie ze wspomnianą powyżej właściwością obiektu B otrzymalibyśmy zależność $y = Bz$.

W punkcie 2 odbywa się pomiar wielkości y , a wynik tego pomiaru jest przekazywany do obiektu C . A zatem wielkość y jest wielkością wejściową obiektu C . Zgodnie z właściwością tego obiektu jego wielkość wyjściowa będzie wynosić

$$\pm Cy$$

W punkcie 1 wielkość ta sumuje się z wielkością z , wobec czego suma

$$z \pm Cy$$

staje się wielkością wejściową obiektu B . Zgodnie z właściwością obiektu B jego wielkość wyjściowa będzie iloczynem wielkości wejściowej przez współczynnik B

$$B(z \pm Cy)$$

wobec czego można napisać

$$y = B(z \pm Cy) \quad (2.5)$$

Przypadek, gdy w grę wchodzi znak plus, określa się jako *sprężenie dodatnie*, a gdy znak minus – jako *sprężenie ujemne*.

Ze wzoru (2.5) otrzymuje się dla sprężenia dodatniego

$$y = \frac{Bz}{1 - BC} \quad (2.6)$$

a dla sprężenia ujemnego

$$y = \frac{Bz}{1 + BC} \quad (2.7)$$

Znając wielkość wejściową z oraz współczynniki B i C można ze wzoru (2.6) bądź ze wzoru (2.7) wyznaczyć wielkość wyjściową y .

Przy porównywaniu tego ujęcia z objaśnieniami do rys. 2–2 nasuwa się pytanie, między czym a czym na rys. 2–3 występuje sprężenie zwrotne. Przecież nie między wielkościami z i y , wprawdzie bowiem wielkość y zależy od wielkości z , ale wielkość z nie zależy od wielkości y , jako że wielkość z jest wprowadzona z zewnątrz i nie ulegnie zmianie pod wpływem zmian wielkości y . Aby to wyjaśnić, powrócimy do ogólnych rozważań nad sprężeniem zwrotnym.

Biorąc pod uwagę rozróżnienie między afirmacją i negacją można wyodrębnić następujące trzy rodzaje sprężeń zwrotnych: 1) afirmacja – afirmacja, 2) negacja – afirmacja, 3) negacja – negacja.

Funkcje (2.1) i (2.2) mogą mieć dowolną postać. Dla uproszczenia przyjmiemy, że są to funkcje pierwszego stopnia, wobec czego równanie (2.1) można przedstawić w postaci

$$y = A \pm Bx \quad (2.8)$$

a równanie (2.2) w postaci

$$x = D \pm Cy \quad (2.9)$$

przy czym współczynniki A , B , C , D są liczbami dodatnimi.

Znak plus oznacza, że przetwarzanie jest afirmacją (ze wzrostem zmiennej niezależnej zmienna zależna wzrasta). Znak minus oznacza, że prze-

tworzenie jest negacją (ze wzrostem zmiennej zależnej zmienna niezależna maleje).

Dla sprzężenia afirmacja – afirmacja otrzymamy układ równań

$$y = A + Bx \quad (2.10)$$

$$x = D + Cy \quad (2.11)$$

Podstawiając x z równania (2.11) do równania (2.10) otrzymuje się

$$y = A + BD + BCy \quad (2.12)$$

Dla sprzężenia negacja – afirmacja otrzymamy układ równań

$$y = A - Bx \quad (2.13)$$

$$x = D + Cy \quad (2.14)$$

Podstawiając x z równania (2.14) do równania (2.13) otrzymuje się

$$y = A - BD - BCy \quad (2.15)$$

I wreszcie dla sprzężenia negacja – negacja otrzymamy układ równań

$$y = A - Bx \quad (2.16)$$

$$x = D - Cy \quad (2.17)$$

Podstawiając x z równania (2.17) do równania (2.16) otrzymuje się

$$y = A - BD + BCy \quad (2.18)$$

Z porównania równań (2.12) i (2.18) wynika, że różnią się one tylko wartościami członów stałych $A + BD$ i $A - BD$. A zatem sprzężenie negacja – negacja nie różni się w sposób istotny od sprzężenia afirmacja – afirmacja, może więc być pominięte w rozważaniach nad rodzajami sprzężeń.

W rezultacie więc mamy tylko dwa rodzaje sprzężeń: afirmacja – afirmacja oraz negacja – afirmacja. Jak to łatwo zauważyć, różnią się one tym, że działanie wymienione na pierwszym miejscu może być afirmacją lub negacją, natomiast działanie wymienione na drugim miejscu jest w obu przypadkach afirmacją. W określającym ją równaniu (2.11) i (2.14) stały wyraz D nie wpływa na charakter" zależności między x i y , może więc być pominięty.

Po tym uproszczeniu sprzężenie afirmacja – afirmacja wyrazi się układem równań:

$$y = A + Bx \quad (2.19)$$

$$x = Cy \quad (2.20)$$

a sprzężenie negacja – afirmacja

$$y = A - Bx \quad (2.21)$$

$$x = Cy \quad (2.22)$$

Obydwa te rodzaje sprzężeń można zapisać w postaci układu równań

$$y = A \pm Bx \quad (2.23)$$

$$x = Cy \quad (2.24)$$

Równanie (2.23) można przedstawić w postaci

$$y = B \left(\frac{A}{B} \pm x \right) \quad (2.25)$$

Wprowadzając oznaczenie

$$z = \frac{A}{B} \quad (2.26)$$

możemy więc przedstawić układ równań (2.23) i (2.24) w postaci

$$y = B(z \pm x) \quad (2.27)$$

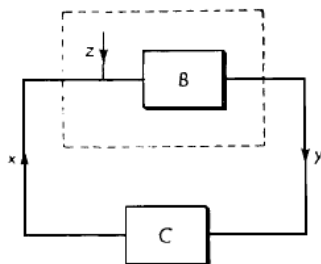
$$x = Cy \quad (2.28)$$

Po podstawieniu wyrażenia na x z równania (2.28) do równania (2.27) otrzymuje się

$$y = B(z \pm Cy) \quad (2.29)$$

Równanie (2.29) ma taką samą postać jak równanie (2.5), a więc schematy przedstawione na rys. 2-2 i 2-3 są równoważne. Można się o tym upewnić porównując je ze schematem na rys. 2-4. Rys. 2-4 różni się od rys. 2-3 tylko tym, że opuszczono odgałęzienie poziome od punktu 2 (ponieważ dla rozpatrywania omawianych sprzężeń jest nieistotne, czy wielkość y , oprócz jej oddziaływania na obiekt C , jest wykorzystywana jeszcze do jakichś innych celów), a sumowanie się wielkości z z wielkością x potraktowano jako właściwość obiektu B (który, oczywiście, zachowuje poza tym swoją właściwość mnożenia wielkości wejściowej, tj. sumy $x + z$, przez współczynnik B), dzięki czemu widoczne jest również podobieństwo rys. 2-4 do rys. 2-2.

Na postawione poprzednio pytanie otrzymuje się z rys. 2-4 odpowiedź, że sprzężenie zwrotne występuje między wielkościami x i y . Wielkość z odgrywa w tym sprzężeniu tylko rolę parametru, podobnie jak współczynniki B i C . Traktowanie wielkości z jako wielkości wejściowej wynika



Rys. 2-4. Schemat uwytłaczający identyczność schematów z rys. 2-2 i 2-3

z potrzeb automatyki (w zagadnieniach regulacji z jest wartością, na jaką regulator został nastawiony, y zaś jest wartością, jaką regulator rzeczywiście utrzymuje); w ogólnym przypadku za wielkość wejściową można równie dobrze uważać współczynnik B lub współczynnik C .

Z identyczności równań (2.29) i (2.5), otrzymanych na dwóch różnych drogach rozumowania, wynika, że sprzężenie afirmacja – afirmacja jest tym samym co sprzężenie dodatnie, a sprzężenie negacja – afirmacja tym samym co sprzężenie ujemne.

Znak plus w równaniu (2.29) odnosi się do sprzężenia dodatniego, a znak minus do sprzężenia ujemnego.

Powróćmy do równań sprzężenia zwrotnego dodatniego (2.19) i (2.20) oraz sprzężenia zwrotnego ujemnego (2.21) i (2.22).

W celu wyznaczenia przebiegów w funkcji czasu będziemy je traktować cyklicznie, zakładając, że najpierw występuje Przetwarzanie oddziaływań w jednym ze sprzężonych obiektów, potem w drugim, potem znów w pierwszym itd. Przy takim sposobie postępowania czas będzie wyrażony liczbą cykli.

Ponieważ wielkości x i y różnią się między sobą tylko współczynnikiem C , więc ich przebiegi będą do siebie podobne, wobec czego wystarczy ograniczyć się tylko do jednej z nich, np. do wielkości y .

Dla sprzężenia dodatniego, wychodząc ze stanu początkowego $y_0 = 0$ i $x_0 = 0$, otrzymuje się ze wzoru (2.19) $y_1 = A$, a ze wzoru (2.20) $x_1 = CA$, potem ze wzoru (2.19) $y_2 = A(1 + BC)$, a ze wzoru (2.20) $x_2 = CA(1 + BC)$ itd. W wyniku otrzymuje się następujące wartości:

$$\begin{aligned} y_0 &= 0 \\ y_1 &= A \\ y_2 &= A(1 + BC) \\ y_3 &= A(1 + BC + B^2C^2) \\ y_4 &= A(1 + BC + B^2C^2 + B^3C^3) \text{ itd.} \end{aligned} \tag{2.30}$$

Obliczając sumę wyrazów w nawiasie jako sumę postępu geometrycznego otrzymamy dla dowolnego cyklu n

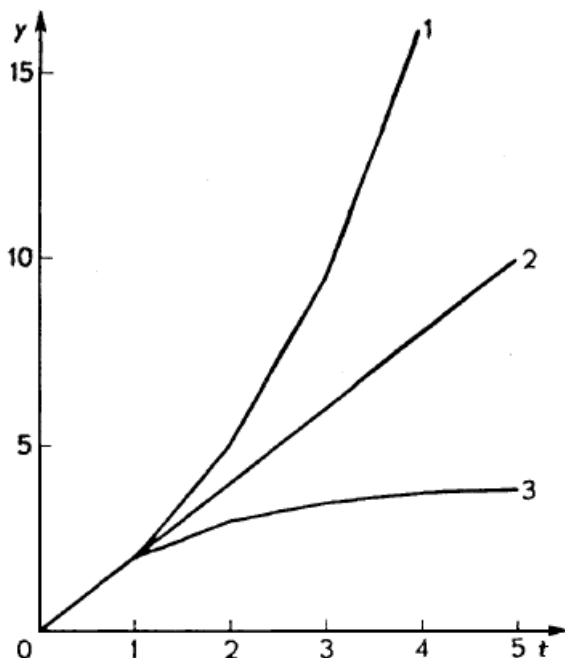
$$y_n = A \cdot \frac{1 - B^n C^n}{1 - BC} \tag{2.31}$$

Jeżeli $BC < 1$, to w kolejnych cyklach wielkość y ma coraz mniejsze przyrosty i dąży do granicy, określonej wzorem (2.31) dla n dążącego do nieskończoności,

$$y_g = \frac{A}{1 - BC} \quad (2.32)$$

Wzór ten pokrywa się ze wzorem (2.6) przy uwzględnieniu wzoru (2.26). Sprzężenie tego rodzaju będziemy nazywać *sprzężeniem dodatnim zbieżnym*.

Na przykład, dla $A = 2$, $B = 0,5$, $C = 1$ otrzymuje się ze wzorów (2.30): $y_0 = 0$, $y_1 = 2$, $y_2 = 3$, $y_3 = 3,5$, ..., $y_g = 4$ (krzywa 3 na rys.2-5).



Rys. 2-5. Przebiegi przy sprzężeniu zwrotnym dodatnim

W szczególnym przypadku, gdy $BC = 1$, otrzymuje się ze wzorów (2.30): $y_0 = 0$, $y_1 = A$, $y_2 = 2A$, $y_3 = 3A$ itd. Wielkość y dąży prostopadlinowo do nieskończoności.

Na przykład, dla $A = 2$, $B = 1$, $C = 1$ otrzymuje się ze wzorów (2.30): $y_0 = 0$, $y_1 = 2$, $y_2 = 4$, $y_3 = 6$ itd. (prosta 2 na rys. 2-5).

Jeżeli $BC > 1$, to w kolejnych cyklach wielkość y ma coraz większe przyrosty i dąży do nieskończoności. Sprzężenie tego rodzaju będziemy nazywać *sprzężeniem dodatnim rozbieżnym*.

Wzór (2.6), po uwzględnieniu wzoru (2.26), przekształciłby się we wzór (2.32), którego otrzymanie ze wzoru (2.31) przy $BC > 1$ jest możliwe tylko przy ujemnej liczbie cykli n dążącej do nieskończoności. Oznacza to, że przy sprzężeniu dodatnim rozbieżnym y oddala się od wartości granicznej y_g (y dążyłoby do tej granicy, gdyby czas cofał się do minus nieskończoności), określonej wzorem (2.32).

Na przykład, dla $A = 2$, $B = 1,5$, $C = 1$ otrzymuje się ze wzorów (2.30): $y_0 = 0$, $y_1 = 2$, $y_2 = 5$, $y_3 = 9,5$ itd. (krzywa 1 na rys. 2–5). Wielkość y oddala się od wartości granicznej $y_g = -4$.

Podobnie dla sprzężenia ujemnego, wychodząc ze stanu początkowego $y_0 = 0$ i $x_0 = 0$ otrzymuje się ze wzoru (2.21) $y_1 = A$, a ze wzoru (2.22) $x_1 = CA$, potem ze wzoru (2.21) $y_2 = A(1 - BC)$, a ze wzoru (2.22) $x_2 = CA(1 - BC)$ itd. W wyniku otrzymuje się następujące wartości:

$$\begin{aligned} y_0 &= 0 \\ y_1 &= A \\ y_2 &= A(1 - BC) \\ y_3 &= A(1 - BC + B^2C^2) \\ y_4 &= A(1 - BC + B^2C^2 - B^3C^3) \text{ itd.} \end{aligned} \quad (2.33)$$

Obliczając sumę wyrazów w nawiasie jako sumę postępu geometrycznego otrzymamy dla dowolnego cyklu n

$$y_n = A \cdot \frac{1 - (-BC)^n}{1 + BC} \quad (2.34)$$

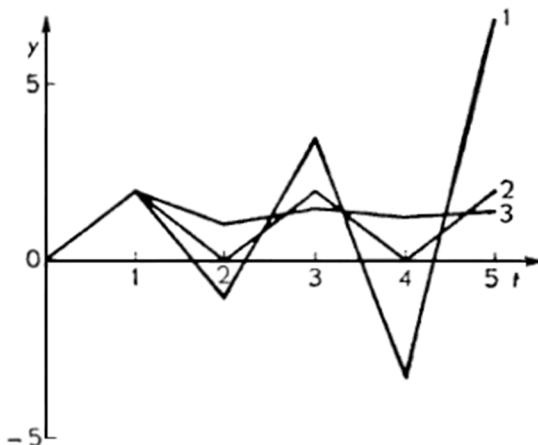
Jeżeli $BC < 1$, to wielkość y , wzrastając i malejąc na przemian, ulega coraz mniejszym zmianom i dąży do granicy, określonej wzorem (2.34) dla n dążącym do nieskończoności:

$$y_g = \frac{A}{1 + BC} \quad (2.35)$$

Wzór ten pokrywa się ze wzorem (2.7) przy uwzględnieniu wzoru (2.26). Sprzężenie tego rodzaju będziemy nazywać *sprzężeniem ujemnym zbieżnym*.

Na przykład, dla $A = 2$, $B = 0,5$, $C = 1$ otrzymuje się ze wzorów (2.33): $y_0 = 0$, $y_1 = 2$, $y_2 = 1$, $y_3 = 1,5$ itd. (krzywa 3 na rys. 2–6). Wielkość y dąży do wartości granicznej $y_g = \frac{4}{3}$.

W szczególnym przypadku, gdy $BC = 1$, otrzymuje się ze wzorów (2.33): $y_0 = 0$, $y_1 = A$, $y_2 = 0$, $y_3 = A$ itd. Wielkość y oscyluje więc między wartościami 0 i A dokoła pewnej wartości średniej. Wzór na



Rys. 2–6. Przebiegi przy sprzężeniu zwrotnym ujemnym

wartość średnią y_{sr} można wyprowadzić na podstawie wzoru (2.34) dla dowolnej pary cykli n oraz $n + 1$, przy czym łatwo stwierdzić, że jest on identyczny ze wzorem (2.35), skąd po podstawieniu $BC = 1$ otrzymuje się $y_{\text{sr}} = \frac{A}{2}$.

Na przykład, dla $A = 2$, $B = 1$, $C = 1$ otrzymuje się ze wzorów (2.33): $y_0 = 0$, $y_1 = 2$, $y_2 = 0$, $y_3 = 2$ itd. przy czym $y_{\text{sr}} = 1$ (krzywa 2 na rys. 2–6).

Jeżeli $BC > 1$, to wielkość y dąży coraz szybciej na przemian do plus nieskończoności i do minus nieskończoności. Sprzężenie tego rodzaju będziemy nazywać *sprzężeniem ujemnym rozbieżnym*.

Z analogicznych przyczyn jak przy sprzężeniu dodatnim rozbieżnym wzór (2.35) określa wartość graniczną, od której wielkość y oddala się.

Na przykład, dla $A = 2$, $B = 1,5$, $C = 1$ otrzymuje się ze wzorów (2.33): $y_0 = 0$, $y_1 = 2$, $y_2 = -1$, $y_3 = 3,5$ itd. (krzywa 1 na rys. 2–6). Wielkość y oddala się od wartości granicznej $y_g = 0,8$.

Przebiegi przedstawione na rys. 2–5 i 2–6 otrzymaliśmy przy założeniu, że każde następne oddziaływanie wystąpi dopiero po ustaniu poprzedniego. Dlatego też odnoszą się one do procesów skokowych (bądź do pro-

cesów ciągłych dających się rozpatrywać odcinkami tak, jak gdyby to były procesy skokowe) i przedstawiają się na wykresach w postaci linii łamanych. Dla procesów ciągłych o oddziaływaniach jednoczesnych otrzymalibyśmy przebiegi uśrednione. W odniesieniu do sprzężeń dodatnich zbieżnych i rozbieżnych byłyby to krzywe, których przebieg łatwo sobie wyobrazić na podstawie rys. 2–5. W odniesieniu do sprzężeń ujemnych byłyby to proste poziome, co oznacza idealną stabilizację oddziałujących wielkości; w tym przypadku rozróżnienie sprzężeń ujemnych zbieżnych i rozbieżnych zanika.

Z powyższych rozważań wynika, że sprzężenie afirmacja – afirmacja może prowadzić do pewnego stanu nasycenia (sprzężenie dodatnie zbieżne) bądź spowodować zjawiska lawinowe prowadzące praktycznie do zniszczenia sprzężonych obiektów (sprzężenie dodatnie rozbieżne), natomiast sprzężenie afirmacja – negacja prowadzi do stanu ustabilizowanego, a przynajmniej do oscylacji dokoła tego stanu (sprzężenie ujemne). Ze stwierdzeń tych będziemy korzystać w późniejszych rozważaniach.

Jako przykład sprzężenia zwrotnego dodatniego rozbieżnego można przytoczyć zanurzenie się łodzi spowodowane wyszczerbieniem burty. Wlewająca się woda zwiększy zanurzenie łodzi (afirmacja), ale wskutek tego zwiększy się ilość wlewającej się wody (afirmacja), co jeszcze bardziej zwiększy zanurzenie łodzi itd. W rezultacie łódź będzie zanurzać się coraz szybciej, aż do zatonięcia.

Przykładem sprzężenia zwrotnego ujemnego rozbieżnego jest sytuacja, gdy przy przechyleniu się łodzi, np. w prawo, znajdujący się w niej pasażer zbyt gwałtownie przechylił się w lewo (negacja). Wówczas i łódź przechylił się w lewo (afirmacja), a gdy wskutek tego pasażer przechylił się jeszcze gwałtowniej w prawo, to i łódź przechylił się gwałtowniej w prawo itd., aż do wywrócenia się łodzi (sprzężenie ujemne rozbieżne). Jeżeli przechylanie się pasażera będzie mniej gwałtowne, to może wystąpić szczególny przypadek, gdy łódź będzie się kołysać, przechylając się jednakowo to w jedną, to w drugą stronę. I wreszcie jeżeli pasażer będzie się przechylał tylko w stopniu niezbędnym do zachowania równowagi, to przechylenia łodzi będą coraz mniejsze, aż zanikną zupełnie (sprzężenie ujemne zbieżne).

Pojęcie sprzężenia jest ściśle związane ze sterowaniem, jako że sterowanie polega na wywieraniu wpływu na określone zjawiska (por. rozdz. 1) czyli oddziaływania na nie, a związki polegające na oddziaływaniach są sprzężeniami.

W procesach sterowania zawsze występuje sprzężenie zwrotne. Pogląd ten może się wydawać niezgodny ze spotykanym w literaturze technicznej rozróżnieniem „sterowania zamkniętego” (zwanego zwykle „regulacją”),

opartego na sprzężeniu zwrotnym (ujemnym), i „sterowania otwartego” (często zwanego po prostu „sterowaniem”, dla odróżnienia od „regulacji”), w którym sprzężenie zwrotne nie występuje (a więc występuje tylko sprzężenie proste)¹.

Rozróżnienie to ilustruje się często następującym przykładem.

W celu utrzymywania stałej temperatury w jakimś pomieszczeniu ogrzewanym za pomocą grzejnika elektrycznego zaopatruje się grzejnik w regulator temperatury, przy czym czujnik temperatury umieszcza się wewnątrz pomieszczenia. Wskutek zmian temperatury zewnętrznej temperatura pomieszczenia ulegałaby zmianom, czemu przeciwdziała regulator, który pod wpływem działania czujnika zwiększa dopływ energii elektrycznej do grzejnika, gdy temperatura zewnętrzna, a więc i temperatura pomieszczenia obniża się, zmniejsza zaś dopływ energii do grzejnika, gdy temperatura zewnętrzna a więc i temperatura pomieszczenia wzrasta. Proces utrzymywania wymaganej temperatury w pomieszczeniu określa się w tym przypadku jako „sterowanie zamknięte” („regulację”) z uwagi na sprzężenie zwrotne występujące między mocą grzejnika i temperaturą pomieszczenia.

Inny sposób utrzymywania wymaganej temperatury w pomieszczeniu polega na tym, że na zewnątrz pomieszczenia umieszcza się czujnik temperatury powiązany z odpowiednim organem sterowniczym, który przy obniżaniu się temperatury zewnętrznej zwiększa moc grzejnika (zapobiegając przez to obniżeniu się temperatury pomieszczenia), a przy wzrastaniu temperatury zewnętrznej zmniejsza moc grzejnika (zapobiegając przez to wzrostowi temperatury pomieszczenia). Proces ten określa się jako „sterowanie otwarte” (lub krótko „sterowanie”) z uwagi na sprzężenie proste, jakim jest oddziaływanie temperatury zewnętrznej na moc grzejnika.

W rzeczywistości i ten proces polega na sprzężeniu zwrotnym. Ażeby organ sterowniczy mógł zapewniać utrzymywanie wymaganej temperatury w pomieszczeniu, konstruktor tego organu musiał znaleźć związek między temperaturą pomieszczenia a temperaturą zewnętrzną i w ten sposób utwo-

¹ Rozróżnienie tak pojmowanego „sterowania” (Steuerung) i „regulacji” (Regelung) zostało utrwalone np. w niemieckich normach technicznych i jest ściśle przestrzegane w niemieckiej literaturze cybernetycznej, wskutek czego nie ma obecnie niemieckiego wyrazu określającego sterowanie w ogólności, co np. zmusza niemieckich tłumaczy literatury rosyjskiej do tłumaczenia nazwy „upriawlenije” jako „Steuerung und Regelung”.

rzył sprzężenie zwrotne, zamykając przez siebie samego obieg sterowniczy. Okoliczność, że zrobił to wcześniej i jednorazowo, nie ma istotnego znaczenia.

W pojęciu „sterowania zamkniętego” używanym w technice chodzi o obieg zamknięty utworzony wyłącznie z elementów technicznych. W „sterowaniu otwartym” elementy techniczne istotnie nie tworzą obiegu zamkniętego, niemniej staje się on zamkniętym, gdy uwzględnić w nim udział człowieka.

Dla rozważań ogólnych jest nieistotne, czy elementy sterownicze są urządzeniami technicznymi czy nie, i dlatego z cybernetycznego punktu widzenia można uważać, że we wszystkich procesach sterowniczych występują obiegi zamknięte.

Pojęcie „regulacji” jest użyteczne nie do przeciwstawiania sterowania „zamkniętego” sterowaniu „otwartemu”, lecz do wyodrębniania sterowania opartego na sprzężeniu ujemnym wyzyskiwanym do stabilizacji wielkości charakteryzujących oddziaływanie (np. w przebiegach przedstawionych na rys. 2–6, krzywa 2).

Szczególnym przypadkiem sprzężenia zwrotnego są *procesy samowyrównawcze*, tj. procesy, w których nie ma oddziaływania wymuszonego z zewnątrz ($z = 0$, a więc $A = 0$), przy czym sprzężone wielkości mają wartości początkowe większe od zera, a ponadto $BC < 1$.

W przypadku sprzężenia dodatniego układ równań (2.19) i (2.20) przybiera postać

$$y = Bx \quad (2.36)$$

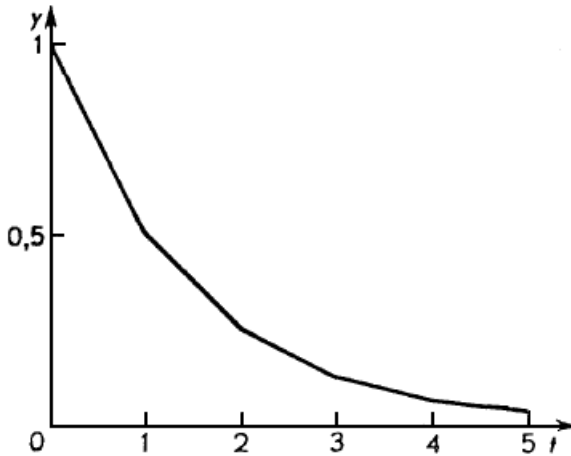
$$x = Cy \quad (2.37)$$

Postępując podobnie jak poprzednio otrzymuje się, rozpoczynając od stanu początkowego $y_0 = 1$, następujące wartości:

$$\begin{aligned} y_0 &= 1 \\ y_1 &= BC \\ y_2 &= B^2 C^2 \\ y_3 &= B^3 C^3 \text{ itd.} \end{aligned} \quad (2.38)$$

Wielkość y maleje asymptotycznie do zera.

Na przykład, dla $B = 0,5$, $C = 1$ otrzymuje się ze wzorów (2.38): $y_0 = 1$, $y_1 = 0,5$, $y_2 = 0,25$, $y_3 = 0,125$ itd. (rys. 2–7).



Rys. 2-7. Przebieg samowyrównawczy przy sprzężeniu dodatnim

W przypadku sprzężenia ujemnego układ równań (2.21) i (2.22) przybiera postać

$$y = -Bx \quad (2.39)$$

$$x = Cy \quad (2.40)$$

Wówczas, rozpoczynając od stanu początkowego $y_0 = 1$, otrzymuje się następujące wartości:

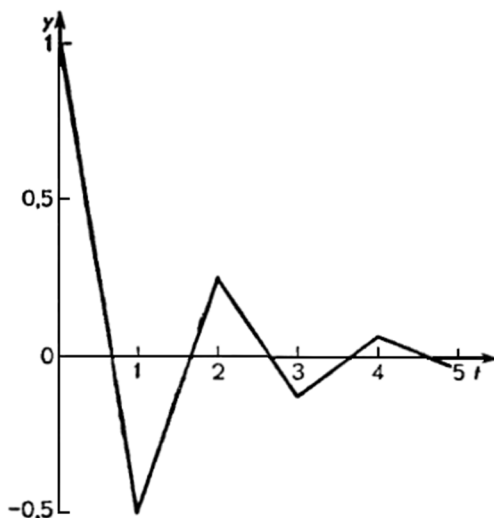
$$\begin{aligned} y_0 &= 1 \\ y_1 &= -BC \\ y_2 &= B^2C^2 \\ y_3 &= -B^3C^3 \text{ itd.} \end{aligned} \quad (2.41)$$

Wielkość y maleje w sposób oscylacyjny zbliżając się asymptotycznie do zera.

Na przykład dla $B = 0,5$, $C = 1$ otrzymuje się ze wzorów (2.41): $y_0 = 1$, $y_1 = -0,5$, $y_2 = 0,25$, $y_3 = -0,125$ itd. (rys. 2-8).

Przebiegi samowyrównawcze odgrywają doniosłą rolę w procesach sterowniczych, gdyż sterowanie jest stosowane głównie w celu zwalczania tych przebiegów. W sprzężeniach zwrotnych, nie podlegających żadnej ingerencji z zewnątrz, przebiegi samowyrównawcze sprawiają, że obie sprzężone wielkości maleją asymptotycznie do zera, a więc do stanu, w którym nic się nie dzieje.

Fizycznie przebiegi samowyrównawcze polegają na wyrównywaniu się różnic potencjałów, czemu towarzyszy przepływ energii z miejsca o wyższym potencjale do miejsca o niższym potencjale. Wielkościami sprzężonymi są różnica potencjałów i moc.



Rys. 2–8. Przebieg samowyrównawczy przy sprzężeniu ujemnym

Stwierdzenie, że w pewnym miejscu występuje wyższy potencjał niż w innych miejscach, jest równoznaczne stwierdzeniu, że w miejscu tym występuje większa koncentracja energii niż w innych miejscach. W związku z tym przepływ energii wywołany różnicą potencjałów przyczynia się do zmniejszenia różnicy koncentracji energii, a więc i do zmniejszenia różnicy potencjałów. Ale zmniejszenie różnicy potencjałów powoduje z kolei zmniejszenie przepływu energii (jeżeli ubytek energii z miejsca o wyższym potencjale nie jest pokrywany z jakiegoś źródła energii). W wyniku zjawisko staje się coraz mniej intensywne: różnica potencjałów i moc maleją coraz wolniej; są to wielkości zanikające.

Jako przykłady przebiegów samowyrównawczych można przytoczyć przepływ ciepła od ciała gorętszego do chłodniejszego, przepływ cieczy z wyższego poziomu do niższego, przepływ ładunków elektrycznych od wyższego potencjału elektrycznego do niższego. Na tej samej zasadzie wyrównują się stężenia roztworów, zanikają naprężenia mechaniczne itp.

Wzór określający przebieg samowyrównawczy wielkości zanikającej w czasie $y = f(t)$ można wyprowadzić w następujący sposób. Zakładając,

że zmiana wielkości zanikającej dy jest w każdej chwili proporcjonalna do wielkości y , do stałej ekstynkcji ε charakterystycznej dla danego środowiska i do zmiany czasu dt , można ułożyć równanie

$$dy = -\varepsilon y dt \quad (2.42)$$

Znak minus oznacza, że z upływem czasu t wielkość y maleje.

Po przekształceniu powyższego równania różniczkowego do postaci

$$\frac{dy}{y} = -\varepsilon dt \quad (2.43)$$

i scałkowaniu w odpowiednich granicach

$$\int_{y_0}^y \frac{dy}{y} = -\varepsilon \int_0^t dt \quad (2.44)$$

otrzymuje się

$$\ln \frac{y}{y_0} = -\varepsilon t \quad (2.45)$$

czyli

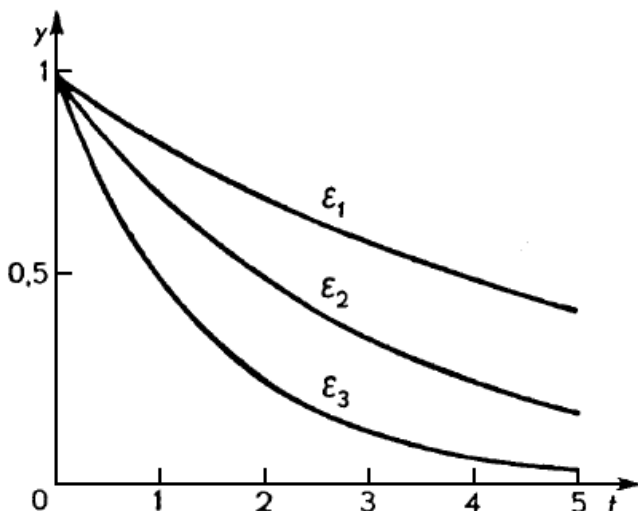
$$\frac{y}{y_0} = e^{-\varepsilon t} \quad (2.46)$$

skąd

$$y = y_0 \cdot e^{-\varepsilon t} \quad (2.47)$$

Na wykresie (rys. 2–9) przedstawia tę zależność rodzina krzywych wykładniczych o przebiegu zależnym od ekstynkcji ε . Krzywe mają rozmaite stromości przebiegu odpowiadające wartościom ε_1 , ε_2 , ε_3 itd.

Opisowo można przebiegi wykładnicze scharakteryzować jako takie przebiegi, w których zmienna zależna y maleje w jednakowych odstępach zmiennej niezależnej t zawsze w jednakowym stosunku. Na przykład, na krzywej o współczynniku ε_2 (rys. 2–9) widać, że po upływie 2 jednostek czasu (od $t = 0$ do $t = 2$) wielkość y zmalała do połowy (od $y = 1$ do $y = 0,5$), po upływie dalszych 2 jednostek czasu (od $t = 2$ do $t = 4$) wielkość y zmalała również do połowy (od $y = 0,5$ do $y = 0,25$) itd. Pozostaje to w zgodzie ze sposobem traktowania przebiegów samowyrównawczych za pomocą układu równań (2.36) i (2.37), jak to jest widoczne na rys. 2–7.



Rys. 2–9. Przebiegi samowyrównawcze przy różnych ekstynkcjach

Obydwa podane sposoby określenia przebiegów samowyrównawczych są oparte na założeniu stałości warunków, a mianowicie stałości współczynników B i C w układzie równań (2.36) i (2.37) bądź stałości ekstynkcji ϵ we wzorze (2.47).

W przypadkach gdy założenie stałości warunków jest niesłuszne, przebieg samowyrównawczy nie jest wykładniczy, na przykład przebieg wypadkowy będący sumą kilku wykładniczych przebiegów samowyrównawczych o różnych ekstynkcjach. Niemniej zachowuje on inne cechy przebiegów wykładniczych, a mianowicie ciągle zmniejszanie się i asymptotyczne dążenie do zera, gdy czas dąży do nieskończoności.

W taki sposób stygną ciała mające kształt odmienny od kulistego bądź umieszczone w środowisku gazowym, wskutek czego przebiegi odpływu ciepła spowodowane promieniowaniem i konwekcją nie są jednakowe w różnych miejscach powierzchni ciała; całkowity odpływ ciepła nie ma wówczas przebiegu wykładniczego, jakkolwiek z biegiem czasu maleje do zera.

Ogólnie biorąc, sterowanie przeciwdziałające jakiemuś przebiegowi samowyrównawczemu polega na wywołaniu innego przebiegu samowyrównawczego. Z kolei sama czynność jego wywoływania wymaga powstania jeszcze innego przebiegu samowyrównawczego itd.

Śledzenie wstecz takiego łańcucha przyczyn i skutków w technice prowadzi wcześniej czy później do człowieka jako czynnika, który ten łańcuch wywołał (choćby np. przez naciśnięcie przycisku sterowniczego, a jeszcze wcześniej przez powzięcie odpowiedniej decyzji). W potocznym ujęciu tych spraw w technice uważa się, że człowiek jest pierwotną przyczyną każdego procesu sterowniczego. W ujęciu cybernetycznym nie ma powodu do stawiania takiego ograniczenia i rezygnowania z rozważań nad wszelkimi procesami sterowniczymi bez względu na to, czy zachodzą one w maszynach czy organizmach.

3. Informacje

W języku potocznym pojęcie informacji jest obciążone zakorzenionymi przyzwyczajeniami do odnoszenia informacji wyłącznie do człowieka, a więc przy użyciu takich wyrazów jak: treść, znaczenie, zrozumienie itp. Wprawdzie nie wywołują one nieporozumień w użyciu potocznym, ale są nieprzydatne w rozważaniach cybernetycznych, abstrahujących od odrębności człowieka jako przetwornika informacji.

Osiągnięciem teorii informacji [121] jest umożliwienie ilościowego określania informacji.

Jak wiadomo, ilość informacji wyraża się liczbą n równą logarytmowi liczby stanów N przy podstawie 2

$$n = \log_2 N \quad (3.1)$$

Zależność tę można też przedstawić w postaci

$$N = 2^n \quad (3.2)$$

Gdy liczba stanów $N = 2$, wówczas ilość informacji $n = 1$. Wyzyskano to do wprowadzenia jednostki „bit”, określającej ilość informacji przy wyróżnieniu jednego z dwóch stanów.

Natomiast samo pojęcie informacji jest ciągle jeszcze traktowane w sposób opisowy, według którego informacją jest wyróżnienie jednego z określonej liczby stanów.

Poniżej postaramy się uściślić pojęcie informacji i zdefiniować je w sposób matematyczny.

Rozpatrzmy dwa zbiory stanów: zbiór X zawierający dwa stany x_1, x_2 oraz zbiór Y zawierający dwa stany y_1, y_2 .

Biorąc pod uwagę związki między stanami zbioru X a stanami zbioru Y możemy napisać równania:

$$y_1 = k_1(x_1) \quad (3.3)$$

$$y_2 = k_2(x_2) \quad (3.4)$$

Podobnie biorąc pod uwagę związki między jednym a drugim stanem zbioru X i między jednym a drugim stanem zbioru Y możemy napisać równania:

$$x_2 = I_x(x_1) \quad (3.5)$$

$$y_2 = I_y(y_1) \quad (3.6)$$

Wspomniane związki są tu wyrażone ogólnie operatorami k_1, k_2, I_x, I_y .

Podstawiając y_2 ze wzoru (3.4) i y_1 ze wzoru (3.3) do wzoru (3.6) otrzymamy

$$k_2(x_2) = I_y[k_1(x_1)] \quad (3.7)$$

Postać prawej strony równania (3.7) oznacza, że x_1 najpierw podlega operacji określonej operatorem k_1 , a wynik tej operacji podlega z kolei następnej operacji określonej operatorem I_y .

W szczególnym przypadku, gdy wynik jest taki sam bez względu na kolejność operacji, czyli

$$I_y[k_1(x_1)] = k_1[I_y(x_1)] \quad (3.8)$$

można przedstawić równanie (3.7) w postaci

$$k_2(x_2) = k_1[I_y(x_1)] \quad (3.9)$$

W przypadku równości operatorów $k_1 = k_2 = k$ równanie (3.9) przybierze postać

$$k(x_2) = k[I_y(x_1)] \quad (3.10)$$

a jeśli operatory te oznaczają operacje jednoznaczne, to

$$x_2 = I_y(x_1) \quad (3.11)$$

Wówczas, jak wynika z porównania wzorów (3.5) i (3.11)

$$I_x = I_y \quad (3.12)$$

A zatem, przy jednakowości jednoznacznych operatorów k_1 i k_2 oraz spełnieniu warunku wyrażonego wzorem (3.8), związek I_x między stanami zbioru X jest taki sam jak związek I_y między stanami zbioru Y , co oznacza, że do znalezienia związku I_x nie jest konieczna znajomość zbioru X , umożliwiającą znalezienie I_x ze wzoru (3.5), wystarczy bowiem do tego celu znajomość związku I_y z innego zbioru Y . Innymi słowy, znając

związek I_y , znamy tym samym związek I_x . Ponieważ są one identyczne, można napisać $I_x = I_y = I$.

W związku z tym narzuca się następująca definicja: *informacja* jest to związek między stanami tego samego zbioru.

Jest oczywiste, że informacja nie może istnieć bez zbioru stanów, których jest związkiem. Z tego punktu widzenia można mówić o jakimś zbiorze stanów, że zawiera on informacje.

Stany zbioru zawierającego informacje będziemy nazywać *komunikatami*.

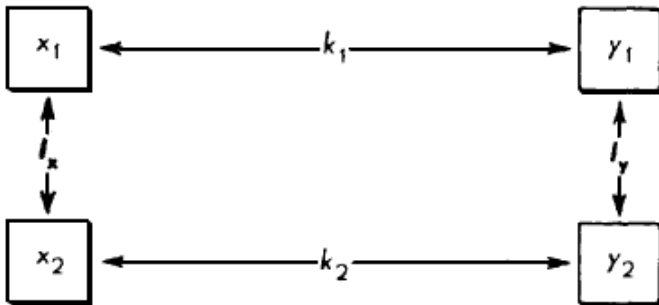
Komunikat ze zbioru zawierającego informacje szukane będziemy nazywać *oryginałem*.

Komunikat ze zbioru zawierającego informacje wykorzystywane do znalezienia informacji zawartych w innym zbiorze będziemy nazywać *obrazem*.

Związek między oryginałem a obrazem będziemy nazywać *kodem*.

Zgodnie z tymi definicjami, przetwarzanie oryginałów w obrazy jest *przetwarzaniem komunikatów*. Kody określają sposób przetwarzania komunikatów.

Dla lepszego uwydatnienia tych pojęć przedstawiono je schematycznie na rys. 3–1. Informacja I_x jest związkiem między oryginałami x_1 i x_2 . Informacja I_y jest związkiem między obrazami y_1 i y_2 . Kod k_1 jest związkiem między oryginałem x_1 a obrazem y_1 . Kod k_2 jest związkiem między oryginałem x_2 a obrazem y_2 .



Rys. 3–1. Schematyczne przedstawienie pojęć informacyjnych
 x – oryginały; y – obrazy; k – kody; I – informacje

Na przykład, obrazem jest wysokość słupa rtęci w ciśnieniomierzu rtęciowym, oryginałem jest mierzone ciśnienie, kodem jest związek między wysokością słupa rtęci a ciśnieniem, informacją zaś jest związek między mierzonym ciśnieniem a ciśnieniem uznanym za jednostkę bądź związek między wysokością słupa rtęci występującą przy mierzonym ciśnieniu a wysokością słupa rtęci występującą przy ciśnieniu uznanym za jednostkę.

Znając oryginały i kody można znaleźć obrazy; proces ten jest *kodowaniem*.

Znając oryginały i obrazy można znaleźć kody; proces ten jest *wykrywaniem kodu*.

I wreszcie znając obrazy i kody można znaleźć oryginały; proces ten jest *dekodowaniem*.

Powyższe rozważania ogólne zastosujemy obecnie do prostego, często występującego przypadku, gdy pewien zbiór X (oryginałów) zostaje przetworzony w inny zbiór Y (obrazów) według zależności

$$y = kx \quad (3.13)$$

Przypuśćmy, że między dwoma oryginałami x_1 oraz x_2 zachodzi zależność

$$x_2 = I_x x_1 \quad (3.14)$$

a między ich obrazami y_1 oraz y_2 zależność

$$y_2 = I_y y_1 \quad (3.15)$$

Na podstawie wzoru (3.13) można napisać

$$y_1 = kx_1 \quad (3.16)$$

$$y_2 = kx_2 \quad (3.17)$$

Podstawiając wyrażenia (3.16) i (3.17) do wzoru (3.15) otrzymuje się

$$kx_2 = I_y kx_1 \quad (3.18)$$

skąd

$$x_2 = I_y x_1 \quad (3.19)$$

Z porównania wzorów (3.19) i (3.14) wynika, że

$$I_y = I_x \quad (3.20)$$

czyli że w omawianym przypadku mamy do czynienia z tą samą informacją w oryginałach i w obrazach.

Identyczność informacji I_x i I_y otrzymaliśmy dzięki równości kodów oraz dzięki temu, że we wzorze (3.18) jest obojętne, czy x_1 najpierw

pomnożyć przez k , a potem przez I_y , czy też najpierw przez I_y , a potem przez k .

Przetwarzanie komunikatów bez zmiany informacji będziemy nazywać *przenoszeniem informacji*.

Zilustrujemy to przykładem liczbowym. Na mapie wykonanej w podziałce $k = 0,000001$ ma być zaznaczona odległość między dwoma miastami, wynosząca $x_2 = 200$ km. Jaka powinna być na mapie odległość między punktami przedstawiającymi te miasta?

Jeżeli za oryginał x_2 obrać jednostkę miary w terenie $x_2 = 1$ km, to jego obraz, zgodnie ze wzorem (3.16)

$$y_1 = 0,000001 \text{ km} = 1 \text{ mm}$$

Informacja zawarta w oryginałach, zgodnie ze wzorem (3.14)

$$I_x = \frac{200 \text{ km}}{1 \text{ km}} = 200$$

Wobec tego, zgodnie ze wzorami (3.15) i (3.20) szukany obraz

$$y_2 = 200 \cdot 1 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

Zadanie odwrotne: na mapie wykonanej w podziałce $k = 0,000001$ odległość między punktami oznaczającymi dwa miasta wynosi $y = 200$ mm. Jaka jest odległość między tymi miastami w terenie?

Jeżeli za obraz y_1 obrać jednostkę miary na mapie $y_1 = 1$ mm, to zgodnie ze wzorem (3.16)

$$x_1 = \frac{1 \text{ mm}}{0,000001} = 1\,000\,000 \text{ mm} = 1 \text{ km}$$

Informacja zawarta w obrazach, zgodnie ze wzorem (3.15)

$$I_y = \frac{200 \text{ mm}}{1 \text{ mm}} = 200$$

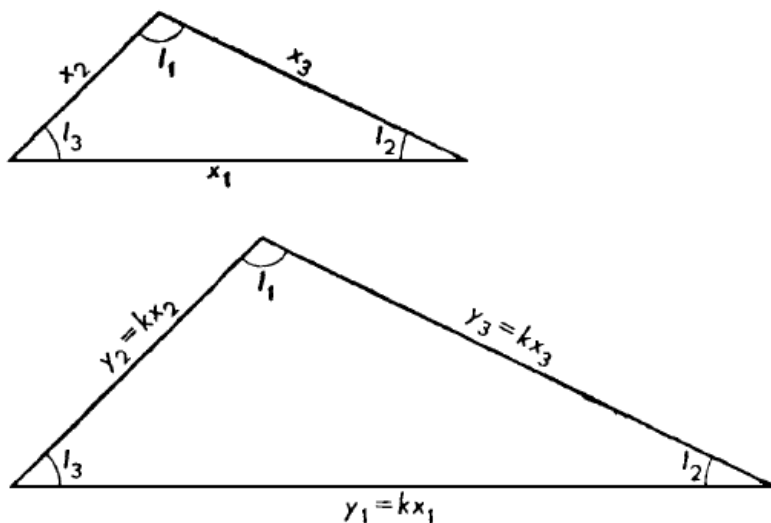
Wobec tego, zgodnie ze wzorami (3.14) i (3.20), szukany oryginał

$$x_2 = 200 \cdot 1 \text{ km} = 200 \text{ km}$$

Prawdopodobnie wielu czytelników będzie skłonnych sądzić, że w pierwszym z tych zadań szukaną informacją jest „200 mm”, w drugim zaś „200 km”, a tymczasem w obu zadaniach występowała informacja „200”. Nieporozumienie to jest wynikiem przyzwyczajęń językowych, prowadzących do pomieszania informacji z komunikatami. Tym, co teren i jego mapa mają wspólnego, jest wyłącznie liczba 200, i dzięki temu, po określeniu jej w terenie, jesteśmy uprawnieni do przypisania jej mapie, i odwrotnie. Natomiast do możliwości używania jednostek „mm” bądź „km” doszliśmy na podstawie podziałki (kodu).

Identyczność informacji w oryginałach i obrazach jest wykorzystywana we wszelkiego rodzaju analogiach. Znalezienie informacji w jednym ze zbiorów podobnych jest równoznaczne ze znalezieniem ich w innych zbiorach podobnych. Nie jest do tego potrzebna znajomość kodu; wystarczy jedynie pewność, że kod jest jednakowy dla wszystkich par oryginał – obraz.

Na przykład, w podobieństwie trójkątów (rys. 3–2) boki x_1, x_2, x_3 jednego trójkąta można uważać za oryginały, a wówczas boki y_1, y_2, y_3 innego trójkąta podobnego będą obrazami. W zależnościach $y_1 = kx_1, y_2 = kx_2, y_3 = kx_3$ współczynnik k jest kodem. Kąty I_1, I_2, I_3 , odpowiednio jednakowe w obu trójkątach, są informacjami wyrażającymi zależności między bokami każdego trójkąta z osobna; znalezienie tych informacji dla jednego trójkąta jest zarazem znalezieniem ich dla wszystkich trójkątów podobnych. Informacje te otrzymuje się bez znajomości współczynnika k ; istotne jest tylko, żeby k było jednakowe dla wszystkich par boków.



Rys. 3–2. Podobieństwo trójkątów z informacyjnego punktu widzenia

Obecnie rozpatrzmy przypadek, gdy kolejność operacji k i I nie jest obojętna. Przypuśćmy, że zależność między oryginałem x a obrazem y jest określona kodem k według wzoru

$$y = x^k \quad (3.21)$$

oraz, że między obrazami y_1 oraz y_2 zachodzi zależność

$$y_2 = I_y y_1 \quad (3.22)$$

Na podstawie wzoru (3.21) można napisać

$$y_1 = x_1^k \quad (3.23)$$

$$y_2 = x_2^k \quad (3.24)$$

Podstawiając wyrażenia (3.23) i (3.24) do wzoru (3.22) otrzymamy

$$x_2^k = I_y x_1^k \quad (3.25)$$

skąd

$$x_2 = \sqrt[k]{I_y} \cdot x_1 \quad (3.26)$$

Jeżeli zależność między x_1 i x_2 przedstawić w postaci

$$x_2 = I_x x_1 \quad (3.27)$$

to z porównania wzorów (3.26) i (3.27) wynika

$$I_x = \sqrt[k]{I_y} \quad (3.28)$$

skąd

$$I_y = I_x^k \quad (3.29)$$

W omawianym przypadku nie ma więc identyczności informacji zawartych w oryginałach i obrazach. Wiąże się to z okolicznością, że we wzorze (3.25) najpierw musi być podnoszenie x_1 do potęgi k , a dopiero potem mnożenie przez I_y (a nie najpierw mnożenie przez I_y , a potem podnoszenie do potęgi k , co dałoby wynik $I_y^k \cdot x_1^k$ zamiast $I_y \cdot x_1^k$).

Przetwarzanie komunikatów ze zmianą informacji będziemy nazywać *przetwarzaniem informacji*.

Informację oryginalną można jednak w omawianym przypadku otrzymać przetwarzając z kolei komunikaty y w inne komunikaty z według zależności

$$z = \sqrt[k]{y} \quad (3.30)$$

Przypuśćmy, że między komunikatami z_1 i z_2 zachodzi zależność

$$z_2 = I_z z_1 \quad (3.31)$$

Na podstawie wzoru (3.30) można napisać

$$z_1 = \sqrt[k]{y_1} \quad (3.32)$$

$$z_2 = \sqrt[k]{y_2} \quad (3.33)$$

Podstawiając wyrażenia (3.32) i (3.33) do wzoru (3.31) otrzymamy

$$\sqrt[k]{y_2} = I_z \cdot \sqrt[k]{y_1} \quad (3.34)$$

skąd

$$y_2 = I_z^k y_1 \quad (3.35)$$

Z porównania wzorów (3.22) i (3.35) wynika

$$I_y = I_z^k \quad (3.36)$$

a z porównania wzorów (3.29) i (3.36)

$$I_z = I_x \quad (3.37)$$

czyli że zbiór komunikatów z zawiera taką samą informację co i zbiór oryginałów x .

Jak widać, kolejne procesy przetwarzania informacji mogą sprowadzać się w wyniku do przenoszenia informacji.

Tego rodzaju przypadek zachodzi np. w pomiarach prądu elektrycznego za pomocą amperomierzy, w których kąt wychylenia wskazówki jest proporcjonalny do kwadratu prądu. Wskutek tego jeżeli prąd wzrośnie np. 3-krotnie, to kąt wychylenia wskazówki wzrośnie 9-krotnie, a więc nie daje informacji oryginalnej. Aby tę informację otrzymać, zaopatruje się takie amperomierze w podziałkę nierównomierną, na której podane liczby są proporcjonalne do pierwiastka kwadratowego z kąta wychylenia. Dzięki temu informacje zawarte w tych liczbach są zarazem informacjami zawartymi w mierzonych prądach.

Z chronologicznego punktu widzenia przyczyny są oryginałami, skutki zaś obrazami. W matematycznym ujęciu rozróżnienie takie jest nieistotne; przy dwóch związanych ze sobą zbiorach, oryginałami są stany tego zbioru, o którym potrzebujemy informacji, obrazami zaś są stany tego zbioru, w którym te informacje znajdujemy, bez względu na to czy obrazy pojawiają się przed oryginałami, czy równocześnie z nimi czy też po nich.

Na przykład, wykopaliska są dla archeologów obrazami, z których starają się Oni otrzymać informacje o bardzo dawnych zdarzeniach – oryginałach.

Barwa płomienia jest obrazem dostarczającym informacji o temperaturze płomienia, odgrywającej rolę oryginału równoczesnego z obrazem.

Z obecnego stanu ciał niebieskich jako obrazu astronomowie otrzymują informacje np. o mających nastąpić zaćmieniach, a więc o oryginałach przyszłych.

W dotychczasowych rozważaniach ograniczaliśmy się do przypadków, gdy informacja jest związkiem między dwoma stanami zbioru (dwoma oryginałami x_1 i x_2 , bądź dwoma obrazami y_1 i y_2); informację taką będziemy nazywać *informacją elementarną*.

W przypadku gdy zbiór obejmuje wiele oryginałów x_1, x_2, x_3 itd., zespół związków pewnego oryginału x_m z pozostałymi oryginałami stanowi *informację złożoną* z wielu informacji elementarnych:

$$\begin{aligned}
 x_m &= I_1(x_1) \\
 x_m &= I_2(x_2) \\
 x_m &= I_3(x_3) \text{ itd.}
 \end{aligned}
 \tag{3.38}$$

co można zapisać w postaci

$$x_m = I_x(X) \tag{3.39}$$

oznaczającej, że I_x jest informacją złożoną, stanowiącą zespół związków oryginału x_m ze wszystkimi oryginałami zbioru X .

Podobnie zapis

$$y_m = I_y(Y) \tag{3.40}$$

oznacza, że I_y jest informacją złożoną, stanowiącą zespół związków obrazu y_m ze wszystkimi komunikatami zbioru Y .

W procesie przenoszenia informacji zachodzi równość informacji

$$I_y = I_x = I \tag{3.41}$$

wobec czego równania (3.39) (3.40) można napisać w postaci

$$x_m = I(X) \tag{3.42}$$

$$y_m = I(Y) \tag{3.43}$$

Interpretując układ równań (3.42) i (3.43) można powiedzieć, że informacja I jest stwierdzeniem, iż pewien oryginał x_m odgrywa taką samą rolę w zbiorze oryginałów, jaką jego obraz y_m odgrywa w zbiorze obrazów.

Na przykład, okoliczność, że trzy kropki w alfabecie Morse'a oznaczają literę „s” można wyrazić zapisem, zgodnie z wzorami (3.42) i (3.43):

litera „s” = I (alfabet łaciński)

trzy kropki = I (alfabet Morse'a)

co oznacza, że trzy kropki są komunikatem odgrywającym w alfabecie Morse'a jako zbiorze komunikatów taką samą rolę (informacja I), jaką litera „s” jako komunikat odgrywa w alfabecie łacińskim jako zbiorze komunikatów. Na tym polega informacja zawarta w literze „s” i w znaku telegraficznym w postaci trzech kropek.

Tym, co jest wspólnego w angielskim wyrazie „day” i francuskim wyrazie „jour”, czyli zawartą w nich informacją, jest okoliczność, że wyraz „day” odgrywa taką samą rolę w języku angielskim, jaką wyraz „jour” odgrywa w języku francuskim. Można to zapisać symbolicznie w postaci:

wyraz „day” = I (język angielski)

wyraz „jour” = I (język francuski).

Kod nie musi być jednakowy dla wszystkich par x_m, y_m . Zbiory oryginałów i obrazów mogą być podzielone na grupy, z których każda ma odrębny kod. Nawet każda para x_m, y_m stanów może mieć odrębny *kod elementarny*, a wówczas kod wiążący zbiór N oryginałów ze zbiorem N obrazów będzie *kodem złożonym*, stanowiącym zbiór N kodów elementarnych.

Słownik angielsko-francuski jest kodem złożonym z tylu kodów elementarnych, ile wyrazów jest w każdym z tych języków. Jednym z tych kodów elementarnych jest związek wyrazów „day” i „jour”.

Jeżeli informacja ma być przeniesiona ze zbioru oryginałów do zbioru obrazów znajdującego się w innym miejscu niż zbiór oryginałów, to między obydwooma tymi zbiorami muszą znajdować się pośrednie zbiory stanów.

Na przykład w telegraficznym przenoszeniu informacji występują kolejne następujące komunikaty: 1) tekst napisany przez nadawcę, 2) impulsy mechaniczne w aparacie telegraficznym nadawczym, 3) impulsy elektryczne w linii telegraficznej, 4) impulsy mechaniczne w aparacie telegraficznym odbiorczym, 5) tekst telegramu doręzonego odbiorcy.

Mamy tu do czynienia z przetwarzaniem komunikatów. Nie powinno być przy tym przetwarzania informacji, lecz przenoszenie informacji – powinny one dojść od nadawcy do odbiorcy w stanie niezmienionym.

Stany z każdego zbioru pośredniego odgrywają rolę obrazów dla poprzedniego zbioru, a rolę oryginałów dla następnego zbioru. Zbiór początkowych oryginałów jest *źródłem informacji*, a zbiór końcowych obrazów jest *odbiornikiem informacji*. Zespół wszystkich zbiorów pośrednich, tworzący drogę przenoszenia informacji, stanowi *tor informacyjny*.

Przenoszenie informacji traktowaliśmy w dotychczasowych rozważaniach abstrakcyjnie jako przejście od zbioru oryginałów do zbioru obrazów. W konkretnym ujęciu przejście takie jest zjawiskiem fizycznym, w którym jedna wielkość fizyczna wywołuje inną wielkość fizyczną, co może być wykorzystywane w postaci procesów sterowania. Wielkość fizyczną wywołującą zjawisko wykorzystywane do sterowania będziemy nazywać *bodźcem S*; wielkość fizyczną wywoływaną przez to zjawisko będziemy nazywać *reakcją R*. Między bodźcem a reakcją może występować wiele zjawisk pośrednich, przy czym reakcja z poprzedniego zjawiska odgrywa rolę bodźca dla następnego zjawiska. Droga oddziaływań od początkowego bodźca do końcowej reakcji, stanowi tor sterowniczy.

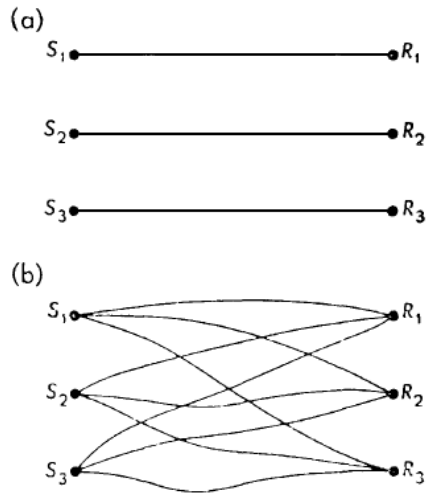
Organ, w którym występuje bodziec początkowy, nosi nazwę receptora, a organ, w którym występuje końcowa reakcja, nosi nazwę efektoru.

Przenoszenie informacji i sterowanie to jedno i to samo – różnica polega jedynie na przyjętym punkcie widzenia. Oryginał i obraz są z informacyjnego punktu widzenia tym samym, co bodziec i reakcja ze sterowniczego punktu widzenia. Tor informacyjny jest zarazem torem sterowniczym. Receptor jest źródłem informacji, efektor zaś odbiornikiem informacji.

Traktowanie przebiegów sterowniczych jako przenoszenia informacji ujmowanych ilościowo ma wprawdzie tę dogodność, że nie wymaga wnikania w zjawiska fizyczne, na których przebiegi sterownicze polegają, ale staje się przez to nieprzydatne do rozwiązywania zagadnień jakościowej strony tych przebiegów. Ze stwierdzenia, że wystąpienie pewnego stanu spośród pewnej liczby możliwych stanów zawiera określoną ilość informacji, nie wynika, który z tych stanów wystąpił, a to przecież nie jest obojętne dla procesów sterowania. Poza tym bez wnikania w zjawiska fizyczne nie sposób określić okoliczności przygotowujące wystąpienie jakiegoś stanu.

Z tych względów wprowadzimy w tej pracy metodę fizycznego traktowania informacji. Objasnimy ją rozpatrując następujące przypadki (rys. 3–3).

Na rys. 3–3a są przedstawione 3 niezależne tory. Aby na końcu jednego z nich powstała reakcja, konieczny jest przepływ energii w tym torze, wywołany pojawieniem się bodźca w postaci potencjału (ściślej: różnicy potencjałów) na początku toru. Jeżeli do wywołania reakcji potrzebna jest określona moc, to uzyskanie takiej mocy przy określonej przewodności toru będzie możliwe przy odpowiednio dużym potencjale. Na początku toru może występować jeden z dwóch stanów: jest bodziec – nie ma bodźca, a na końcu toru jeden z dwóch stanów: jest reakcja – nie ma



Rys. 3–3. Tory informacyjne:
a) niezależne; b) współzależne

reakcji, wobec czego każdy tor z osobna może przenosić 1 bit informacji. Wszystkie trzy tory mogą przenosić 3 bity informacji, co oznacza – zgodnie ze wzorem (3.2) – że na początku i na końcu zespołu tych trzech torów może wystąpić jeden z 8 stanów. Istotnie, na początku toru wchodzi w grę 8 następujących stanów: 1) 0 (nie ma żadnego bodźca), 2) bodziec S_1 , 3) bodziec S_2 , 4) bodziec S_3 , 5) bodźce S_1 i S_2 , 6) bodźce S_2 i S_3 , 7) bodźce S_1 i S_3 , 8) bodźce S_1 , S_2 i S_3 , a na końcu toru 8 następujących stanów: 1) 0 (nie ma żadnej reakcji), 2) reakcja R_1 , 3) reakcja R_2 , 4) reakcja R_3 , 5) reakcje R_1 i R_2 , 6) reakcje R_2 i R_3 , 7) reakcje R_1 i R_3 , 8) reakcje R_1 , R_2 i R_3 . Zmiana przewodności któregośkolwiek toru nie wpłynęłaby na reakcje w pozostałych torach.

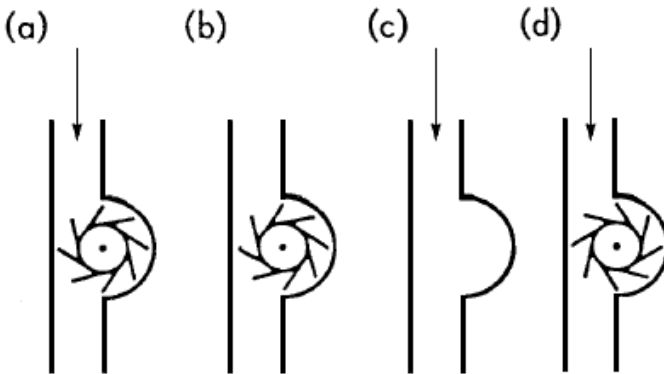
Na rys. 3–3b przedstawiono powyższy zespół torów z taką modyfikacją, że początek każdego toru jest połączony z końcami wszystkich torów, wobec czego otrzymuje się zespół 9 torów. Również w tym przypadku na początku i na końcu zespołu może wystąpić jeden z 8 takich samych stanów, jakie wymieniono powyżej, a więc i ten zespół może przenosić 3 bity informacji. Jak widać, określenie ilości informacji nie wykazało żadnej różnicy między obydwoma rozpatrzonymi przypadkami. Tymczasem zmiana przewodności któregośkolwiek toru w przypadku przedstawionym na rys. 3–3b spowoduje zmianę rozptyłu mocy, wpływając na przebiegi w pozostałych torach. W zależności od zmian rozkładu przewodności może się okazać np., że bodziec, który przedtem wywoływał pewną reakcję, wywołuje później inną reakcję albo że do wywołania pewnej reakcji potrzebne jest jednoczesne występowanie kilku bodźców, albo że tę samą reakcję może wywołać każdy z kilku bodźców z osobna, itp.

O tym, jakie bodźce wywołują jakie reakcje, rozstrzyga rozptyw mocy, zależny z kolei od rozkładu przewodności i rozkładu potencjałów. Pojęciem rozptywu mocy, odgrywającym rolę kodu, wiążącego oryginały (bodźce) z obrazami (reakcjami), będziemy operować w dalszych rozważaniach na temat przebiegów informacyjnych.

4. Układy samodzielne

Rozpatrując najogólniejsze czynniki określające dowolny twór bez reszty można stwierdzić, że czynników tych jest trzy: materia, energia i struktura, przy czym struktura jest to rozmieszczenie materii i energii.

Ilustracją tych pojęć może być na przykład turbina wodna, przedstawiona w uproszczeniu na rys. 4–1a.



Rys. 4–1. Turbina wodna (a) jako ilustracja rozróżnienia energii (b), materii (c) i struktury (d)

Jak wiadomo, działanie takiej turbiny polega na tym, że woda płynąc z wyższego poziomu do niższego, wywiera nacisk na łopatki wirnika i wprawia w ruch wał, na którym wirnik jest osadzony.

Prawidłowość działania turbiny zawdzięczamy rozmaitym czynnikom, na pierwszy rzut oka niełatwym do sklasyfikowania. W celu ich wyodrębnienia rozpatrzmy nieprawidłowe stany omawianej turbiny.

W stanie przedstawionym na rys. 4–1b turbina nie może działać z powodu braku energii, którą reprezentuje tu przepływ wody (brak przepływu wody zaznaczono na rysunku opuszczeniem strzałki kierunkowej).

W stanie przedstawionym na rys. 4–1c występuje wprowadzie przepływ wody, lecz mimo to turbina nie będzie działać z powodu braku wirnika, który z niej wyjęto. W tym przypadku przyczyną niedziałania turbiny jest brak pewnego materialnego jej elementu.

Na rys. 4–1d turbina jest przedstawiona w stanie, w którym zachowany jest zarówno przepływ energii, jak i wszystkie elementy materialne turbiny. Łatwo jednak stwierdzić, że i w tym przypadku turbina nie będzie mogła działać, ponieważ wobec odwrócenia wirnika – woda będzie tylko opływać powierzchnię łopatek, nie poruszając wirnika (a co najwyżej – jeżeli tarcie wału turbiny w łożyskach będzie odpowiednio małe – wprawiając wirnik w ruch bardzo słaby). Nasuwa się pytanie: skoro nie występuje ubytek energii ani

materii (jak to przedstawiono na rys. 4–1b i c), to co się zmieniło przy przejściu ze stanu przedstawionego na rys. 4–1a do stanu przedstawionego na rys. 4–1d. Coś przecież musiało się zmienić, skoro ustało prawidłowe działanie turbiny. Zmieniła się właśnie jej struktura, tj. wzajemne ustosunkowanie energii i elementów materialnych.

Jak widać, do prawidłowego działania turbiny nie wystarczy określona ilość energii mającej przepływać przez turbinę i określona ilość materii przeznaczonej do jej budowy – trzeba ponadto zadbać o nadanie turbinie określonej struktury.

Z innych przykładów można przytoczyć odbiornik radiowy; przestałby on prawidłowo działać w razie nieczynności rozgłośni radiowej (brak energii), wyjęcia lampy elektronowej z odbiornika (brak istotnego elementu materialnego) lub zamiany dwóch lamp elektronowych miejscami (zmiana struktury).

Zagadnienia określania ilości energii i ilości materii są powszechnie znane; można nawet powiedzieć, że są one tak dobrze znane, iż właśnie dzięki temu sformułowano prawo zachowania energii i prawo zachowania masy. W każdym bądź razie umiemy mierzyć ilość energii i ważyć rozmaite przedmioty.

Natomiast wyodrębnianie pojęcia struktury jako trzeciego (obok energii i materii) czynnika może wzbudzać pewne zdziwienie – jakoś nie słyszało się dotychczas o ubytku struktury, o jego mierzeniu itp. A przecież potrzeba takiego właśnie ujmowania sprawy jest wyraźnie widoczna w omawianych wyżej przykładach. Skoro turbina z rys. 4–1d jest gorsza od turbiny z rys. 4–1a, pogorszenie zaś nastąpiło wyłącznie w odniesieniu do struktury, to ubytek struktury powinien dać się jakoś określić liczbowo. Może by, na przykład, zmierzyć strukturę turbiny z rys. 4–1a oraz strukturę turbiny z rys. 4–1d i z różnicy otrzymanych wyników określić ubytek struktury?

Sprawa ta wymaga bliższych wyjaśnień. Istotnie, ogólnym pojęciem struktury, a w szczególności mierzeniem struktury, nie zajmowano się dotychczas. Nie oznacza to jednak bynajmniej, żeby nie starano się oceniać rozmaitych tworów pod względem ich struktury, chociaż tego tak nie nazywano. Przeciwnie, ogromna większość prac naukowych dotyczy tej właśnie problematyki.

Zgodnie z definicją podaną w rozdz. 1. sterowanie jest wywieraniem pożądanego wpływu na określone zjawisko. Wobec niezniszczalności materii i energii nie można wywierać wpływu na te czynniki inaczej niż przez ich przemieszczanie, czyli zmianę ich ustosunkowania, ale to już jest zmianą struktury. A zatem sterowanie jest wywoływaniem pożądanых zmian struktury.

Z drugiej strony, jak na to wskazaliśmy w rozdz. 3, przebiegi sterownicze są zarazem przebiegami informacyjnymi. Wobec tego struktura jest informacją, a zmiany struktury – przetwarzaniem informacji. Pozostaje to w zgodzie z definicją informacji jako związku między stanami z określonego ich zbioru i z definicją struktury jako rozmieszczenia materii i energii.

Z rozważań tych wynika, że struktura może wzrastać lub maleć w takim znaczeniu, w jakim może wzrastać lub maleć informacja. Jak na to wskazaliśmy w rozdz. 3, w zbiorze wielu stanów występuje informacja złożona z wielu informacji elementarnych. W przypadkach na tyle skomplikowanych, że na podstawie wzrostu lub zmniejszenia informacji elementarnych, nie można orzec, iż cała informacja złożona wzrosła lub zmalała, może być mowa tylko o fragmentarycznym wzroście lub zmniejszeniu struktury.

Inną sprawą jest ocena, czy to dobrze czy źle, gdy występuje zmiana struktury. Nawiązując znów do definicji sterowania jako wywierania pożądanego wpływu trzeba wziąć pod uwagę, z jakiego punktu widzenia określa się, co jest pożądanym, a co niepożądanym.

W omówionym powyżej przykładzie turbiny użyliśmy wyrażenia „prawidłowe działanie” zakładając milcząco, że chodzi o ocenę z punktu widzenia użytkownika turbiny. Niewątpliwie zupełnie inaczej przedstawiałaby się ocena tej samej turbiny np. z punktu widzenia ryb zamieszkujących rzekę, na której turbinę zainstalowano. Z ich punktu widzenia najlepsza jest turbina trwale unieruchomiona, ponieważ turbina działająca zakłóca ich spokój, a nawet zagraża im wciągnięciem do swego wnętrza i zmiżdżeniem.

Podobnych przykładów można by przytoczyć wiele. Uszkodzenie się głośnego odbiornika radiowego stanowi zmartwienie dla właściciela, lecz ulgę dla jego sąsiadów. Muzyk, któremu rozstroił się fortepian, odczuwa to jako pogorszenie struktury tego instrumentu; natomiast żadnej różnicy nie robi to komuś, kto uważa fortepian jedynie za mebel zdobiący mieszkanie.

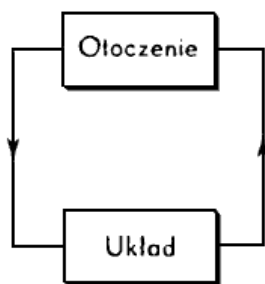
Twór określony tylko co do struktury będziemy nazywać *układem*. W związku z tym twory wykonane z różnych substancji bądź przetwarzające różne postacie energii mogą być jednakowymi układami, jeżeli mają jednakową strukturę. Ponieważ struktura jest tym samym co informacja, więc informacje dotyczące jednego układu dotyczą zarazem wszystkich układów jednakowych.

Na przykład, turbina wykonana ze stali i turbina wykonana z miedzi są jednakowymi układami. Również turbiny o różnych, lecz proporcjonalnych wymiarach mogą być jednakowymi układami.

Należy się jednak wystrzegać powierzchownych ocen jednakowości układów. Turbiny o proporcjonalnych wymiarach mogą być jednakowymi układami, dopóki chodzi o ich strukturę w zakresie wymiarów. Natomiast gdyby chodziło np. o stosunek lepkości lub gęstości wody do wymiarów, to oczywiście struktury nie byłyby jednakowe, a więc pod tymi względami turbiny takie nie byłyby jednakowymi układami. Wiele błędów tego rodzaju popełniono wyciągając wnioski dla dużych obiektów na podstawie badania ich miniaturowych modeli.

Z punktu widzenia procesów sterowniczych można rozróżniać następujące układy.

Wyodrębniając dowolny układ od jego otoczenia można rozróżnić dwa tory oddziaływań: tor oddziaływania otoczenia na układ oraz tor oddziaływania układu na otoczenie (rys. 4–2). Ponieważ oddziaływanie



Rys. 4–2. Sprzężenie dowolnego układu z otoczeniem

otoczenia wywołuje pewne zmiany w układzie wpływając przez to na oddziaływanie układu, a oddziaływanie układu wywołuje pewne zmiany w otoczeniu wpływające przez to na oddziaływanie otoczenia itd., więc mamy tu do czynienia z obiegiem sprzężenia zwrotnego, jaki ogólnie został przedstawiony na rys. 2–2.

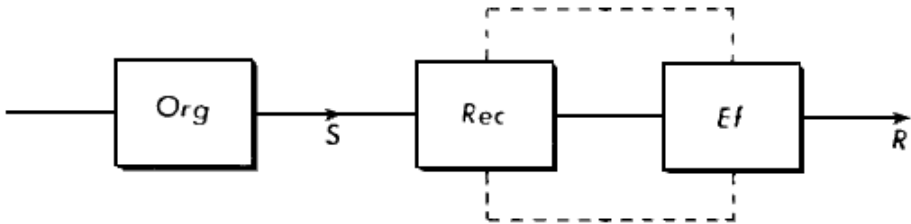
Wśród układów wyodrębnionych od ich otoczenia można wyróżnić *układy zorganizowane*, tj. układy, w których zachodzą procesy sterownicze. Zgodnie z definicją sterowania (rozdz. 1) chodzi tu o wywieranie pożądanego wpływu na zjawiska, a więc o procesy zmierzające do określonego celu, postawionego przez *organizatora* danego układu. Również i organizator jest pewnym układem dającym się wyodrębnić od otoczenia. Układ zorganizowany i jego organizator stanowią *organizację*.

Układy zorganizowane zawierają *organy*, tj. elementy przeznaczone do spełniania określonych zadań, które wyznacza organizator we własnym interesie. W szczególności organy służą do uzyskania rozmieszczenia energii i materii wymaganego przez organizatora, a więc do uzyskania pożądanego struktury układu zorganizowanego.

W dalszych rozważaniach będą nas interesować tylko wzajemne oddziaływania między układami a ich otoczeniem oraz procesy zachodzące w samych układach, a nie procesy zachodzące w otoczeniu, nie będziemy więc zaznaczać otoczenia na schematach, ograniczając się tylko do zazna-

czenia organizatora (w przypadkach gdy występuje on w otoczeniu rozpatrywanego układu).

Obieg oddziaływań w układzie zorganizowanym jest widoczny na rys. 4–3. W celu wywołania pożądanego stanu w otoczeniu organizator oddziałuje (bodziec S) na wejście (receptor) układu, powodując przez to na



Rys. 4–3. Układ zorganizowany

jego wyjściu (efektor) określone działanie (reakcja R). Działanie to wywołuje pewne zmiany w otoczeniu. W zależności od tego, jak te zmiany przyczyniają się do osiągnięcia celu, organizator ponownie oddziałuje na układ itd.

Receptor i efektor są organami sterowniczymi układu, przy czym receptor jest organem służącym do wykrywania bodźca, efektor zaś organem służącym do wytwarzania reakcji. W ogólnym przypadku układ może mieć wiele receptorów i wiele efektorów.

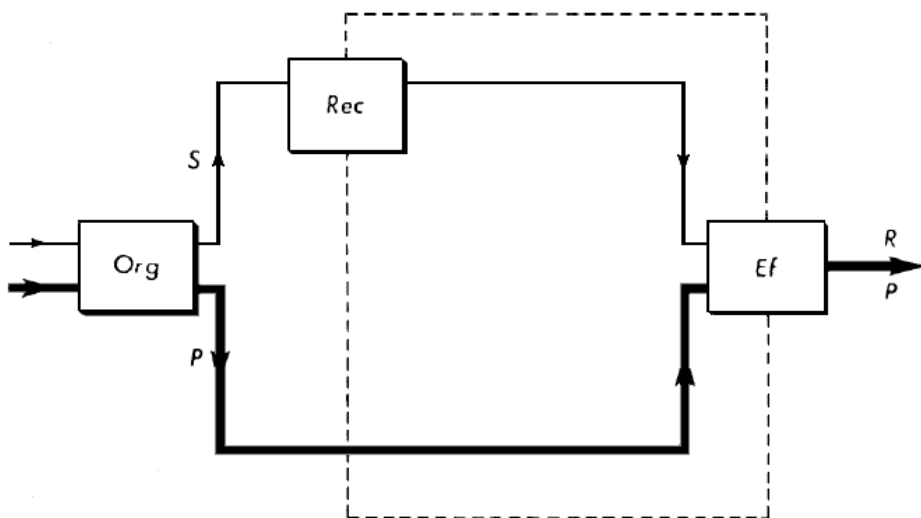
Powstanie określonej reakcji jest wynikiem dwóch procesów: informacyjnego, polegającego na spowodowaniu tej właśnie reakcji spośród wielu możliwych reakcji, oraz energetycznego, polegającego na doprowadzeniu energii w ilości potrzebnej do wywołania danej reakcji.

Odpowiednio do tego można wyróżnić tor informacyjny, w którym odbywa się przenoszenie informacji od receptora do efektor, oraz tor energetyczny, którym energia dopływa do efektor.

Rozróżnienie toru informacyjnego i toru energetycznego jest czysto teoretyczne, nie można bowiem zrealizować osobnych torów dla przenoszenia samych tylko informacji (bez energii) i dla przenoszenia samej tylko energii (bez struktury, a więc bez informacji). Natomiast jest praktycznie możliwe zrealizowanie toru informacyjnego, przenoszącego dużą ilość informacji przy małej ilości energii (energia sterownicza), oraz toru energetycznego, przenoszącego dużą ilość energii (energia wykonawcza)

przy małej ilości informacji. Tak właśnie będziemy traktować te sprawy w dalszych rozważaniach. Nazwę „bodziec” będziemy odnosić wyłącznie do oddziaływania otoczenia na receptory, wyłączając z jej zakresu znaczeniowego pobieranie energii z otoczenia.

W układzie zorganizowanym (rys. 4–4) informacje (bodźce S) i energia (moc P) są dostarczane przez organizatora. Sam organizator odbiera informacje i energię z otoczenia, jest on więc przetwornikiem zarówno informacji, jak i energii.

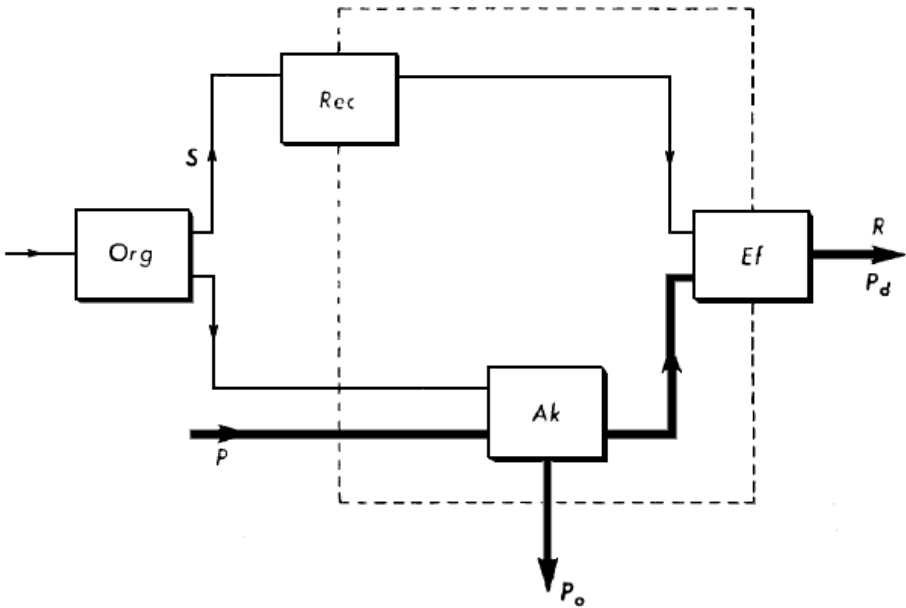


Rys. 4–4. Układ zorganizowany z rozróżnieniem toru informacyjnego i toru energetycznego

Jako przykłady najprostszych układów zorganizowanych można przytoczyć wszelkiego rodzaju narzędzia, choćby tak proste jak nóż lub młotek. Organizatorem jest użytkownik narzędzia. Rękojeść noża odgrywa rolę receptora, za pośrednictwem którego użytkownik dostarcza informacji (wprowadza bodziec, od którego zależy kierunek ruchu noża) i energii (potrzebnej do tego, żeby nóż wykonał pewną pracę), ostrze zaś odgrywa rolę efektora, którego działanie (reakcja) wywołuje pożądaną zmianę w otoczeniu. Prowadzenie noża przez użytkownika jest sterowaniem. Na wyzyskiwaniu takich układów zorganizowanych, jak narzędzia, opiera się w technice rękodzielnictwo.

Jako bardziej złożone układy zorganizowane można wymienić np. rower, nożną maszynę do szycia itp. Użytkownik dostarcza zarówno informacji (nadawanie kierunku ruchu roweru, wybór klawisza w maszynie do pisania) jak i energii (napęd roweru za pomocą pedałów, uderzenia w klawisze).

Układ zorganizowany, wyposażony we własny przetwornik energii, czyli *akumulator*, jest układem *sterownym* (rys. 4–5). Rola organizatora sprowadza się wyłącznie do czynności sterowniczych.



Rys. 4–5. Układ sterowny

Zadaniem akumulatora jest przetwarzanie energii pobieranej z otoczenia i jej przechowywanie do wykorzystywania w dowolnym czasie.

Z energii pobranej przez układ z otoczenia w ciągu określonego czasu część stanowi straty energii do otoczenia, reszta zaś pozostaje jako energia akumulowana w akumulatorze, skąd pobierana jest energia potrzebna do działania efektorów.

Jeżeli przejść od energii do mocy średnich odniesionych do przedziałów czasu, w których energia akumulowana pozostaje niezmienną, to otrzymuje się następujący bilans mocy.

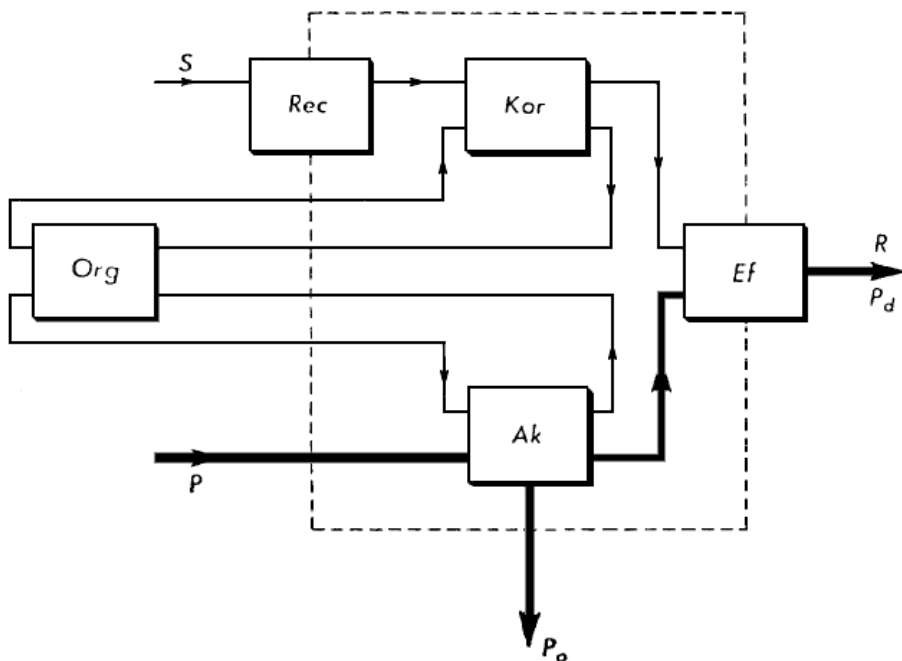
Z *mocy całkowitej* P , określonej stosunkiem energii pobieranej do czasu, część odpływa do otoczenia jako moc jałowa P_0 , określona stosunkiem energii strat do czasu, reszta zaś jako moc dyspozycyjna P_d jest wykorzystywana w efektorach na wywoływanie reakcji.

Przykładami układów sterownych są obrabiarki. Energii elektrycznej do ich napędu dostarcza elektrownia (odgrywająca rolę akumulatora i w tym znaczeniu należąca do

układu sterownego). Rola użytkownika (organizatora) ogranicza się tylko do sterowania. Na wyzyskiwaniu takich układów sterownych, jak obrabiarki, polega w technice mechanizacja.

Przykładem układu sterownego jest także samochód. Ma on własny przetwornik energii (rolę akumulatora odgrywa zbiornik z paliwem i silnik), natomiast użytkownik wykonuje tylko operacje sterownicze, jak np. wpływanie na kierunek ruchu za pomocą kierownicy (receptor).

Układ sterowny, wyposażony we własny przetwornik informacji, czyli *korelator*, jest *układem samosterownym* (rys. 4–6).



Rys. 4–6. Układ samosterowny

Zadaniem korelatora jest przetwarzanie informacji odbieranych z otoczenia i ich przechowywanie do wykorzystania w dowolnym czasie.

Dzięki wyposażeniu w organy umożliwiające wyzyskiwanie informacji (korelator) i energii (akumulator) z otoczenia układ samosterowny może w zasadzie działać bez udziału organizatora. Niemniej, działanie układu samosterownego odbywa się w interesie organizatora, który nadał układowi strukturę odpowiadającą swoim zamierzeniom.

Przy omawianiu poprzednich układów ograniczaliśmy 'się do stwierdzenia, że działają one w interesie organizatora, przy czym nie wdawaliśmy się w rozważania, na czym „własny interes” organizatora polega. Taki sposób traktowania sprawy był możliwy, dopóki chodziło o organizatora zewnętrznego, a więc nie należącego do rozpatrywanego układu.

Jednakże w odniesieniu do układu samodzielnego, jako będącego swoim własnym organizatorem, niezbędne jest objaśnienie, co to znaczy, że układ steruje się we „własnym interesie”.

Stwierdzenie, że spośród dwóch oddzielnych układów jeden steruje drugi, oznacza, że układ sterujący wywołuje zmiany struktury układu sterowanego. Aby móc takich zmian dokonywać, układ sterujący musi sam mieć umożliwiającą mu to strukturę. Układ samodzielny jest zarazem układem sterującym i sterowanym. Z tego punktu widzenia układ samodzielny musi mieć strukturę umożliwiającą mu sterowanie się, przy czym struktura jego zmienia się wskutek sterowania. Gdyby zmieniona struktura nie zapewniała już układowi samodzielnemu możliwości sterowania się, to przestałby on istnieć jako układ samodzielny. Inaczej mówiąc przestałby być własnym organizatorem, czyli uległby dezorganizacji. A zatem istotne w działaniu układu samodzielnego jest niedopuszczanie do nadmiernych zmian własnej struktury.

Jak o tym była mowa w rozdz., 2, sterowanie odbywa się na zasadzie sprzężeń zwrotnych. Gdyby się zdarzyło, że któreś ze sprzężeń zwrotnych będzie rozbieżne, wskutek czego wielkości fizyczne występujące w sprzężeniu dążyłyby do nieskończoności (krzywa 1 i 2 na rys. 2–5 oraz krzywa 1 na rys. 2–6), to nastąpiłaby zmiana struktury trwale uniemożliwiająca sterowanie się układu. A zatem do istoty układu samodzielnego należy posiadanie struktury przeciwdziałającej zachodzeniu w niej samej takich zmian, wskutek których sprzężone wielkości fizyczne przekraczałyby granice dopuszczalne ze względu na utrzymanie zdolności układu do sterowania się. Wynika stąd, że procesy zachodzące w układzie samodzielnym powinny być takim zespołem sprzężeń zwrotnych, żeby nawet w razie powstania sprzężeń rozbieżnych były one przekształcone przez inne sprzężenia zwrotne w sprzężenia zbieżne.

Układ samodzielny rozpatrywany w określonej chwili ma pewien stan występujących w nim wielkości fizycznych. Stany układu samodzielnego w różnych chwilach są mniej lub więcej odległe od stanów, w których układ utraciłby zdolność sterowania się. Stan, w którym wielkości fizyczne

w układzie samodzielnym mają wartości najkorzystniejsze, tj. najbardziej odległe od wartości zbyt małych i zbyt dużych z punktu widzenia zdolności układu do sterowania się, tj. mogących spowodować zniszczenie układu, będziemy nazywać *równowagą funkcjonalną*² układu samodzielnego.

Wobec tego warunek, żeby układ mógł się samodzielnie sterować, jest równoznaczny z warunkiem, żeby sterowanie się układu samodzielnego przeciwdziało naruszaniu jego równowagi funkcjonalnej, a współdziałało w jej przywracaniu. Wynika stąd, że sterowanie się układu samodzielnego w jego własnym interesie, to nic innego niż utrzymywanie się struktury układu samodzielnego w stanie możliwie bliskim równowagi funkcjonalnej.

Samodzielnym będzie każdy układ, w którym występuje zespół sprzężeń zwrotnych dążących do równowagi funkcjonalnej, bez względu na to, jak taki układ powstał (przez zbudowanie, urodzenie czy zbieg okoliczności).

Konsekwencją dążenia układu samodzielnego do zachowania zdolności sterowania się jest przeciwdziałanie czynnikom mogącym doprowadzić do zniszczenia układu, a więc wydłużenie czasu egzystencji układu. Obecnie rozważymy, na czym to przeciwdziałanie może polegać.

Układ samodzielny może przeciwdziałać czynnikom niszczącym w dwojaki sposób. Pierwszy z nich polega na zapobieganiu zmianom w otoczeniu układu, mogącym spowodować zakłócenia równowagi funkcjonalnej układu, drugi zaś na likwidowaniu zakłóceń w razie ich powstania. W pierwszej z tych możliwości układ nie dopuszcza do powstania niebezpieczeństwa zwalczając jego przyczyny (profilaktyka), w drugiej zaś zwalcza skutki niebezpieczeństwa, które już powstało (terapia).

Natomiast za przeciwdziałanie czynnikom niszczącym nie będziemy uważać odporności tworzywa, z którego układ samodzielny jest zbudowany, ponieważ nie zapobiega ona sprzężeniom rozbieżnym ani nie przekształca ich w sprzężenia zbieżne, lecz jedynie sprawia, że przebieg sprzężeń jest bardziej powolny.

² Koncepcję dążenia organizmów do zachowania równowagi funkcjonalnej wysunął Cannon [23] i nazwał ten proces „homeostazą”.

W szczególności organem, którego zadaniem jest utrzymywanie równowagi funkcjonalnej układu samodzielnego jest homeostat³. Występuje on w dwóch zasadniczych obiegach sprzężeń zwrotnych w układzie samodzielnym, a mianowicie w sprzężeniu z akumulatorem, a więc z torem energetycznym, oraz w sprzężeniu z korelatorem, a więc z torem informacyjnym.

Sprzężenie homeostatu z torem energetycznym pozwala zwalczać powstałe już zakłócenia równowagi funkcjonalnej.

W szczególności homeostat może wpływać na ilość energii w akumulatorze przez zmianę mocy jałowej P_0 ; np. zwiększenie mocy jałowej prowadzi do zmniejszenia nadmiaru energii w akumulatorze, a więc do zmniejszenia nadmiernych potencjałów (temperatury, ciśnienia itp.), zagrożających bezpieczeństwu układu. A zatem istnieniu strat energii do otoczenia układ zawdzięcza możliwość stabilizacji (utrzymywanie równowagi funkcjonalnej).

Ilustracją roli mocy jałowej w organizmach jest pocenie się w razie przegrzania. Wobec dużego ciepła parowania wody wydobywanie się potu na powierzchnię skóry prowadzi do ubytku znacznej ilości ciepła z organizmu i w ten sposób przeciwdziała jego przegrzaniu.

Sprzężenie homeostatu z torem informacyjnym pozwala zapobiegać zakłóceniom równowagi funkcjonalnej. Zapobieganie zakłóceniom jest możliwe dzięki obiegowi sprzężeń zwrotnych między układem samodzielnym, w szczególności zaś jego torem informacyjnym, a otoczeniem. Gromadzenie w korelatorze informacji (dzięki wykrywaniu bodźców przez receptory) o zmianach wywoływanych w otoczeniu (wskutek reakcji spowodowanych przez efekторы) pozwala wpływać na otoczenie przez dobór reakcji usuwających w otoczeniu czynniki mogące naruszać równowagę funkcjonalną układu samodzielnego.

Może się zdarzać, że działanie homeostatu bez udziału czynników z otoczenia nie wystarczy do zwalczenia zakłóceń równowagi funkcjonalnej. Aby uzyskanie pożądaných zmian w otoczeniu, przez spowodowanie odpowiedniej reakcji, było możliwe, korelator powinien otrzymywać informacje również o nadmiernych zakłóceniach w akumulatorze. W zwią-

³ Nazwę „homeostat”, nawiązującą do wyrazu „homeostaza”, wprowadził Ashby [5] określając nią skonstruowany przez siebie model techniczny do demonstracji procesu przywracania równowagi funkcjonalnej, przy czym wykazał, że już przez powiązanie chociażby kilku tylko obiegów sprzężeń zwrotnych uzyskuje się bardzo dużą stabilność zespołu tych obiegów.

zku z tym zaznaczono na rys. 4–7 tor bezpośredniego oddziaływania akumulatora na korelator.

Podobnie jak zaznaczono receptory oddziaływań otoczenia (receptory zewnętrzne), można by również zaznaczyć receptory oddziaływań powstających w samym układzie (receptory wewnętrzne, proprioceptory), ale ponieważ przy rozpatrywaniu zasad działania korelatora jest bez znaczenia, czy otrzymuje on informacje od receptorów zewnętrznych czy wewnętrznych, więc receptory wewnętrzne zostały pominięte, aby niepotrzebnie nie naruszać przejrzystości schematu. Na rys. 4–7 ograniczono się do zaznaczenia tylko samego toru bezpośrednich oddziaływań akumulatora na korelator.

W celu uwydatnienia symetrii między torem informacyjnym i torem energetycznym należałoby również zaznaczyć w torze energetycznym organ zasilania, za pomocą którego energia jest pobierana z otoczenia i doprowadzana do akumulatora, pominięto go jednak, gdyż nie odgrywa on roli w dalszych rozważaniach.

Za układy samodzielne można uważać organizmy, ze względu na ich zdolność do przetwarzania energii i informacji oraz do utrzymywania równowagi funkcjonalnej przez zwalczanie zakłóceń i zapobieganie ich powstawaniu. Organizmy są układami sterującymi się we własnym interesie,

Układami samodzielnymi mogą być również układy techniczne, zbudowane w sposób zapewniający im wyżej wymienione właściwości. Dla odróżnienia od automatów, jako układów technicznych samosterownych, układy techniczne samodzielne będziemy nazywać *autonomami*.

Na podstawie powyższych rozważań można bliżej objaśnić użycie wyrażenia „wywieranie pożądanego wpływu” w definicji sterowania. Chodzi o wpływ pożądaný dla organizatora, przy czym „pożądany” znaczy przyczyniający się do utrzymywania równowagi funkcjonalnej układu samodzielnego, jakim jest organizator. W takim samym znaczeniu mówi się o działaniu „celowym”, działaniu „we własnym interesie” itp. Okoliczność, czy chodzi o sterowanie jakiegoś układu przez układ samodzielny będący organizatorem zewnętrznym czy też o sterowanie się układu samodzielnego jako swojego własnego organizatora, nie odgrywa tu roli.

Sterowanie się układu samodzielnego będzie przebiegać w zależności od właściwości sterowniczych układu, czyli od jego charakteru (rozdz. 1). Wielkości fizyczne, określające te właściwości będziemy nazywać *parametrami charakteru*.

II. PRZEBIEGI INFORMACYJNE

5. Rejestracja

W toku przemian, jakim ulega otoczenie układu samodzielnego, można wyodrębnić kolejne stany i zjawiska, czyli – ogólnie mówiąc – fakty.

Dla dowolnej chwili egzystencji układu samodzielnego można rozróżniać fakty przeszłe, teraźniejsze i przyszłe. Spośród nich fakty przeszłe już nie mogą, a fakty przyszłe jeszcze nie mogą oddziaływać bezpośrednio na układ samodzielny.

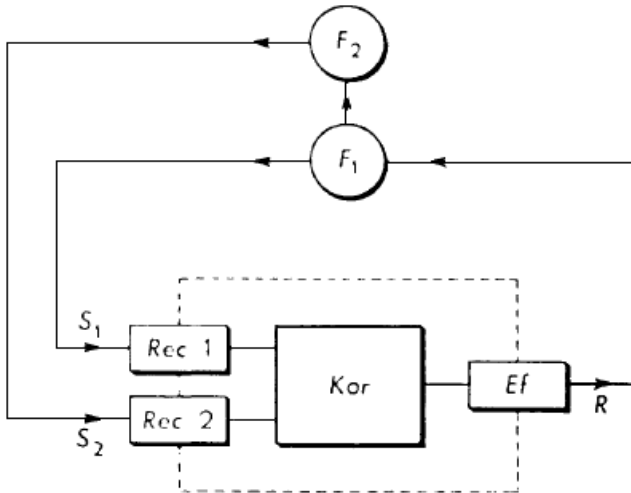
Teoretycznie na układ samodzielny oddziałują wszystkie fakty teraźniejsze. Praktycznie wchodzi w grę tylko te fakty teraźniejsze, których oddziaływanie jest dostatecznie silne, aby mogło wywierać wpływ na sterowanie się układu samodzielnego, a spośród nich tylko te fakty, które dla układu samodzielnego są bodźcami, tj. są wykrywane przez receptor.

Na rys. 5–1 jest przedstawiony prosty przypadek oddziaływań między układem samodzielnym a otoczeniem. Przypuśćmy, że w otoczeniu mogą występować dwa fakty F_1 i F_2 , jednoznacznie ze sobą powiązane w taki sposób, że fakt F_1 może wpływać tylko na fakt F_2 , a fakt F_2 zależy tylko od faktu F_1 . Oddziaływanie faktu F_1 na układ samodzielny jest bodźcem S_1 , wykrywanym przez receptor *Rec 1*, a oddziaływanie faktu F_2 na układ samodzielny jest bodźcem S_2 , wykrywanym przez receptor *Rec 2*.

Przypuśćmy, że fakt teraźniejszy F_2' , wywołany ostatnią reakcją R' , jest niekorzystny dla układu samodzielnego. Zadaniem sterowania się tego układu jest spowodować, za pomocą reakcji R , zmianę teraźniejszego faktu F_1' ; na fakt przyszły F_1'' , a przez to zmianę niekorzystnego faktu teraźniejszego F_2' na korzystny fakt przyszły F_2'' .

Można to zilustrować następującym przykładem. Przypuśćmy, że w pokoju ogrzewanym grzejnikiem elektrycznym znajduje się człowiek. Działanie grzejnika (F_2) zależy

wyłącznie od ustawienia odpowiedniego przełącznika (F_1). Oddziaływanie grzejnika przejawia się jako temperatura (S_2), wykrywana przez unerwienie skóry człowieka; oddziaływanie przełącznika przejawia się jako położenie jego rękojeści (S_1), wykrywane przez oczy. W rozpatrywanej chwili grzejnik grzeje zbyt słabo (fakt terażniejszy F_2'), a więc na organizm człowieka oddziałuje temperatura zbyt niska (terażniejszy bodziec S_2'), wobec czego człowiek powinien wykonać ruch ręki (R''), przestawiający przełącznik z dotychczasowego położenia (F_1') w nowe położenie (F_1''), aby grzejnik słabo grzejący



Rys. 5-1. Oddziaływanie między układem samodzielnym a otoczeniem

(F_2') zaczął grzać silniej (F_2'').

Jeżeli układ samodzielnny jest *niedoświadczony*, tzn. znalazł się w takiej sytuacji po raz pierwszy, to jedynymi czynnikami, na których może się opierać sterowanie układu, są bodźce terażniejsze S_1' i S_2' jako komunikaty zawierające informacje o terażniejszych faktach F_1' i F_2' . Jest to niewystarczające do sterowania się układu, brakuje bowiem informacji o tym, jaki powinien być fakt przyszły F_2'' oraz jaki do jego wywołania jest potrzebny fakt przyszły F_1'' (a tym samym jaka jest potrzebna reakcja R).

Znacznie lepsza byłaby sytuacja układu samodzielnego *doświadczono-*
nego, tj. takiego, którego różne reakcje R w przeszłości wywoływały różne fakty F_1 , a w konsekwencji różne fakty F_2 . Wśród nich byłyby też taki fakt F_1''' wywołany reakcją R''' , który spowodował w przyszłości fakt F_2''' najbardziej zbliżony do pożądanego obecnie faktu przyszłego F_2'' . Znalazłszy

się w sytuacji wymagającej zmiany faktu teraźniejszego F_2' na fakt przyszły F_2'' doświadczony układ samodzielny może za pomocą powtórnej reakcji R''' spowodować powtórnie fakt F_1''' , a w konsekwencji fakt F_2''' . Spowodowanie faktu F_2''' , jako najbardziej zbliżonego do pożądanego faktu F_2'' , byłoby osiągnięciem celu sterowania w najlepszym stopniu, na jaki pozwala doświadczenie danego układu samodzielnego. Jednakże sama tylko okoliczność, że układ samodzielny wywoływał różne fakty F_1 i F_2 , byłaby niewystarczająca, ponadto układ musi dysponować teraźniejszymi komunikatami zawierającymi informacje o przeszłych faktach F_1 i F_2 .

W poprzednim przykładzie człowiek mający z grzejnikiem po raz pierwszy do czynienia odczuwałby tylko zbytni chłód (S_2') i widziałby, w jakim położeniu znajduje się przełącznik (S_1'), natomiast nie wiedziałby, jak silne powinno być ogrzewanie (F_2''), ani też, jakie położenie powinien zajmować przełącznik (F_1'''). Natomiast człowiek, któremu zdarzało się w przeszłości ustawiać przełącznik grzejnika w różnych położeniach (F_1) i uzyskiwać przez to rozmaite nasilenia ogrzewania (F_2), a wśród nich również w położeniu F_1''' , które zapewniło nasilenie ogrzewania (F_2''') najbardziej zbliżone do obecnie pożądanego (F_2''), wykorzystałby swoje doświadczenie i ustawiłby ponownie przełącznik grzejnika w takim położeniu (F_1'''), które zapewnia ogrzewanie najbardziej zbliżone (F_2''') do pożądanego (F_2''). Udałoby mu się to, jeżeli zapamiętał, jakie ustawienie przełącznika (F_1''') pozwoliło uzyskać to nasilenie ogrzewania (F_2''').

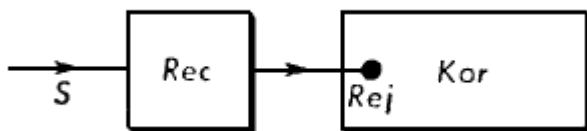
Jak widać w omawianym przypadku sterowania, układ samodzielny potrzebuje informacji o faktach teraźniejszych F_1' i F_2' oraz o faktach przeszłych F_1''' i F_2''' . Informacje o faktach teraźniejszych F_1' i F_2' zawierają się w komunikatach, którymi są bodźce S_1' i S_2' , informacje o faktach przeszłych F_1''' i F_2''' zawierały się w komunikatach, którymi były bodźce S_1''' i S_2''' .

Mówiąc ogólnie, do sterowania się układu samodzielnego, czyli do wywoływania faktów przyszłych, potrzebne są teraźniejsze komunikaty zawierające informacje o faktach teraźniejszych oraz teraźniejsze komunikaty zawierające informacje o faktach przeszłych. Nasuwają się istotne pytania, gdzie te komunikaty powinny występować i jaka powinna być ich trwałość.

Komunikaty powinny występować tam, gdzie zawarte w nich informacje mają być wykorzystywane, a ponieważ procesy wyznaczające reakcje odbywają się w korelatorze, więc komunikaty zawierające informacje, które mają wywierać wpływ na reakcje, również powinny występować w korelatorze. Powstawanie komunikatów w korelatorze

będziemy nazywać *rejestracją*, a same komunikaty *rejestratami*. Elementy korelatora służące do rejestracji będziemy nazywać *rejestratorami*.

Informacje zawarte w bodźcach powinny zawierać się również w rejestrach, potrzebne jest więc przenoszenie informacji z otoczenia do korelatora za pośrednictwem ciągu komunikatów, z których pierwszym jest bodziec ostatnim zaś rejestrat. Tor przenoszenia informacji z otoczenia do korelatora jest przedstawiony schematycznie na rys. 5–2.



Rys. 5–2. Tor informacyjny receptor – rejestrator

Między powstaniem bodźca a powstaniem rejestratu musi upłynąć pewien, chociażby krótki czas, będzie to więc rejestrat zawierający informacje z przeszłości, choćby niedawnej. A zatem zamiast rozróżniania rejestratów zawierających informacje o faktach teraźniejszych i o faktach przeszłych należałoby rozróżniać rejestraty zawierające informacje o faktach niedawnych i o faktach dawniejszych. Wynika stąd, że układ samodzielny może się sterować wyłącznie na podstawie informacji o faktach przeszłych, różne tylko są stopnie tej przeszłości.

Poprzednie rozważania dotyczyły przypadku, gdy w otoczeniu występują fakty, o których układ samodzielny otrzymuje informacje zawarte w bodźcach wywoływanych przez każdy z tych faktów. W ogólnym przypadku mogą występować także fakty, o których układ samodzielny nie otrzymuje informacji. W związku ze zmianami zachodzącymi w otoczeniu może się często zdarzać, że takie same reakcje będą wywoływać różne skutki, a wówczas nawet istnienie rejestratów zawierających informacje z przeszłości może nie wystarczać do zapewnienia jednoznaczności sterowania. Niemniej informacje takie będą wywierać pewien wpływ na sterowanie. Jeżeli np. zdarzało się, że pewien fakt F_1 częściej niż inny fakt F_2 wywołuje pożądany fakt F_3 to informacje zawarte w bodźcach S_1 wywoływanych przez fakt F_1 , będą się zawierać w większej liczbie rejestratów niż informacje zawarte w bodźcach S_2 , wywoływanych przez fakt F_2 , będą więc wywierać większy wpływ na powstawanie reakcji. Sterowa-

nie się układu samodzielnego oparte na informacjach o fakcie F_1 częściej okaże się dla niego korzystne, niż gdyby układ sterował się w oparciu na informacjach o fakcie F_2 . Jak widać, również i w tym przypadku korzystne jest wytwarzanie rejestratów zawierających informacje z przeszłości.

W związku z tym można bliżej sprecyzować, co to znaczy, że jakiś komunikat „zawiera” informacje. Cytryna oglądana przez więźnia, który otrzymał ją w przesyłce od żony, jest dla niego jedynie komunikatem zawierającym informacje o występowaniu żółtej barwy i owalnego kształtu. Jeżeli uważa on, że jest to komunikat zawierający informacje: „nie przyznawaj się do niczego”, to jest to możliwe jedynie dzięki temu, że oprócz obecnie świeżo powstałego rejestratu zawierającego informacje o barwie i kształcie cytryny istnieją w jego mózgu rejestraty zawierające informacje dawniejsze dotyczące zawartej z żoną umowy na temat znaczenia, jakie będzie mieć nadesłanie cytryny. Nie rejestrat wywołany widokiem cytryny, lecz dopiero wszystkie wspomniane rejestraty łącznie zawierają informacje, stanowiące wspomniane powyżej zalecenie dla więźnia. Podobnie jeśli ktoś otrzymał list zawierający zdanie: „Artur zachorował”, to list ten jest komunikatem zawierającym jedynie informacje, że pewne miejsca na kartce papieru są zaczernione, podczas gdy pozostałe miejsca są białe. Natomiast informacje, że chodzi o osobnika imieniem Artur i o jego chorobę, zawierają się w rejestratach w mózgu odbiorcy, na które składają się rejestraty świeżo powstałe przy patrzeniu na otrzymany list oraz rejestraty dawniej powstałe przy nauce czytania. Jeżeli ponadto odbiorca listu nie ma wątpliwości, że chodzi nie o bliżej nieokreślonego „Artura” lecz o konkretną znaną mu osobę, to na to również są w jego mózgu rejestraty zawierające odpowiednie informacje z przeszłości. Co więcej, jeżeli odbiorca rozumiał list jako zawierający informacje: „Artur został aresztowany”, to – podobnie jak w poprzednim przykładzie z cytryną – jest to możliwe dzięki innym jeszcze rejestratom zawierającym dawniejsze informacje dotyczące umowy, według której, dla zmylenia policji, zamiast wyrazu „aresztowanie” będzie używany między wtajemniczonymi wyraz „zachorowanie”.

Ponieważ bodźce są oddziaływaniami sprzęgającymi otoczenie z układem samodzielnym, więc można je uważać za oryginały, których obrazy powinny powstać przede wszystkim na wejściu układu samodzielnego, tj. w miejscu oddziaływania otoczenia na układ samodzielny. Organami spełniającymi to zadanie są receptory. Powstanie obrazu bodźca w receptorze jest wykryciem bodźca. Następnie powinien powstać ciąg komunikatów przenoszących informacje od receptorów do rejestratorów.

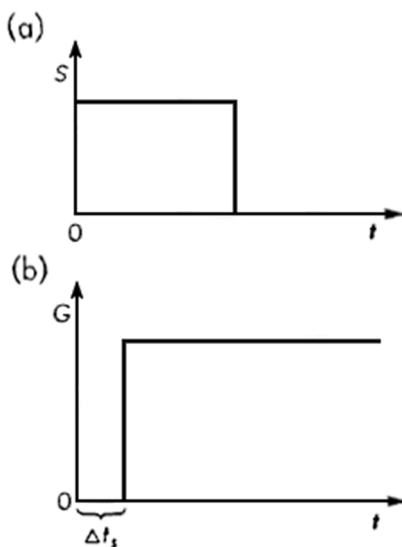
Od trwałości tych komunikatów będzie zależeć, jak długo zawarte w nich informacje będą mogły być wykorzystywane do sterowania się układu samodzielnego. Nie jest przy tym konieczne, żeby wszystkie komunikaty ciągu miały jednakową trwałość, a nawet byłoby to niepożądane. Jeżeli z ciągu komunikatów występujących na drodze przenoszenia informacji z otoczenia do korelatora wyróżnić następujące trzy komunikaty:

1) bodziec, 2) komunikat w receptorze, 3) rejestrat, to ze względu na to, że informacje powinny być możliwie szybko przenoszone z otoczenia do korelatora (aby nie za późno zaczęły wpływać na reakcje) i dostatecznie długo być przechowywane w korelatorze (aby nie za wcześnie przestały wpływać na reakcje), najmniejszą trwałość powinien mieć komunikat w receptorze, największą trwałość zaś powinien mieć rejestrat. Trwałość bodźca zależy od układu samodzielnego tylko w stopniu, w jakim układ może wpływać na otoczenie, toteż mogłoby się zdarzać, że bodziec zniknie, zanim zawarte w nim informacje zostaną wykorzystane, i układ samodzielny nie mógłby temu zapobiec. Mała trwałość komunikatu w receptorze zapewnia szybkie przywrócenie gotowości receptora do wykrycia następnego bodźca, a duża trwałość rejestratu umożliwia wykorzystanie informacji zawartych w bodźcu niezależnie od trwałości bodźca.

Zgodnie z tym, zasadę rejestracji można przedstawić w uproszczeniu jak na rys. 5–3. W pewien czas Δt_s po pojawieniu się bodźca S (rys. 5–3a), wynikający z szybkości przenoszenia informacji w torze łączącym receptor z rejestratorem, powstaje rejestrat G (rys. 5–3b) trwający nawet po zniknięciu bodźca przez czas określony trwałością rejestratu.

Trwałość komunikatów zależy od rodzaju środowiska, w którym komunikaty powstają.

Bardzo mała jest trwałość komunikatów w środowisku gazowym z powodu ruchliwości cząstek gazu. Na przykład, ruch wskazówki mierników wskazówkowych (amperomierzy, woltomierzy itp.) nie zostawia praktycznie żadnych śladów w powietrzu, toteż po zakończeniu pomiaru nie pozostaje żaden komunikat (jeżeli nie zastosować środków dodatkowych, jak np. kreślenie krzywej na papierowej taśmie wykresowej itp., co jest wykorzystywaniem innego środowiska niż gazowe). Nieco większą trwałość mają komunikaty w środowisku ciekłym, co wynika z mniejszej ruchliwości cząstek cieczy. Wykorzystuje się to np. w termometrach lekarskich, w których rtęć jako ciecz o znacznej gęstości, przy odpowiednim zwężeniu rurki, w której rtęć się przemieszcza, utrzymuje



Rys. 5–3. Zasada rejestracji

poziom osiągnięty przy pomiarze temperatury nawet po zakończeniu pomiaru. Natomiast bruzda wodna, stanowiąca komunikat zawierający informacje o przepłynięciu statku, utrzymuje się stosunkowo krótko z powodu mniejszej gęstości wody. Największą trwałość mają komunikaty w ciałach stałych. Na przykład ruiny starożytnych budowli, wykopaliska itp. są komunikatami dostarczającymi archeologom informacji o faktach nawet sprzed wielu tysięcy lat.

Nadmiernie duża trwałość rejestratów, może być niepożądana ze względu na ograniczoną pojemność informacyjną korelatora, tj. liczbę dających się rozróżnić jego stanów. Im więcej jest rejestratów w korelatorze przy określonej jego pojemności, tym trudniejsze jest wykorzystywanie poszczególnych rejestratów do sterowania z powodu zacierania się różnic między rejestratami poszczególnych bodźców. Aby tego uniknąć, pożądane jest zanikanie rejestratów mniej potrzebnych do sterowania. Ponieważ z powodu zmian zachodzących w otoczeniu informacje zawarte w dawnych bodźcach mają mały związek z aktualnym stanem otoczenia, więc pożądane jest raczej zanikanie dawniejszych rejestratów niż późniejszych. Wynika stąd, że pożądane jest zanikanie rejestratów z upływem czasu. Proces zanikania rejestratów będziemy nazywać *derejestracją*. Dzięki derejestracji w miejsce rejestratów zawierających dawniejsze informacje będą mogły powstawać rejestraty zawierające informacje aktualne.

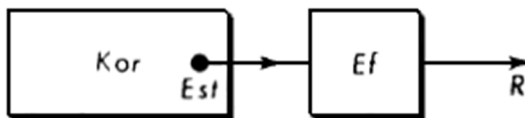
W maszynach matematycznych, magnetofonach, miernikach rejestrujących, płytach gramofonowych itp. derejestracja jest tak powolna, że gdy zachodzi potrzeba usunięcia komunikatów, trzeba stosować derejestrację wymuszoną (np. odmagnesowanie taśmy magnetofonowej) bądź zniszczyć komunikat (np. połamać płytę gramofonową, spalić list itp.). Natomiast w organizmach rejestracja odbywa się z o tyle większą szybkością, że daje się to dość wyraźnie stwierdzić.

Rozróżnianie bodźców pod względem ich rodzaju jest możliwe, gdy każdy receptor ma strukturę umożliwiającą mu wykrywanie tylko jednego rodzaju bodźców. Sterowanie się układu samodzielnego jest tym skuteczniejsze, im więcej układ otrzymuje informacji o różnych faktach, a więc im więcej ma receptorów do wykrywania różnych bodźców, im więcej jest torów informacyjnych łączących receptory z korelatorem i im więcej korelator zawiera rejestratorów. Nie jest przy tym istotne, czy torami informacyjnymi są pojedyncze drogi, z których każda łączy jeden receptor z jednym rejestratorem, czy też rozmaite kombinacje takich dróg.

6. Estymacja

W oddziaływaniu otoczenia na układ samodzielny fakty występujące w otoczeniu wywołują bodźce wykrywane przez receptory, natomiast w oddziaływaniu układu samodzielnego na otoczenie działanie efektorów powoduje reakcje, które z kolei wywołują nowe fakty w otoczeniu. Podobnie jak źródłem energii potrzebnej do wywoływania bodźców jest otoczenie, źródłem energii potrzebnej do wywoływania reakcji jest sam układ samodzielny, ściślej zaś akumulator, w który układ samodzielny jest wyposażony. Oprócz źródła energii niezbędnej dla występowania reakcji potrzebny jest także proces sterowniczy, powodujący powstanie przepływu tej energii z akumulatora do efektora. Od tego procesu zależy, który efektor ma działać, a więc jaka będzie reakcja. Ponieważ reakcja musi być uzależniona od informacji zawartych w rejestratach, więc wspomniany proces musi się odbywać w miejscu, gdzie znajdują się rejestraty, czyli w korelatorze. Proces ten będziemy nazywać *estymacją*. Elementy korelatora służące do estymacji będziemy nazywać *estymatorami*.

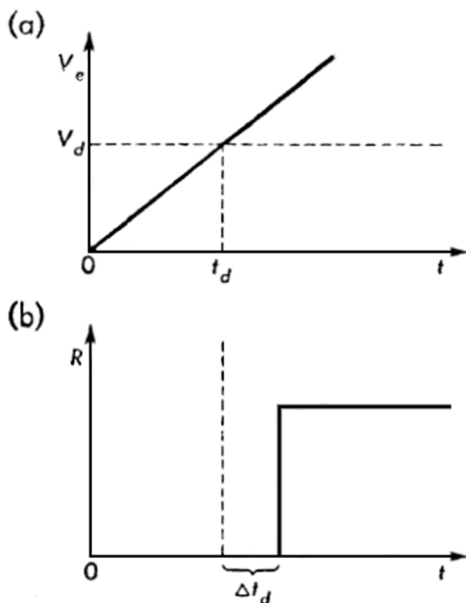
Oddziaływanie estymatorów na efekторы musi polegać na zmianach wielkości estymacyjnej, tj. wielkości fizycznej wywierającej wpływ na stan efektorów. Inaczej mówiąc, potrzebne jest przenoszenie informacji od estymatorów do efektorów. Tor przenoszenia tych informacji jest przedstawiony schematycznie na rys. 6–1.



Rys. 6–1. Tor informacyjny estymator – efektor

Dopóki wielkość estymacyjna jest równa zero, efektor pozostaje nieczynny, reakcja więc nie występuje. Gdy wielkość estymacyjna zacznie wzrastać, nie spowoduje to od razu działania efektoru. Wywołanie zmian w otoczeniu za pomocą reakcji wymaga wykonania pewnej pracy przez efektor, a więc pobierania określonej mocy z akumulatora. Aby to stało się możliwe, musi nastąpić odpowiednia zmiana struktury efektoru, w związku z czym wielkość estymacyjna musi wzrosnąć do wartości, która taką zmianę struktury spowoduje. Jest to więc pewna wartość progowa, którą

wielkość estymacyjna musi przekroczyć, aby nastąpiło działanie efektora, czyli reakcja. Przekroczenie tej wartości progowej przez wielkość estymacyjną będziemy nazywać *decyzją*.



Rys. 6-2. Zasada estymacji

Zgodnie z tym, zasadę estymacji można przedstawić w uproszczeniu jak na rys. 6-2. Dopóki wielkość estymacyjna V_e pozostaje poniżej wartości progowej V_d (rys. 6-2a), efektor nie działa, a więc reakcji nie ma (rys. 6-2b). Jeżeli wielkość estymacyjna ciągle wzrasta, to po pewnym czasie, który będziemy nazywać *czasem decyzyjnym* t_d , przekroczy ona wartość progową V_d (decyzja) i spowoduje działanie efektora (reakcja).

Działanie efektora rozpocznie się nie w chwili t_d , lecz z opóźnieniem Δt_d , wynikającym z szybkości przenoszenia informacji w torze łączącym estymator z efekтором.

Ilustracją opisanych powyżej przebiegów może być działanie zwykłego dzwonka elektrycznego. Aby dzwonek (efektor) zaczął dzwonić (reakcja), potrzebne jest naciśnięcie przycisku (estymator) połączonego z dzwonkiem przewodami (tor przenoszenia informacji od przycisku do dzwonka); w utworzony w ten sposób obwód elektryczny jest ponadto włączone źródło energii elektrycznej zasilające dzwonek, np. ogniwo elektrochemiczne lub sieć elektryczna (akumulator, w używanym tu ogólnym znaczeniu). Przy naciskaniu przycisku będzie się zmieniać jego odległość od położenia pierwotnego (wielkość estymacyjna). Dopiero gdy pewna odległość (wartość progowa) zostanie przekroczona (decyzja) dzwonek zacznie dzwonić (reakcja).

Z powstawaniem skutków dopiero wtedy, gdy przyczyna wzrośnie ponad pewną wartość progową, mamy do czynienia we wszystkich procesach sterowania, przy czym każdy organ ma sobie właściwą wartość progową. Można więc rozpatrywać wartości progowe receptorów, rejestratorów, estymatorów i efektorów. Spośród nich najbardziej interesująca jest wartość progowa estymatora, gdyż jej przekroczenie (decyzja) wywołuje

bardzo istotną zmianę w procesie korelacji: przejście od przebiegów wewnętrznych (w korelatorze) do reakcji zewnętrznej (efektora).

Użyliśmy tu wyrazu „decyzja” na pozór w znaczeniu odmiennym od potocznie przyjętego. W rzeczywistości to, co potocznie nazywa się decyzją (np. decyzją podania się do dymisji, decyzją wystąpienia o rozwód, itp.) opiera się na takim samym mechanizmie, jak powyżej opisany – dokonaliśmy jedynie uściślenia tego pojęcia i zlokalizowania go w estymatorze jako organie sterowniczym przeznaczonym do spełnienia tego zadania. Gdyby ktoś wysunął tu zastrzeżenie, że powziętą decyzję można cofnąć przed jej wykonaniem, to znaczyłoby, że wyrazem „decyzja” określa coś, co nie jest jeszcze decyzją, lecz tylko pewnym stanem znacznego przygotowania do decyzji (zbliżenia wielkości estymacyjnej do wartości progowej).

Reakcja będzie trwać, dopóki wielkość estymacyjna utrzymuje się powyżej wartości progowej i dopóki akumulator dostarcza dostatecznie dużą moc. Gdy wielkość estymacyjna zmaleje ponownie poniżej wartości progowej, energia przestanie dopływać do efektora i reakcja zaniknie.

Podobnie jak przy oddziaływaniu otoczenia na układ samodzielny przenoszenie informacji z otoczenia do korelatora jest ciągiem komunikatów, z których pierwszym jest bodziec, a ostatnim rejestrat, tak samo przy oddziaływaniu układu samodzielnego na otoczenie przenoszenie informacji z układu samodzielnego do otoczenia jest ciągiem komunikatów, z których pierwszym jest decyzja a ostatnim reakcja.

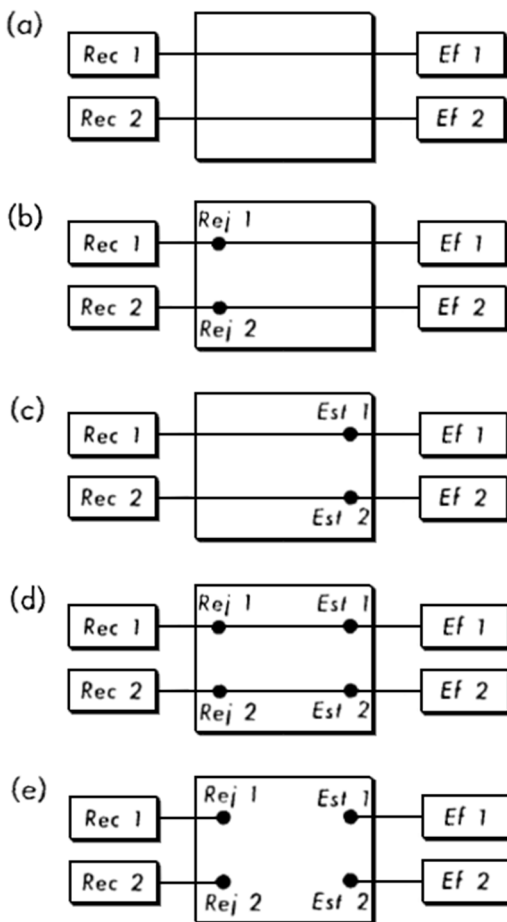
Wywoływanie różnych reakcji jest możliwe, gdy każdy efektor ma strukturę umożliwiającą tylko jeden rodzaj reakcji. Sterowanie się układu samodzielnego jest tym skuteczniejsze im więcej różnych reakcji może powstawać, a więc im więcej układ ma efektorów, im więcej jest torów informacyjnych łączących korelator z efektorami i im więcej korelator zawiera estymatorów.

7. Korelacja

W torach informacyjnych omówionych w rozdz. 5 i 6 występują cztery rodzaje organów: receptory, rejestratory, estymatory i efekторы. Obecnie rozpatrzymy bliżej rolę tych organów w sterowaniu się układu samodzielnego.

Istnienie receptorów i efektorów jest podstawowym warunkiem umożliwiającym wzajemne oddziaływanie układu samodzielnego i otoczenia.

Bez receptorów układ nie mógłby wyróżniać poszczególnych stanów otoczenia, a bez efektorów nie mógłby wywoływać różnych stanów otoczenia. Gdyby się ograniczyć tylko do torów informacyjnych utworzonych przez połączenie poszczególnych receptorów z poszczególnymi efektorami (rys. 7–1a), to pojawienie się bodźca wykrytego przez któryś receptor



Rys. 7–1. Warianty torów informacyjnych receptor – efektor

spowodowałoby reakcję w wyniku zadziałania efektora połączonego z tym receptorem (po upływie czasu wynikającego z szybkości przenoszenia informacji w torze receptor – efektor). Poprzednie bodźce i reakcje nie miałyby wpływu na zachowanie się układu. Każdy wykryty bodziec spo-

wodowałby reakcję, przy czym czas trwania reakcji byłby równy czasowi trwania bodźca.

Wprowadzenie rejestratorów do torów informacyjnych (rys. 7-1b) zmieniłoby zachowanie układu tylko o tyle, że reakcja byłaby wynikiem nie samego tylko bodźca terażniejszego, lecz także wszystkich bodźców przeszłych, wykrytych przez ten sam receptor.

Natomiast wprowadzenie estymatorów (rys. 7-1c) sprawiłoby, że tylko dostatecznie silne bodźce wywoływałyby reakcje; przy zbyt słabych bodźcach wielkość estymacyjna nie przekroczyłaby wartości progowej, nie nastąpiłaby więc decyzja, a tym samym i reakcja.

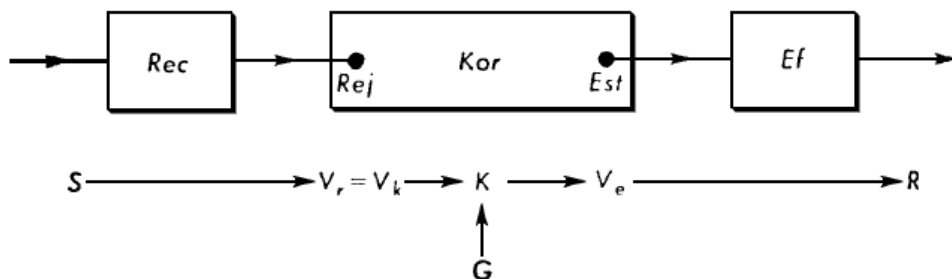
Wprowadzając zarówno rejestratory, jak i estymatory (rys. 7-1d) można zapewnić wpływ bodźców przeszłych na reakcje terażniejsze oraz uzależnić występowanie reakcji od pojawienia się dostatecznie silnych bodźców. Nadal jednak pozostaje jednoznaczność powiązania bodźców z reakcjami, tzn., że pojawienie się bodźca (dostatecznie silnego) prowadzi nieuchronnie do reakcji. Ponadto, podobnie jak we wszystkich trzech poprzednich przypadkach, poszczególne tory informacyjne są niezależne od siebie (przebiegi w jednym torze informacyjnym nie wpływają na przebiegi w innym torze informacyjnym), wskutek czego bodziec określonego rodzaju może wywołać tylko reakcję określonego rodzaju; bodziec wykryty przez receptor *Rec 1* może spowodować tylko reakcję wynikającą z działania efektora *Ef 1*, ponieważ rejestrator *Rej 1* jest połączony tylko z estymatorem *Est 1*, a estymator *Est 1* jest połączony tylko z rejestratorem *Rej 1*.

W przypadku przedstawionym na rys. 7-1e zamiast połączeń między poszczególnymi rejestratorami i estymatorami występuje środowisko, w którym mogą powstawać rozmaite połączenia między poszczególnymi rejestratorami, między poszczególnymi estymatorami oraz między poszczególnymi rejestratorami i estymatorami (por. rys. 3-3b). Od kształtowania się tych połączeń zależy, jakie reakcje przez jakie bodźce będą wywoływane. W odróżnieniu od poprzednich przypadków pojawienie się określonych bodźców wywołuje wzajemnie powiązane przebiegi informacyjne, których wynikiem mogą być takie czy inne reakcje w zależności od aktualnego stanu powiązania tych przebiegów. Zmieniając stan powiązań układ samodzielny może sprawić, żeby zamiast pewnych reakcji wystąpiły inne, a nawet żeby nie wystąpiły żadne reakcje, pomimo pojawienia się bodźców. Wywieranie takiego wpływu na przebiegi informacyj-

ne nie byłoby możliwe nawet przy ich wzajemnym powiązaniu, gdyby nie okoliczność, że do wywołania reakcji wielkość estymacyjna musi przekroczyć wartość progową (decyzja). W ciągu potrzebnego na to czasu decyzyjnego t_d (rys. 6–2) możliwe jest spowodowanie zmian w połączeniach między rejestratorami i estymatorami, zapobiegających lub zmieniających decyzje. Jak widać, okoliczność, że estymator wywołuje działanie efektora nie od razu, lecz dopiero po pewnym czasie decyzyjnym t_d , jest dla układu samodzielnego nader korzystna, zapewniając mu możliwość wpływania na reakcje, nawet po pojawieniu się bodźców.

Procesy zachodzące między rejestratorami i estymatorami będziemy nazywać *korelacją*. Rejestratory i estymatory będziemy nazywać ogólnie *elementami korelacyjnymi*.

Rozpatrzmy najpierw proces korelacji dla najprostszego przypadku, gdy korelator zawiera tylko jeden rejestrator i tylko jeden estymator (rys. 7–2).



Rys. 7–2. Wielkości korelacyjne w przypadku szczególnym, gdy potencjał korelacyjny jest równy potencjałowi rejestracyjnemu

Zmiany w estymatorach zachodzą pod wpływem zmian w rejestratorach, a zatem w procesie korelacji występuje przenoszenie się oddziaływań od rejestratorów do estymatorów.

Ażeby zjawiska fizyczne występujące w jednym punkcie mogły oddziaływać na zjawiska fizyczne występujące w innym punkcie, konieczny jest przepływ energii między tymi punktami. Natężenie tego przepływu jest zależne od zmian potencjału w punkcie początkowym (źródło oddziaływania) i od oporu przepływu na drodze łączącej obydwa punkty. W wyniku otrzymuje się zmiany potencjału w punkcie końcowym (odbiorniku

oddziaływania). Rodzaj oddziaływania zależy od rodzaju przepływającej energii.

Tak na przykład, w zależności od zmian poziomu cieczy w źródle i od oporu przepływu otrzymuje się przepływ cieczy wywołujący zmiany poziomu w odbiorniku; w zależności od zmian ciśnienia gazu w źródle i od oporu przepływu otrzymuje się przepływ gazu wywołujący zmiany ciśnienia w odbiorniku; w zależności od zmian potencjału elektrycznego w źródle i od oporu elektrycznego otrzymuje się przepływ ładunków elektrycznych (prąd elektryczny) wywołujący zmiany potencjału elektrycznego w odbiorniku; w zależności od zmian temperatury w źródle i od oporu cieplnego otrzymuje się przepływ ciepła wywołujący zmiany temperatury w odbiorniku, itp.

Z cybernetycznego punktu widzenia jest obojętne, o jaki rodzaj energii chodzi, toteż dla procesów korelacji wprowadzimy następującą terminologię ogólną, nawiązując do roli, jaką ta energia spełnia.

Energię płynącą między elementami korelacyjnymi będziemy nazywać *energią korelacyjną*.

Stosunek energii korelacyjnej do czasu będziemy nazywać *mocą korelacyjną* K .

Potencjał wywołujący przepływ energii korelacyjnej będziemy nazywać *potencjałem korelacyjnym* V_k .

Potencjał występujący w rejestratorze będziemy nazywać *potencjałem rejestracyjnym* V_r .

Potencjał występujący w estymatorze będziemy nazywać *potencjałem estymacyjnym* V_e .

I wreszcie środowisko, w którym odbywa się przepływ energii korelacyjnej, będziemy nazywać *środowiskiem korelacyjnym*.

Zdolność środowiska korelacyjnego do przewodzenia energii korelacyjnej będziemy nazywać *przewodnością korelacyjną* G i określać stosunkiem mocy korelacyjnej do potencjału korelacyjnego

$$G = \frac{K}{V_k} \quad (7.1)$$

Ze wzoru (7.1) otrzymuje się wzór na moc korelacyjną

$$K = V_k G \quad (7.2)$$

W myśl tego wzoru moc korelacyjna jest tym większa, im większy jest potencjał korelacyjny i im większa jest przewodność korelacyjna.

Wzory (7.1) i (7.2) wyrażają zależności ogólne, niezależnie od rodzaju energii¹.

Proces korelacji w przypadku przedstawionym na rys. 7–2 można opisać następująco.

Gdy pojawi się bodziec S i zostanie wykryty przez receptor, w rejestratorze powstanie potencjał rejestracyjny V_r będący pewną funkcją bodźca $V_r = f(S)$. W zależności od potencjału korelacyjnego V_k , równego w omawianym przypadku potencjałowi rejestracyjnemu V_r , i od przewodności korelacyjnej G popłynie w środowisku korelacyjnym moc korelacyjna K , określona wzorem (7.2). Dzięki przepływowi mocy korelacyjnej K powstanie w estymatorze potencjał estymacyjny V_e będący pewną funkcją mocy korelacyjnej $V_e = f(K)$.

Aby estymator mógł spowodować działanie efektora, czyli aby nastąpiła decyzja, potencjał estymacyjny V_e spełniający rolę wielkości estymacyjnej musi przekroczyć pewną wartość progową. Tę wartość potencjału estymacyjnego będziemy nazywać *potencjałem decyzyjnym* V_d . A. zatem działanie estymatora stanie się decyzją, gdy potencjał estymacyjny przekroczy potencjał decyzyjny

$$V_e > V_d \quad (7.3)$$

czego następstwem będzie reakcja R .

Omówione procesy korelacyjne zilustrujemy przykładem prostego regulatora technicznego, a mianowicie regulatora dwustanowego (tj. rozróżniającego tylko zbyt silne i zbyt słabe bodźce), a w szczególności regulatora działającego na zasadzie „wszystko” lub „nic” (tj. rozróżniającego tylko występowanie bodźca i brak bodźca).

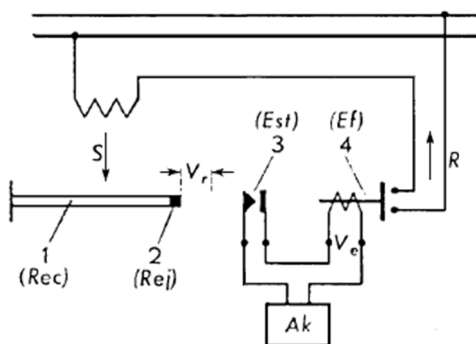
Na rys. 7–3 przedstawiony jest dylatacyjny regulator temperatury, służący do utrzymywania stałej temperatury otaczającego powietrza.

Wzrost temperatury (bodziec S), spowodowany działaniem grzejnika elektrycznego (otoczenie), sprawia, że pręt dylatacyjny 1 stanowiący czujnik temperatury (receptor)

¹ W różnych działach fizyki spotyka się pewne odchylenia terminologiczne, wynikłe z przyzwyczajzeń powstałych we wczesnych stadiach rozwoju tych działów. Na przykład, w termodynamice „przewodnością cieplną” nazywa się stosunek strumienia cieplnego, czyli gęstości powierzchniowej mocy cieplnej (W/m^2), do różnicy temperatur ($^{\circ}C$). W elektrokinetyce „przewodnością elektryczną” nazywa się stosunek prądu elektrycznego (A) do różnicy potencjałów elektrycznych, czyli do napięcia elektrycznego (V), w wyniku utrzymywania się tradycji związanej ze sformułowaniem prawa Ohma w czasach, gdy zamiast o przepływie energii elektrycznej mówiło się o przepływie „elektryczności” (ładunków elektrycznych). W konsekwencji „przewodność elektryczna” określa się stosunkiem mocy elektrycznej do kwadratu napięcia elektrycznego (W/V^2). Przy interpretacji według wzoru (7.1) przewodnością elektryczną powinien być stosunek mocy elektrycznej do napięcia elektrycznego (W/V), czyli wielkość, która w elektrokinetyce nosi nazwę „prądu elektrycznego”.

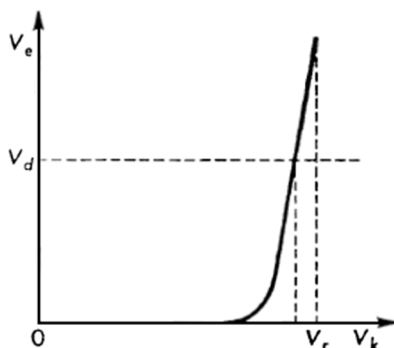
wydłuża się (wykrywanie bodźca S). Wskutek tego nasadka 2 (rejestrator) przesuwa się (rejestracja), aż styki zestyku 3 (estymator), które pod naciskiem nasadki zbliżają się do siebie (estymacja), zetkną się (decyzja), zamykając obwód wyłącznika 4 (efektor). Z kolei wyłącznik 4, zasilany z akumulatora, otworzy obwód grzejnika (reakcja) przerywając jego zasilanie i powodując przez to obniżenie temperatury.

Proces korelacji ma tu następujący przebieg. Przy ruchu nasadki zmienia się jej odległość (potencjał rejestracyjny V_r) od położenia pierwotnego. Ponieważ powietrze znajdujące się między nasadką a zestykiem jest praktycznie pozbawione sztywności (przewodność korelacyjna $G = 0$), więc początkowo moc mechaniczna nie przenosi się z nasadki na zestyk (moc korelacyjna $K = 0$). Wskutek tego zestyk pozostaje rozwarty, a napięcie elektryczne z akumulatora nie przenosi się na wyłącznik (potencjał estymacyjny $V_e = 0$). Po zetknięciu się nasadki z zestykiem, zacznie odgrywać rolę sztywność sprężyn stykowych (wzrost przewodności korelacyjnej G), co spowoduje, że moc mechaniczna zacznie się przenosić z nasadki na zestyk (moc korelacyjna K wzrasta), a w miarę dociskania styków zestyku (dalszy wzrost potencjału rejestracyjnego V_r) zacznie się na wyłączniku pojawiać napięcie elektryczne (potencjał estymacyjny V_e wzrasta). Gdy przekroczy ono napięcie niezbędne do uruchomienia wyłącznika (potencjał decyzyjny V_d), grzejnik zostanie wyłączony (reakcja R).



Rys. 7-3. Korelator w postaci nienastawnego regulatora temperatury

1 – prętowy czujnik temperatury; 2 – nasadka ruchoma; 3 – zestyk; 4 – wyłącznik



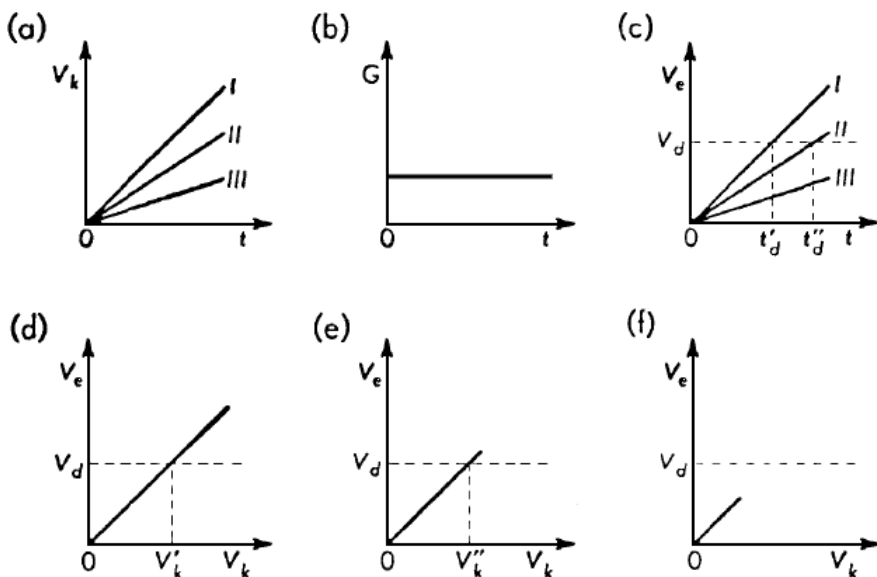
Rys. 7-4. Zależność potencjału estymacyjnego od potencjału korelacyjnego dla przykładowego regulatora temperatury

Wykres zależności $V_e = f(V_k)$ dla opisanego regulatora temperatury jest podany na rys. 7-4.

Ruch nasadki (rejestracja) nie zostawia praktycznie żadnych śladów w powietrzu; jedynym śladem (rejestrat) jest odgięcie sprężyny stykowej, które jednak zanika (derejestracja) przy powrotnym ruchu nasadki w miarę obniżania się temperatury; dzięki temu zachowanie się regulatora przy następnym wzroście temperatury będzie takie samo jak przy poprzednim.

Z okoliczności, że decyzja powstaje w wyniku dostatecznie dużego wzrostu potencjału estymacyjnego, a potencjał estymacyjny zależy od mocy korelacyjnej, wynika, że na powstawanie decyzji można wpływać zmieniając moc korelacyjną. Z kolei moc korelacyjna, zgodnie ze wzorem (7.2), zależy od potencjału korelacyjnego i od przewodności korelacyjnej, wobec czego na powstawanie decyzji można wpływać zmieniając potencjał korelacyjny lub przewodność korelacyjną.

Wpływ potencjału korelacyjnego na decyzje jest objaśniony na rys. 7-5. Rozpatrzmy trzy przypadki, w których w ciągu tego samego czasu powstają różne potencjały korelacyjne V_k (prosta I, II, III na rys. 7-5a), przy czym przewodność korelacyjna w każdym z tych przypadków jest jednakowa (rys. 7-5b). Przy założeniu proporcjonalności potencjału

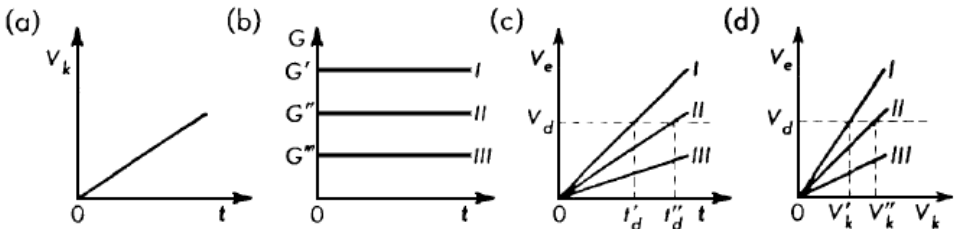


Rys. 7-5. Wpływ potencjału korelacyjnego na decyzje

estymacyjnego V_e do mocy korelacyjnej K otrzymamy przebiegi funkcji $V_e = f(t)$ jak na rys. 7-5c (proste I, II, III). Jak widać, w przypadku I decyzja następuje po upływie pewnego czasu t'_d , a w przypadku II (mniejszy potencjał korelacyjny) po upływie dłuższego czasu t''_d ; w przypadku III (zbyt mały potencjał korelacyjny) decyzja w ogóle nie następuje.

Zależność $V_e = f(V_k)$, otrzymana przez eliminację czasu t z zależności $V_k = f(t)$ i $V_e = f(t)$, przedstawia się w postaci odcinków leżących na jednej prostej (w celu uwydatnienia różnych długości tych odcinków pokazano je na trzech oddzielnych wykresach, rys. 7–5d, e, f). W przypadku I (rys. 7–5d) decyzja następuje przy pewnym potencjale korelacyjnym V'_k , a w przypadku II (rys. 7–5c) przy potencjale korelacyjnym V''_k , przy czym $V'_k = V''_k$, w przypadku III (rys. 7–5f) decyzja nie następuje, gdyż potencjał korelacyjny okazuje się zbyt mały.

Wpływ przewodności korelacyjnej na decyzje jest objaśniony na rys. 7–6. Rozpatrzmy trzy przypadki, w których w ciągu tego samego czasu powstaje taki sam potencjał korelacyjny (rys. 7–6a), ale przewodności korelacyjne w każdym z tych przypadków są różne (proste I, II, III na rys. 7–6b). Przy założeniu proporcjonalności potencjału estymacyjnego V_e do mocy korelacyjnej K otrzymamy przebiegi funkcji $V_e = f(t)$ jak na rys.



Rys. 7–6. Wpływ przewodności korelacyjnej na decyzje

7–6c (proste I, II, III). Jak widać, w przypadku I decyzja następuje po upływie czasu t'_d , a w przypadku II (mniejsza przewodność korelacyjna) po upływie dłuższego czasu t''_d ; w przypadku III (zbyt mała przewodność korelacyjna) decyzja w ogóle nie następuje. Zależności $V_e = f(V_k)$, otrzymane przez eliminację czasu t z zależności $V_k = f(t)$ i $V_e = f(t)$, są przedstawione na rys. 7–6d. Pomimo że we wszystkich trzech przypadkach zostaje osiągnięty taki sam potencjał korelacyjny, w przypadku I (duża przewodność korelacyjna) okazuje się on aż nadto wystarczający do spowodowania decyzji, natomiast w przypadku III (zbyt mała przewodność korelacyjna) nie wystarcza do spowodowania decyzji.

Jak z tego wynika, szybszy wzrost potencjału korelacyjnego lub zwiększenie przewodności korelacyjnej powodują przyspieszenie decyzji. Przy zbyt małym potencjale korelacyjnym lub zbyt małej przewodności korela-

cyjnej decyzja nie nastąpi. Oznacza to, że jeżeli potencjałem korelacyjnym jest potencjał rejestracyjny ($V_k = V_r$), to im słabszy jest bodziec, tym później spowoduje decyzję, a zbyt słaby bodziec w ogóle nie spowoduje decyzji, oraz że taki sam bodziec tym później spowoduje decyzję, im mniejsza jest przewodność korelacyjna, a przy zbyt małej przewodności w ogóle nie spowoduje decyzji.

Można to zilustrować na przykładzie regulatora temperatury. Gdy wzrost temperatury jest bardzo duży, wówczas i wydłużenie pręta dylatacyjnego jest bardzo duże, wskutek czego zestyk zostaje szybko zamknięty. Przy zbyt małym wzroście temperatury może się okazać, że nasadka pręta dylatacyjnego nie dosięgnie zestyku, a więc regulator nie zareaguje.

Wpływ przewodności korelacyjnej można by zilustrować umieszczając między nasadką a zestykiem sprężynę skrętkową; wtedy zamiast powietrza środowiskiem korelacyjnym stałaby się ta sprężyna. Ruch nasadki w kierunku zestyku powodowałby ściskanie tej sprężyny i wzrost jej sztywności (wzrost przewodności korelacyjnej), wskutek czego do zamknięcia zestyku doszłoby wcześniej (krótszy czas decyzyjny) i przy mniejszym wydłużeniu pręta dylatacyjnego (mniejszy potencjał korelacyjny).

Stosując coraz sztywniejsze sprężyny można by osiągać działanie regulatora przy coraz mniejszych wydłużeniach pręta dylatacyjnego, a więc przy coraz mniejszym wzroście temperatury (słabszym bodźcu).

Gdyby potencjał estymacyjny był wywołany wyłącznie przez potencjał rejestracyjny, to przy określonej przewodności korelacyjnej występującej w danej chwili reakcje układu samodzielnego byłyby wymuszane przez bodźce oddziałujące na układ. Oznacza to, że zachowanie się układu byłoby całkowicie uzależnione od otoczenia. Układ nie mógłby uniknąć reakcji nawet szkodliwych dla niego samego.

Niebezpieczeństwo takie nie występuje, gdy układ samodzielny może wprowadzać do środowiska korelacyjnego dodatkowy potencjał, wpływający na potencjał estymacyjny. Ten dodatkowy potencjał będziemy nazywać *potencjałem refleksyjnym* V_h .

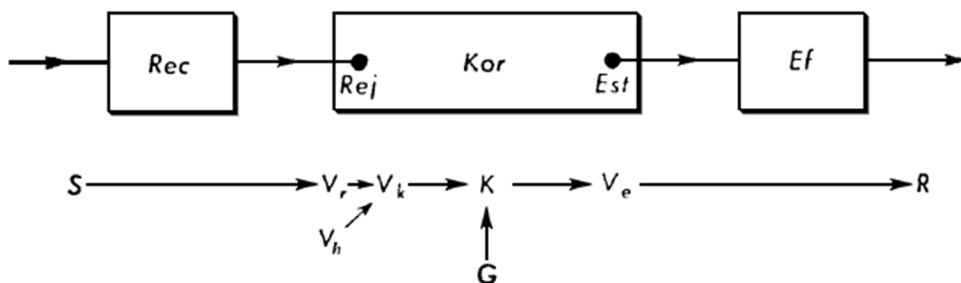
Załóżmy na razie, że potencjał refleksyjny występuje w samym rejestratorze. Wówczas potencjał korelacyjny wyrazi się wzorem

$$V_k = V_r + V_h \quad (7.4)$$

a wzór (7.2) na moc korelacyjną przybierze postać

$$K = (V_r + V_h)G \quad (7.5)$$

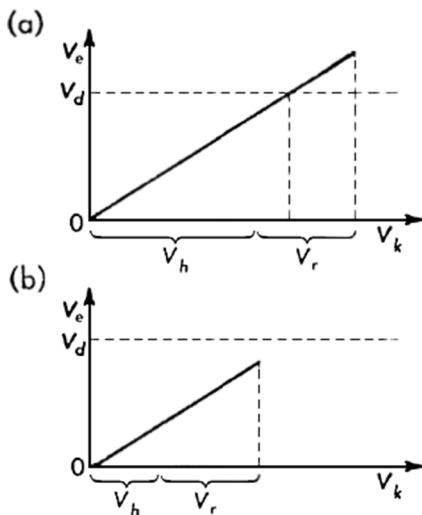
A zatem wielkości korelacyjne zaznaczone na rys. 7-2 należy uzupełnić potencjałem refleksyjnym V_h (rys. 7-7).



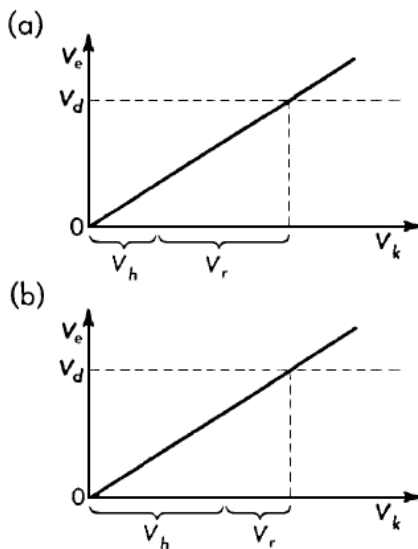
Rys. 7-7. Wielkości korelacyjne w przypadku ogólnym

Wpływ potencjału refleksyjnego na decyzje jest objaśniony na rys. 7-8. Przy dostatecznie dużym potencjale refleksyjnym potencjał korelacyjny będzie wystarczający do spowodowania decyzji (rys. 7-8a). Przy małym potencjale refleksyjnym potencjał korelacyjny może się okazać tak mały, że potencjał decyzyjny nie zostanie przekroczony, a więc decyzja nie nastąpi (rys. 7-8b). Jak widać, przez zwiększenie potencjału refleksyjnego układ samodzielny może spowodować, że oddziałujący na niego bodziec wywoła reakcję, natomiast przez zmniejszenie potencjału refleksyjnego może zapobiec wywołaniu reakcji przez ten sam bodziec. Dzięki temu układ samodzielny może wzmacniać wpływ bodźców pożądanych, a osłabiać wpływ bodźców niepożądanych.

Wprowadzanie potencjału refleksyjnego może sprawić, że reakcja nastąpi bez względu na natężenie bodźca. Taka sama decyzja może powstać zarówno przy silnym bodźcu, lecz małym potencjale refleksyjnym (rys. 7-9a), jak i przy słabym bodźcu, lecz dużym potencjale refleksyjnym (rys. 7-9b). Oznacza to, że nawet przy słabych bodźcach pożądanych układ samodzielny może spowodować reakcję. Oznacza to jednak również, że gdy układ samodzielny przeciwstawia się reakcji na bodziec niepożądany przez zmniejszanie potencjału refleksyjnego, otoczenie może mimo to wywołać reakcję przez oddziaływanie na układ samodzielny za pośrednictwem silnych bodźców.



Rys. 7–8. Wpływ potencjału refleksyjnego na decyzję



Rys. 7–9. Współzależność potencjału refleksyjnego i potencjału rejestracyjnego przy stałym potencjale korelacyjnym

Również rolę potencjału refleksyjnego można zilustrować na przykładzie regulatora temperatury. Przy określonej konstrukcji działanie regulatora przedstawionego na rys. 7–3 jest zależne wyłącznie od zmian temperatury w otaczającym powietrzu. Na przykład, jeżeli regulator jest przeznaczony do utrzymywania temperatury 200°C i odpowiednio do tego został zbudowany, to regulator ten będzie wyłączał grzejnik, ilekroć temperatura przekroczy 200°C . Gdyby użytkownik regulatora uznał w pewnej chwili, że regulator powinien utrzymywać inną temperaturę, np. 300°C , to musiałby wymienić ten regulator na inny, odpowiedni do tego celu. Może on uniknąć tego rodzaju trudności, stosując regulator nastawny (rys. 7–10). W regulatorach przemysłowych uzyskuje się nastawność przez zainstalowanie śruby nastawczej, za pomocą której można wzajemnie zbliżyć lub oddalić styki zestyku; dzięki temu przyspiesza się lub opóźnia zamknięcie bądź otwarcie zestyku.

W tym samym celu można by równie dobrze – abstrahując od dogodności praktycznego wykonania – nastawiać położenie początkowe pręta dylatacyjnego. Chodzi jedynie o dodatkowe przesunięcie (potencjał refleksyjny), które sumuje się z wydłużeniem pręta (potencjał rejestracyjny) i wpływa przez to na odległość między nasadką a zestykiem.

Aby regulator nastawny, zamiast 200°C , utrzymywał temperaturę 300°C , użytkownik powinien odsunąć pręt z nasadką na większą odległość od zestyku. Wówczas nasadka będzie mieć do przebycia dłuższą drogę, wskutek czego grzejnik pozostanie dłużej w stanie włączenia, to zaś spowoduje większy wzrost temperatury. Odsunięcie nasadki

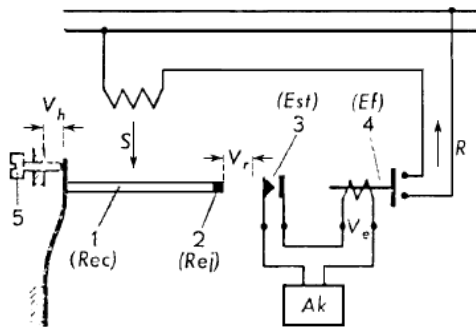
(zmniejszenie potencjału refleksyjnego) spowodowało opóźnienie zamknięcia zestyku (opóźnienie decyzji).

W skrajnym przypadku zwiększenie potencjału refleksyjnego może być tak duże, że potencjał rejestracyjny staje się zbędny. W tym przypadku reakcja trwałaby pomimo braku bodźca.

Stan taki wystąpiłby w regulatorze, gdyby użytkownik przez dosunięcie pręta z nasadką zamknął zestyk trwale. Wówczas grzejnik pozostawałby wyłączony, nawet gdyby temperatura wcale nie wzrosła, a więc nie spowodowała żadnego ruchu nasadki.

Innym skrajnym przypadkiem jest takie zmniejszenie potencjału refleksyjnego, że nawet przy bardzo dużym potencjale rejestracyjnym potencjał korelacyjny nie wystarczy do spowodowania reakcji. W tym przypadku żaden bodziec nie wywoła reakcji.

Stan taki wystąpiłby w regulatorze, gdyby użytkownik przez odsunięcie nasadki na dużą odległość uniemożliwił zamknięcie zestyku. Wówczas grzejnik pozostawałby włączony, nawet gdyby temperatura wzrosła nadmiernie.



Rys. 7–10. Korelator w postaci nastawnego regulatora temperatury
1 – prętowy czujnik temperatury; 2 – nasadka ruchoma; 3 – zestyk;
4 – wyłącznik; 5 – nastawka

Streszczając dotychczasowe rozważania nad działaniem korelatora zawierającego tylko jeden rejestrator i tylko jeden estymator można wyróżnić sześć kolejnych przebiegów, zestawionych w tabl. 7–1.

Powyższe przebiegi dotyczą najprostszego możliwego korelatora, zawierającego tylko dwa elementy korelacyjne (jeden rejestrator i jeden estymator). Układ wyposażony w taki korelator może odbierać tylko jeden rodzaj bodźca i wytwarzać tylko jeden rodzaj reakcji, a do określenia każdej występującej w nim wielkości korelacyjnej (V_r , V_h , V_k , K , V_e) wystarczy podanie jednej tylko wartości liczbowej.

Przy jednym tylko elemencie korelacyjnym nie byłoby już korelacji. W technice stosuje się często urządzenia o jednym elemencie korelacyjnym, nie mogą one jednak pracować jako regulatory. Jeżeli jedynym elementem korelacyjnym jest rejestrator, to urządzenie staje się przyrządem pomiarowym. Natomiast jeżeli jedynym elementem korelacyjnym jest estymator, to urządzenie staje się przyrządem nastawczym.

TABLICA 7–1

Zestawienie przebiegów korelacyjnych

1	$S \rightarrow V_r$	Bodziec wywołuje potencjał rejestracyjny (oddziaływanie receptora na rejestrator)
2	$V_r + V_h = V_k$	Z potencjałem rejestracyjnym sumuje się potencjał refleksyjny tworząc potencjał korelacyjny (zjawisko w rejestratorze)
3	$V_k G = K$	Iloczyn potencjału korelacyjnego przez przewodność korelacyjną tworzy moc korelacyjną (oddziaływanie rejestratora na środowisko korelacyjne)
4	$K \rightarrow V_e$	Moc korelacyjna wywołuje potencjał estymacyjny (oddziaływanie środowiska korelacyjnego na estymator)
5	$V_e > V_d$	Potencjał estymacyjny wzrasta i przekraczając potencjał decyzyjny (zjawisko w estymatorze) wywołuje decyzję
6	$V_d \rightarrow R$	Decyzja powoduje reakcję (oddziaływanie estymatora na efektor)

W korelatorze o wielu elementach korelacyjnych, tj. przy wielu rejestratorach (i takiej samej liczbie receptorów) oraz wielu estymatorach (i takiej samej liczbie efektorów) mamy do czynienia ze zbiorami bodźców i zbiorami reakcji oraz z rozkładami przestrzennymi wielkości korelacyjnych. Zbiór bodźców zostaje wykryty przez grupę receptorów, co powoduje powstanie pewnego rozkładu potencjałów rejestracyjnych w środowisku korelacyjnym. Rozkład potencjałów rejestracyjnych nakłada się na rozkład potencjałów refleksyjnych, co daje w wyniku rozkład potencjałów korelacyjnych. Przy określonym rozkładzie przewodności korelacyjnych

otrzymuje się pewien rozptył mocy korelacyjnej w środowisku korelacyjnym, który z kolei wywołuje określony rozkład potencjałów estymacyjnych. Rozkłady wszystkich wielkości korelacyjnych są funkcjami czasu, co sprawia, że przy zmianach rozkładu potencjałów estymacyjnych potencjały decyzyjne pewnych estymatorów zostaną przekroczone wcześniej, inne później, a jeszcze inne nie zostaną wcale przekroczone. W rezultacie nastąpi działanie pewnej grupy efektorów, które się przejawia jako określona grupa reakcji.

Aby uniknąć używania wielowyrazowych terminów, również przy omawianiu układów samodzielnych o wielu elementach korelacyjnych będziemy nieraz mówić krótko „potencjał” w znaczeniu „rozkładu potencjałów”, „przewodność korelacyjna” w znaczeniu „rozkładu przewodności korelacyjnej” itd.

Dla ilustracji działania układu o wielu elementach korelacyjnych przytoczymy przykład zachowania się człowieka, znajdującego się w pobliżu grzejnika, wobec nadmiernego wzrostu temperatury. Wzrost temperatury (bodziec) zostanie wykryty przez nerwy czuciowe temperatury rozmieszczone na skórze ludzkiej (receptory), wskutek czego zakończenia nerwów czuciowych temperatury (rejestratory), znajdujące się w mózgu (korelatorze) zostaną pobudzone (rejestracja). W konsekwencji zakończenia nerwów ruchowych (estymatory) w mózgu zostaną również pobudzone (estymacja). Jeżeli przy tym próg pobudzenia (potencjał decyzyjny) zostanie przekroczony (decyzja), to ręka (efektor) wykona ruch odsuwający grzejnik (reakcja), dzięki czemu temperatura w otoczeniu człowieka zostanie obniżona.

Porównując ten przykład z poprzednio przytoczonym przykładem dotyczącym regulatora temperatury łatwo zauważyć, że odpowiednikami terminów technicznych użytych przy opisie zachowania się regulatora oraz terminów fizjologicznych użytych przy opisie zachowania się człowieka są te same terminy cybernetyczne. Dla przejrzystości wszystkie terminy zostały zestawione w tabl. 7–2.

Jeżeli pominąć różnice zachowania mogące wynikać z różnicy liczb elementów korelacyjnych (np. że jedyną możliwą reakcją regulatora jest wyłączenie grzejnika, podczas gdy człowiek, oprócz odsunięcia grzejnika, ma do dyspozycji wiele innych reakcji prowadzących do tego samego celu, np. mógłby sam się odsunąć od grzejnika, otworzyć okno, lub po prostu wyłączyć grzejnik podobnie jak to robi regulator), to z zestawienia polanego w tabl. 7–2 można by wnosić o zasadniczej identyczności funkcjonalnej regulatora technicznego i organizmu.

Wniosek taki byłby jednak niesłuszny. Pozory jego słuszności stworzyliśmy przytaczając taki przykład zachowania się człowieka, w którym nie odgrywa roli potencjał refleksyjny. Do tego tematu powrócimy w rozdz. 10.

TABLICA 7–2

Techniczne, fizjologiczne i cybernetyczne terminy dotyczące zachowania się regulatora technicznego i człowieka przy regulacji temperatury otoczenia

Układ techniczny	Człowiek	Układ cybernetyczny
Wzrost temperatury	Wzrost temperatury	Bodziec
Czujnik temperatury w postaci pręta dylatacyjnego	Nerwy czuciowe	Receptor
Wydłużenie pręta dylatacyjnego	Pobudzenie nerwów czuciowych	Wykrycie bodźca
Nasadka	Zakończenie nerwów czuciowych w mózgu	Rejestrator
Przesunięcie nasadki	Pobudzenie zakończeń nerwów czuciowych w mózgu	Rejestracja
Zestyk	Zakończenie nerwów ruchowych w mózgu	Estymator
Wzrost napięcia na wyłączniku	Pobudzenie zakończeń nerwów ruchowych w mózgu	Estymacja
Przekroczenie wartości progowej napięcia	Przekroczenie progu pobudzenia	Decyzja
Wyłącznik	Ręka	Efektor
Wyłączenie grzejnika	Odsunięcie grzejnika	Reakcja

8. Rejestraty i korelaty

Przy określonym potencjale korelacyjnym moc korelacyjna rozplywa się w zależności od rozkładu przewodności korelacyjnej.

Gdyby przepływ mocy korelacyjnej nie powodował zmiany przewodności korelacyjnej, to po ustaniu przepływu mocy korelacyjnej stan sro-

dowiska korelacyjnego byłby taki sam jak przed przepływem mocy korelacyjnej. W tym przypadku pojawianie się i zanikanie bodźców nie pozostawiałoby żadnego śladu w środowisku korelacyjnym, toteż bodźce przeszłe nie miałyby żadnego wpływu na późniejsze zachowanie się układu samodzielnego.

Aby układ samodzielny mógł się sterować z wyzyskaniem informacji o bodźcach przeszłych, bodźce te muszą wywoływać zmiany w środowisku korelacyjnym. Powstawanie tych zmian stanowi rejestrację bodźców. Stany będące jej wynikiem są *rejestratami* bodźców.

Powstanie rejestratów jest możliwe tylko wtedy, gdy przepływ mocy korelacyjnej powoduje zmianę przewodności korelacyjnej.

Zmianą tą nie może być zmniejszenie przewodności korelacyjnej, wówczas bowiem, zgodnie ze wzorem (7.2), zmalałaby moc korelacyjna i stawałaby się coraz mniejsza z każdym następnym bodźcem. W rezultacie zarówno przewodność korelacyjna, jak i moc korelacyjna zmalałyby do zera, a przy przewodności korelacyjnej równej zeru układ nie mógłby reagować na żadne bodźce, czyli utraciłby w zupełności zdolność sterowania.

Wynika stąd, że przepływ mocy korelacyjnej musi powodować wzrost przewodności korelacyjnej. Z kolei, ze wzrostem przewodności korelacyjnej zwiększy się moc korelacyjna, co spowoduje dalszy wzrost przewodności korelacyjnej itd. Powstające w ten sposób sprzężenie zwrotne dodatnie nie może być rozbieżne, tzn. nie może prowadzić do coraz większych przyrostów przewodności korelacyjnej i mocy korelacyjnej, ponieważ spowodowałyby to wreszcie zniszczenie środowiska korelacyjnego, a więc i w tym przypadku układ samodzielny utraciłby zdolność sterowania.

Wobec tego wchodzi w grę jedynie taka możliwość, że przyrosty przewodności korelacyjnej i spowodowane przez nie przyrosty mocy korelacyjnej będą coraz mniejsze, czyli powstanie sprzężenie zwrotne dodatnie zbieżne, dzięki czemu przewodność korelacyjna i moc korelacyjna będą dążyć do pewnych wartości granicznych. Przyrost przewodności korelacyjnej ponad przewodność początkową, istniejącą przed pojawieniem się bodźca, jest rejestratem tego bodźca. Wskutek tego przyrostu powstanie pewien rozkład przewodności korelacyjnej; odpowiadający mu rozptył mocy korelacyjnej będziemy nazywać *korelatem* bodźca, który ten rozptył mocy korelacyjnej spowodował.

A zatem wynikiem działania bodźca jest powstanie rejestratu i korelatu tego bodźca. Rejestrat i korelat są obrazami bodźca, mającymi jednak różną trwałość.

Wraz ze zniknięciem bodźca znika potencjał rejestracyjny, moc korelacyjna przestaje płynąć (jeżeli przepływ mocy korelacyjnej nie jest podtrzymywany przez potencjał refleksyjny), znika więc korelat. Rejestrat zaczyna zanikać wskutek derejestracji, polegającej na samowyrównawczym procesie zmniejszania się przewodności korelacyjnej. Jeżeli derejestracja przebiega powoli, to dany rejestrat, jeszcze przez długi czas, choć w coraz mniejszym stopniu, będzie wywierać wpływ na rozptyw mocy korelacyjnej spowodowanej przez późniejsze bodźce.

Stosując metodę opisaną w rozdz. 2 można wyznaczyć przebieg zmian mocy korelacyjnej K i przewodności korelacyjnej G z upływem czasu.

Wskutek pojawienia się bodźca nastąpi przepływ mocy korelacyjnej K , sprawiający, że przewodność korelacyjna, początkowo równa przewodności pierwotnej G_0 , wzrośnie o ΔG , będzie więc wynosić

$$G = G_0 + \Delta G \quad (8.1)$$

Zakładając, że stosunek przyrostu przewodności korelacyjnej ΔG do przewodności G_0 jest proporcjonalny do mocy korelacyjnej K można napisać

$$\frac{\Delta G}{G_0} = \alpha K \quad (8.2)$$

skąd

$$\Delta G = G_0 \alpha K \quad (8.3)$$

Współczynnik proporcjonalności α będziemy nazywać *współczynnikiem rejestracji*.

Podstawiając wyrażenie (8.3) do wzoru (8.1) otrzymamy zależność $G = f(K)$ wyrażoną wzorem

$$G = G_0(1 + \alpha K) \quad (8.4)$$

Zgodnie z rozważaniami przedstawionymi w rozdz. 7 zależność $K = f(G)$ wyraża się wzorem

$$K = V_k G \quad (8.5)$$

Rozwiązując układ równań (8.4) i (8.5) można określić graniczną moc korelacyjną

$$K_g = \frac{V_k G_0}{1 - \alpha V_k G_0} \quad (8.6)$$

oraz graniczną przewodność korelacyjną

$$G_g = \frac{G_0}{1 - \alpha V_k G_0} \quad (8.7)$$

Dla przykładu wyznaczmy przebieg zmian mocy korelacyjnej K i przewodności korelacyjnej G za pomocą wzorów (8.4) i (8.5) określających sprzężenie między tymi wielkościami.

Przypuśćmy, że w środowisku korelacyjnym o współczynniku rejestracji $\alpha = 0,4$ i pierwotnej przewodności korelacyjnej $G_0 = 1$ pojawił się w chwili początkowej $t = 0$ bodziec trwający bez zmian i wywołujący stały potencjał korelacyjny $V_k = 2$. Podstawiając $G_0 = 1$ i $V_k = 2$ do wzoru (8.5) otrzymamy początkową moc korelacyjną $K_0 = 2$.

Następne wartości przewodności korelacyjnej G i mocy korelacyjnej K będziemy obliczać dla kolejnych cykli wzajemnych oddziaływań tych wielkości.

Dla chwili $t = 1$, podstawiając $G_0 = 1$, $\alpha = 0,4$, $K_0 = 2$ do wzoru (8.4) otrzymamy $G_1 = 1 + 0,4 \cdot 2 = 1,8$, wobec czego $K_1 = 2 \cdot 1,8 = 3,6$.

Postępując podobnie dla chwili $t = 2$ otrzymamy $G_2 = 1 + 0,4 \cdot 3,6 = 2,44$ oraz $K_2 = 2 \cdot 2,44 = 4,88$. Dla chwili $t = 3$ $G_3 = 1 + 0,4 \cdot 4,88 = 2,95$ oraz $K_3 = 2 \cdot 2,95 = 5,9$. Dla chwili $t = 4$ $G_4 = 1 + 0,4 \cdot 5,9 = 3,36$ oraz $K_4 = 2 \cdot 3,36 = 6,72$ itd. Obliczony w ten sposób przebieg zależności $G = f(t)$ jest przedstawiony na rys. 8-1.

Graniczna moc korelacyjna, zgodnie ze wzorem (8.6),

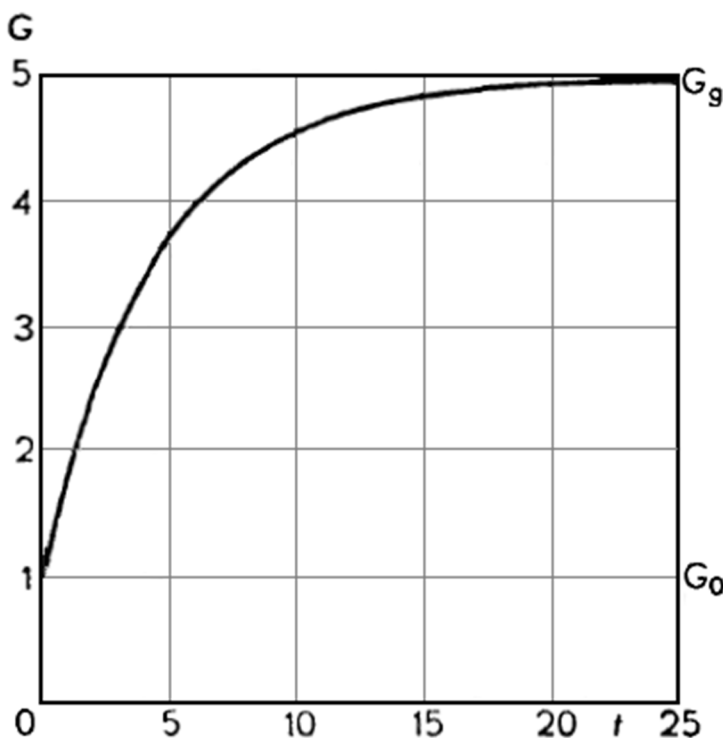
$$K_g = \frac{2}{1 - 0,4 \cdot 2} = 10$$

a graniczna przewodność korelacyjna

$$G_g = \frac{1}{1 - 0,4 \cdot 2} = 5$$

Przebieg zależności $G = f(t)$ przy rejestracji można też wyznaczać w inny sposób. Szybkość zmiany różnicy między przewodnością graniczną G_g a przewodnością aktualną G jest tym większa, im większa jest ta różnica, można więc napisać

$$d(G - G_g) = -\varepsilon_r (G - G_g) dt \quad (8.8)$$



Rys. 8-1. Przebieg rejestracji

przy czym ε_r jest współczynnikiem proporcjonalności, który będziemy nazywać *ekstynkcją rejestracyjną*.

Znak minus po prawej stronie równania oznacza, że z upływem czasu t różnica $G_g - G$ maleje.

Równanie (8.8) rozwiązuje się podobnie jak równanie (2.42)

$$\int_{G_g - G_0}^{G_g - G} \frac{d(G_g - G)}{G_g - G} = -\varepsilon_r \int_0^t dt \quad (8.9)$$

skąd

$$G = G_g - (G_g - G_0)e^{-\varepsilon_r t} \quad (8.10)$$

W chwili $t = 0$ przewodność korelacyjna jest równa przewodności pierwotnej $G = G_0$.

Gdy czas t dąży do nieskończoności, przewodność korelacyjna dąży do przewodności granicznej $G = G_g$.

Przyrównując wyrażenia (8.4) i (8.10) można znaleźć związek między współczynnikiem rejestracji α a ekstynkcją rejestracyjną ε_r :

$$G_0(1 + \alpha K) = G_g - (G_g - G_0)e^{-\varepsilon_r t} \quad (8.11)$$

Po uwzględnieniu wzoru (8.7) i wykonaniu przekształceń równanie (8.11) przybierze postać

$$e^{-\varepsilon_r t} = 1 + \alpha K - \frac{K}{V_k G_0} \quad (8.12)$$

Aby obliczyć przewodność korelacyjną, jaka wystąpi po upływie jednostki czasu, należałoby podstawić $K = V_k G_0$ do wzoru (8.4) bądź $t = 1$ do wzoru (8.10). Wartości te możemy więc podstawić do wzoru (8.12), skąd otrzymamy

$$e^{-\varepsilon_r} = \alpha V_k G_0 \quad (8.13)$$

Po uwzględnieniu wyrażenia (8.13) wzór (8.6) na graniczną moc korelacyjną przybierze postać

$$K_g = \frac{V_k G_0}{1 - e^{-\varepsilon_r}} \quad (8.14)$$

a wzór (8.7) na graniczną przewodność korelacyjną

$$G_g = \frac{G_0}{1 - e^{-\varepsilon_r}} \quad (8.15)$$

Dla danych z poprzedniego przykładu: $\alpha = 0,4$, $V_k = 2$, $G_0 = 1$ otrzymamy ze wzoru (8.13) $e^{-\varepsilon_r} = 0,8$ oraz ze wzoru (8.15) $G_g = 5$. Podstawiając powyższe dane do wzoru (8.10) otrzymamy zależność

$$G = 5 - 4 \cdot 0,8^t$$

z której wynika, że dla $t = 1$ $G_1 = 5 - 4 \cdot 0,8 = 1,8$, dla $t = 2$ $G_2 = 5 - 4 \cdot 0,8^2 = 2,44$, dla $t = 3$ $G_3 = 5 - 4 \cdot 0,8^3 = 2,95$, dla $t = 4$ $G_4 = 5 - 4 \cdot 0,8^4 = 3,36$ itd. Jak widać, otrzymaliśmy takie same wartości jak przy poprzednim obliczeniu.

Obecnie przejdziemy do wyznaczenia przebiegu zależności $G = f(t)$ przy derejestracji. Szybkość zmiany różnicy między przewodnością aktualną G (tzn. przewodnością korelacyjną określającą stan rejestratu w procesie derejestracji) i przewodnością pierwotną G_0 (do której dąży aktualna przewodność korelacyjna w procesie derejestracji) jest tym większa, im większa jest ta różnica, można więc napisać

$$d(G - G_0) = -\varepsilon_d(G - G_0)dt \quad (8.16)$$

przy czym ε_d jest współczynnikiem proporcjonalności, który będziemy nazywać *ekstynkcją derejestracyjną*.

Znak minus po prawej stronie równania oznacza, że z upływem czasu t różnica $G - G_0$ maleje.

Równanie (8.16) rozwiązuje się podobnie jak równanie (2.42)

$$\int_{G_p - G_0}^{G - G_0} \frac{d(G - G_0)}{G - G_0} = -\varepsilon_d \int_0^t dt \quad (8.17)$$

$$G = G_0 + (G_p - G_0)e^{-\varepsilon_d t} \quad (8.18)$$

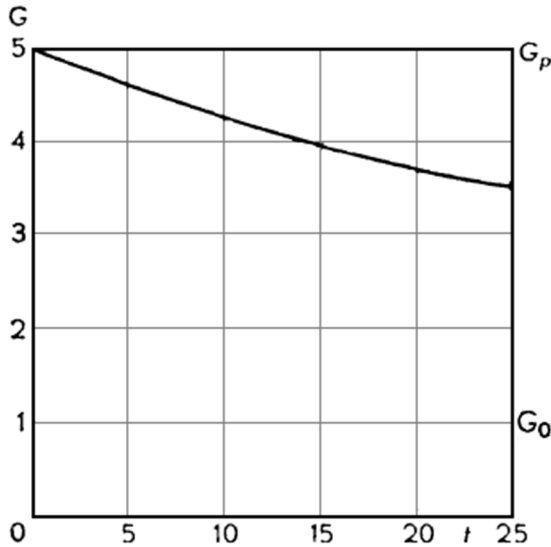
W chwili $t = 0$ przewodność korelacyjna jest równa przewodności początkowej $G = G_p$.

Gdy czas t dąży do nieskończoności, przewodność korelacyjna dąży do przewodności pierwotnej $G = G_0$.

Dla przykładu rozpatrzmy przebieg derejestracji od obliczonej poprzednio wartości przewodności granicznej $G_g = 5$ do przewodności pierwotnej $G_0 = 1$ przy takiej ekstynkcji derejestracyjnej ε_d , że po upływie jednostki czasu nadwyżka przewodności korelacyjnej ponad przewodność pierwotną maleje o 2%, czyli $e^{-\varepsilon_d} = 0,98$. Podstawiając powyższe dane do wzoru (8.18) otrzymamy zależność

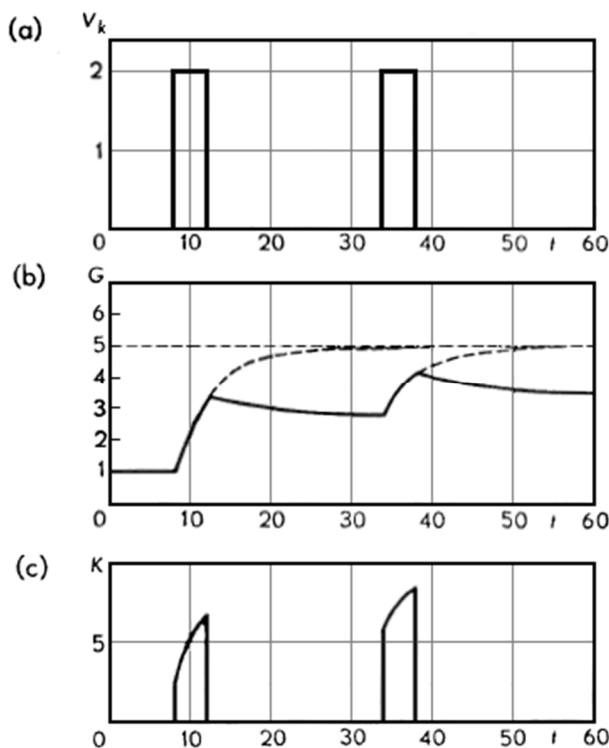
$$G = 1 + 4 \cdot 0,98^t$$

z której wynika, że dla $t = 1$ $G_1 = 1 + 4 \cdot 0,98 = 4,92$, dla $t = 2$ $G_2 = 1 + 4 \cdot 0,98^2 = 4,84$, dla $t = 3$ $G_3 = 1 + 4 \cdot 0,98^3 = 4,76$, dla $t = 4$ $G_4 = 1 + 4 \cdot 0,98^4 = 4,67$ itd. Przebieg obliczonej w ten sposób zależności $G = f(t)$ jest przedstawiony na rys. 8–2.



Rys. 8-2. Przebieg derejestracji

Z ustaniem bodźca znika potencjał rejestracyjny i moc korelacyjna przestaje płynąć (jeżeli przepływ jej nie jest podtrzymywany przez potencjał refleksyjny), kończy się więc proces rejestracji, a zaczyna proces derejestracji. Gdy w pewnej chwili taki sam bodziec pojawi się powtórnie, wówczas nastąpi znów rejestracja, a po ustaniu tego bodźca nastąpi derejestracja, itd. Na rys. 8-3 przedstawiono przykład takiego przebiegu na podstawie danych liczbowych z poprzednich obliczeń. W chwili $t = 8$ pojawił się bodziec wywołujący potencjał korelacyjny $V_k = 2$ (rys. 8-3a). Korelatem tego bodźca jest przepływ mocy korelacyjnej K , wzrastającej od 2 do 6,8 (rys. 8-3c), rejestratem zaś przyrost przewodności korelacyjnej $G - G_0$ sprawiający, że przewodność korelacyjna G wzrosła od 1 do 3,4. W chwili $t = 12$ bodziec zniknął, a wraz z nim jego korelat, rejestrat zaś wszedł w stadium derejestracji. W chwili $t = 34$, gdy wskutek derejestracji przewodność korelacyjna zmalała do 2,8, bodziec pojawił się powtórnie, a wraz z nim jego korelat w postaci mocy korelacyjnej wzrastającej od 5,6 do 8,4, w wyniku czego nastąpiła ponowna rejestracja sprawiająca, że przewodność korelacyjna wzrosła do 4,2. W chwili $t = 38$ bodziec znów zniknął, a wraz z nim jego korelat, wobec czego rozpoczęła się znów derejestracja sprawiająca, że w chwili $t = 60$ przewodność korelacyjna zmalała do 3,6.



Rys. 8–3. Bódcze (a), rejestraty (b) i korelaty (c)

Przy bardzo silnych bodźcach duża moc korelacyjna może wywołać w miejscach jej przepływu nieodwracalne zmiany środowiska korelacyjnego. Jeśli zmiany te spowodują zmniejszenie ekstynkcji derejestracyjnej ε_d , to przebieg derejestracji będzie powolniejszy.

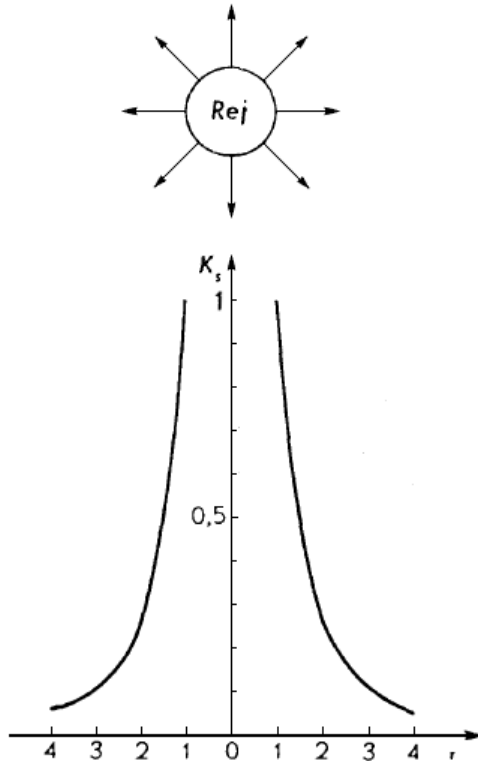
Ilustracją tych zjawisk jest długotrwałość pamiętania rozmaitych urazów psychicznych, np. wynikłych z silnego przerażenia.

(Podobnie jak nadmierne naprężenie rozciąganego drutu stalowego może spowodować przekroczenie granicy sprężystości stali, wskutek czego drut nie skurczy się do pierwotnej długości, nawet gdy działanie siły rozciągającej ustanie).

Obecnie przejdziemy do rozpatrzenia zagadnień związanych z rozkładem przewodności w środowisku korelacyjnym.

Przypuśćmy, że wskutek pojawienia się bodźca powstał potencjał rejestracyjny tylko w jednym rejestratorze. Przy równomiernym rozkładzie przewodności korelacyjnej moc korelacyjna będzie się rozprzyskać

równomiernie we wszystkich kierunkach (rys. 8–4a). Aby ułatwić sobie liczbowe ujęcie zagadnienia, przyjmijmy, że rejestrator ma kształt kuli o promieniu $r = 1$. Przypuśćmy, że moc korelacyjna rozprzyskająca się

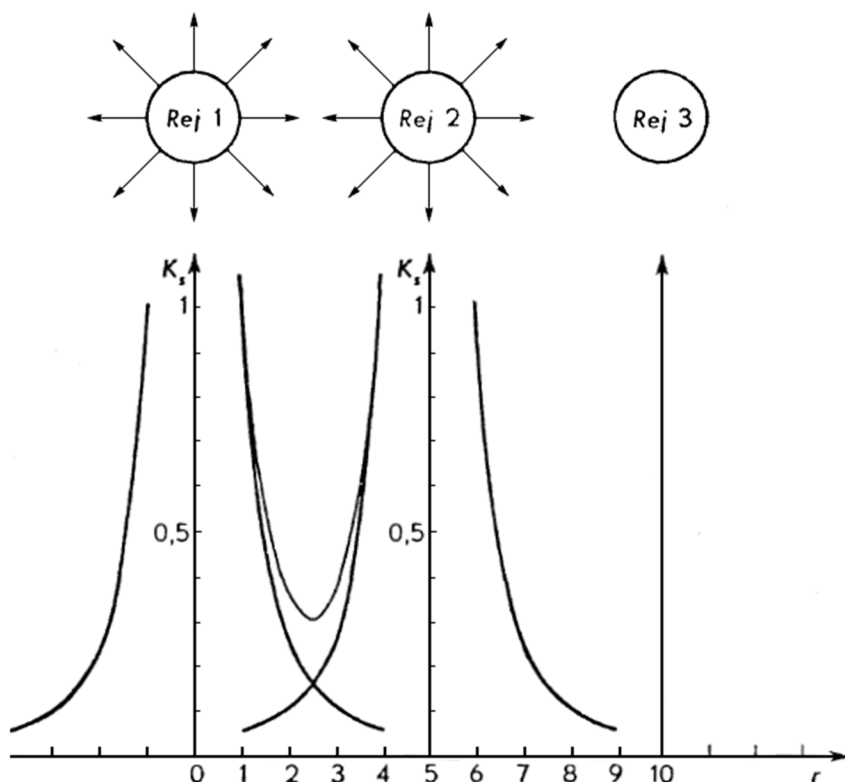


Rys. 8–4a, b. Rozkład powierzchniowej gęstości mocy korelacyjnej dla jednego rejestratora

z rejestratora ma taką wartość, że na powierzchni rejestratora stosunek mocy korelacyjnej do powierzchni, czyli gęstość powierzchniowa mocy korelacyjnej $K_s = 1$. Jeżeli wyobrazić sobie kulę współśrodkową o promieniu $r = 2$, to gęstość mocy korelacyjnej na powierzchni tej kuli będzie wynosić $K_s = 1/2^2 = 0,25$. Dla kuli o promieniu $r = 3$ otrzymalibyśmy $K_s = 1/3^2 = 0,11$, dla kuli o promieniu $r = 4$ $K_s = 1/4^2 = 0,06$ itd. Jeżeli wziąć pod uwagę, że przepływ mocy korelacyjnej powoduje wzrost przewodności korelacyjnej, to otrzymany rejestrat bodźca będzie rozkładem przewodności korelacyjnej podobnym do rozkładu gęstości mocy korelacyjnej (rys. 8–4b), a więc największy przyrost przewodności ko-

relacyjnej wystąpi w pobliżu rejestratora i będzie coraz mniejszy dla coraz większych odległości od rejestratora.

Jeżeli zamiast poprzedniego wziąć pod uwagę przypadek, gdy dwa bodźce wywołają jednakowy potencjał rejestracyjny w dwóch rejestratorach *Rej 1* i *Rej 2*, to moc korelacyjna będzie się rozptylać z każdego z nich równomiernie we wszystkich kierunkach (rys. 8–5a). W punktach położonych między rejestratorami wypadkowa gęstość mocy korelacyjnej będzie sumą gęstości mocy korelacyjnej dla poszczególnych rejestratorów,

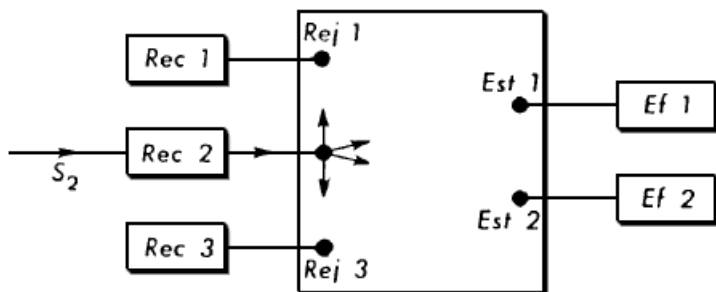


Rys. 8–5a, b. Rozkład powierzchniowej gęstości mocy korelacyjnej dla grupy rejestratorów

a więc np. w punkcie 1: $K_s = 1 + 0,06 = 1,06$, w punkcie 2: $K_s = 0,25 + 0,11 = 0,36$ itd., otrzymamy więc rozkład gęstości mocy korelacyjnej jak na rys. 8–5b. Z takich samych względów jak poprzednio można go

uważać za podobny do rozkładu przewodności korelacyjnej między rejestratorami *Rej 1* i *Rej 2*. Jak widać, otrzymuje się przewodność korelacyjną między pobudzonymi przez bodźce rejestratorami *Rej 1* i *Rej 2* większą niż między pobudzonym rejestratorem *Rej 2* i niepobudzonym rejestratorem *Rej 3*. A zatem w wyniku działania bodźców powstanie między rejestratorami *Rej 1* i *Rej 2* droga o większej przewodności korelacyjnej (zwiększonej następnie wskutek wzajemnego oddziaływania mocy korelacyjnej i przewodności korelacyjnej).

Rozpatrzmy teraz korelator zawierający kilka rejestratorów, np. *Rej 1*, *Rej 2*, *Rej 3*, i kilka estymatorów, np. *Est 1*, *Est 2* (rys. 8–6).



Rys. 8–6. Rozpylenie mocy korelacyjnej w środowisku korelacyjnym

Przypuśćmy, że pojawił się bodziec S_2 wykryty przez receptor *Rec 2*. W rejestratorze *Rej 2* powstaje potencjał rejestracyjny, pod wpływem którego moc korelacyjna rozpyla się we wszystkich kierunkach odpowiednio do rozkładu przewodności korelacyjnych, a więc dopływa także do rejestratorów *Rej 1* i *Rej 3* i do estymatorów *Est 1* i *Est 2*. Na drogach przepływu mocy korelacyjnej od rejestratora *Rej 2* do pozostałych elementów korelacyjnych następuje zwiększenie przewodności korelacyjnej, stanowiące rejestrat bodźca S_2 . Przepływ mocy korelacyjnej wywołany wzrostem potencjału rejestracyjnego w rejestratorze *Rej 2* sprawia, że wzrasta potencjał estymacyjny w estymatorach *Est 1* i *Est 2*. Jeżeli przewodności korelacyjne od rejestratora *Rej 2* do estymatorów *Est 1* i *Est 2* będą jednakowe lub niewiele się między sobą różniące, to w obu estymatorach może nastąpić przekroczenie potencjału decyzyjnego, wskutek czego wystąpią reakcje efektorów *Ef 1* i *Ef 2*.

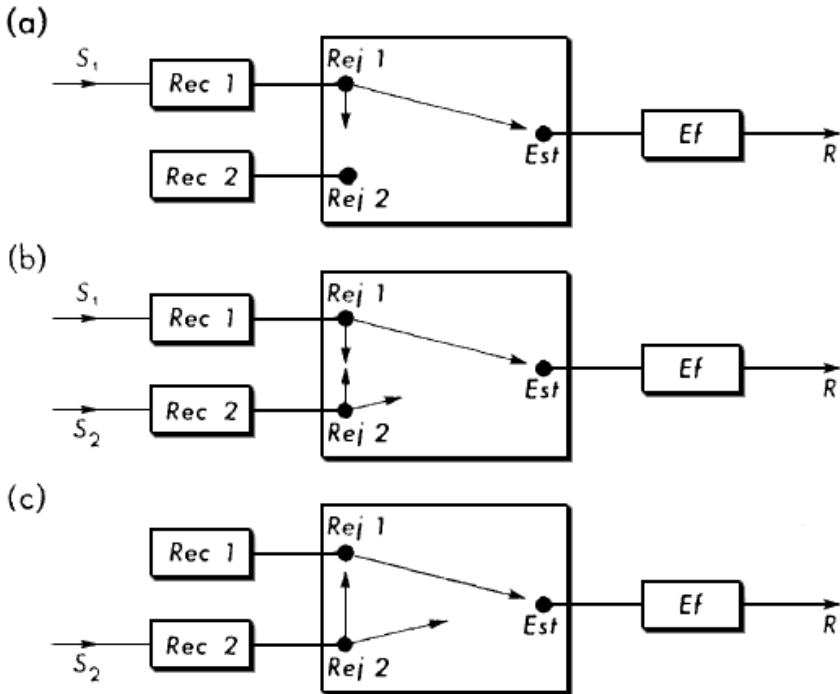
Natomiast gdy przewodność korelacyjna drogi prowadzącej do jednego z estymatorów jest większa od przewodności korelacyjnej dróg prowadzących do innych estymatorów, wówczas decyzja tego estymatora znacznie

wyprzedzi decyzje innych estymatorów. Jeżeli przy tym reakcja efektora związanego z tym estymatorem spowoduje zmniejszenie (lub usunięcie) bodźca, który tę reakcję wywołał, to moc korelacyjna zmaleje, a wówczas może w ogóle nie dojść do decyzji innych estymatorów i do reakcji związanych z nimi efektorów.

Na przykład w zachowaniu małych dzieci można zaobserwować, że jeden bodziec (np. ułknięcie) wywołuje wiele reakcji naraz (np. ruchy rąk i nóg, krzyk, płacz itp.), co można objaśnić stosunkowo znaczną równomiernością rozkładu przewodności korelacyjnej, wskutek czego prawie jednakowa moc korelacyjna dopływa do wielu estymatorów na raz, wywołując niemal równoczesne reakcje wielu efektorów. Natomiast u dorosłych reakcje są zróżnicowane, czego przyczyn można się dopatrywać w wytworzeniu się z czasem dróg o znacznie zwiększonej przewodności korelacyjnej, dzięki czemu duża moc korelacyjna dopływa do określonych estymatorów i wywołuje szybko reakcje związanych z nimi efektorów. Przypadki występowania u dorosłych wielu nieskoordynowanych reakcji na raz w chwilach silnego gniewu, śmiertelnego niebezpieczeństwa, rozpaczcy itp. objaśniają się tym, że pomimo różnic przewodności korelacyjnej różnych dróg wzrost mocy korelacyjnej przy tego rodzaju silnych przeżyciach jest tak duży i raptowny, że moc korelacyjna jest na wielu drogach wystarczająca do spowodowania decyzji estymatorów, do których te drogi prowadzą.

Obecnie rozpatrzymy wpływ współdziałania bodźców na procesy korelacji. W tym celu weźmiemy pod uwagę bardzo prosty korelator, zawierający dwa rejestratory i jeden estymator (rys. 8–7). Przypuścmy, że wskutek wcześniejszych procesów korelacyjnych przewodność korelacyjna drogi *Rej 1 – Est* jest zwiększona. Jeżeli w tym stanie pojawi się bodziec S_1 , to moc korelacyjna może być wystarczająco duża do wywołania reakcji R (rys. 8–7a). Moc korelacyjna będzie się rozptylać we wszystkich kierunkach, a więc również w kierunku *Rej 1 – Rej 2*, wskutek czego przewodność korelacyjna tej drogi wzrośnie. Przypuścmy następnie, że po pewnym czasie bodziec S_1 znów się pojawi, tym razem jednak wraz z bodźcem S_2 (rys. 8–7b). Wobec dużej przewodności korelacyjnej drogi *Rej 1 – Est* bodziec S_1 spowoduje ponownie reakcję R . Oprócz tego moc korelacyjna, rozptylająca się od rejestratora *Rej 1* we wszystkich kierunkach, będzie również płynąć w kierunku rejestratora *Rej 2*, dzięki czemu przewodność korelacyjna drogi *Rej 1 – Rej 2* jeszcze bardziej wzrośnie. Bodziec S_2 sprawi ze swej strony, że moc korelacyjna będzie płynąć od rejestratora *Rej 2* we wszystkich kierunkach a więc również w kierunku *Rej 2 – Est* i w kierunku *Rej 2 – Rej 1*, wskutek czego wzrośnie przewodność korelacyjna dróg *Rej 2 – Est* oraz *Rej 2 – Rej 1*. Występuje tu

współdziałanie bodźców S_1 i S_2 przyczyniające się do znacznego zwiększenia przewodności korelacyjnej drogi *Rej 1* – *Rej 2* w sposób objaśniony na rys. 8–5. Przypuśćmy teraz, że w pewien czas po zniknięciu bodźców S_1 i S_2 pojawi się tylko sam bodziec S_2 (rys. 8–7c). Wówczas moc ko-



Rys. 8–7. Powstawanie skojarzeń

relacyjna popłynie głównie po drodze *Rej 2* – *Rej 1* – *Est*, jeżeli się okaże, że przewodność korelacyjna tej składowej drogi jest większa niż przewodność korelacyjna drogi bezpośredniej *Rej 2* – *Est* (można tego oczekiwać z takich samych względów, z jakich na rys. 8–5 przewodność korelacyjna między rejestratorami *Rej 1* i *Rej 2* będzie większa niż między rejestratorami *Rej 2* i *Rej 3*). Jak widać, bodziec S_2 może spowodować reakcję dzięki uprzedniemu działaniu bodźca S_1 . Skutek jest więc taki sam, jak gdyby zamiast bodźca S_2 pojawił się znów bodziec S_1 .

Związek między bodźcami polegający na tym, że dzięki wzrostowi przewodności korelacyjnej między rejestratorami każdy z tych bodźców mógłby spowodować taką samą reakcję będziemy nazywać *skojarzeniem*

bodźców; przyrost przewodności korelacyjnej między rejestratorami, wywołujący skojarzenie bodźców, będziemy nazywać *rejestratem skojarzenia*. Na podstawie przebiegów przedstawionych na rys. 8–3 łatwo uzasadnić, że takie samo skojarzenie może powstać zarówno przy jednorazowym współdziałaniu silnych bodźców, jak i przy wielokrotnym współdziałaniu słabych bodźców.

W odstępach czasu, w których nie pojawia się żaden ze skojarzonych bodźców, zachodzi zmniejszanie się przewodności korelacyjnej między rejestratorami, czyli derejestracja skojarzenia. Gdy w korelatorze przedstawionym na rys. 8–7 przewodność korelacyjna drogi *Rej 1 – Rej 2* zbyt mało maleje, wówczas bodziec S_2 nie zdoła już wywołać reakcji.

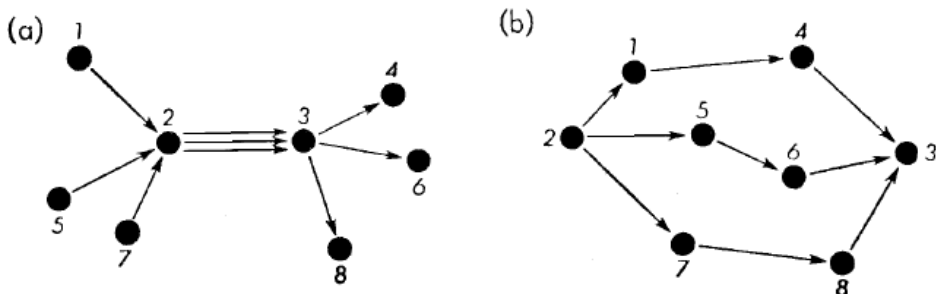
Do powstawania skojarzeń nie jest konieczne jednoczesne występowanie bodźców. Nawet jeżeli bodźce S_1 i S_2 (rys. 8–7) będą się pojawiać kolejno zamiast jednocześnie, to rozplływ mocy korelacyjnej z rejestratora *Rej 1* przyczyni się do zwiększenia przewodności korelacyjnej wokół tego rejestratora, a więc i na drodze do rejestratora *Rej 2*, ale podobnie rozplływ mocy korelacyjnej z rejestratora *Rej 2* przyczyni się do zwiększenia przewodności korelacyjnej wokół tego rejestratora, a więc i na drodze do rejestratora *Rej 1*. Dzięki temu najbardziej wzrośnie przewodność korelacyjna między rejestratorami *Rej 1* i *Rej 2*, powstanie więc skojarzenie bodźców S_1 i S_2 .

W taki właśnie sposób powstają domniemania co do przyczyn i skutków, zarówno gdy chodzi o poglądy naukowe, jak i rozmaite przesady. Uczony, analizując wyniki obserwacji naukowych, kojarzy je nie tylko z faktami towarzyszącymi, lecz i poprzedzającymi te obserwacje. Detektyw tropiący przestępcę przeprowadza wywiad również co do okoliczności poprzedzających przestępstwo. Gdy w parę miesięcy po ukazaniu się komety wybuchnie wojna, przesądni są skłonni traktować ukazanie się komety jako zapowiedź wojny. Gdy w jakiejś wsi nagle umrze dziecko, łatwo u nieoświeconych mieszkańców o przeświadczenie, że „urzekła” je obca starucha, która przechodziła tamtędy poprzedniego dnia; na podstawie skojarzeń bodźców niejednoczesnych odbywała się większość samosądów nad „czarownicami”. Tu również jest źródło wielu pomyłek sądowych, do których doszło w myśl starorzymskiej maksymy, że późniejsze jest skutkiem wcześniejszego („post hoc ergo propter hoc”).

Do skojarzeń bodźców niejednoczesnych nie dochodzi, gdy między bodźcami upływu czas tak długi, że rejestrat wcześniejszego bodźca zdąży w znacznym stopniu ulec derejestracji.

Jedynym warunkiem powstawania skojarzeń jest dostatecznie duży wzrost przewodności korelacyjnej między rejestratorami, bez względu na to, jak do tego doszło.

Obecnie rozpatrzmy bardziej złożone przypadki skojarzeń. Przypuśćmy, że na układ samodzielny podziałało osiem bodźców złożonych, które zostały wykryte przez odpowiednie osiem grup receptorów, co spowodowało wystąpienie potencjału rejestracyjnego w ośmiu grupach rejestratorów połączonych z tymi receptorami (na rys. 8-8 potraktowano te grupy rejestratorów jako rejestratory elementarne i oznaczono numerami od 1 do 8), przy czym najpierw pojawiła się grupa bodźców, która wywołała skojarzenia 1-2, 2-3, 3-4, następnie grupa bodźców, która wywołała skojarzenia 5-2, 2-3, 3-6. i wreszcie grupa bodźców, która wywołała skojarzenia 7-2, 2-3, 3-8. Rejestratorami wszystkich tych skojarzeń są zwiększone przewodności korelacyjne dróg łączących odpowiednie rejestratory, zaznaczonych na rys. 8-8a.



Rys. 8-8. Niezależność powstawania skojarzeń od rozmieszczenia rejestratorów

Największą przewodność korelacyjną uzyska droga między rejestratorami 2 i 3, gdyż przepływ mocy korelacyjnej odbywał się na tej drodze trzykrotnie, za każdym razem zwiększając jej przewodność korelacyjną, podczas gdy na pozostałych drogach występował tylko jednokrotny przepływ mocy korelacyjnej. Następująca potem derejestracja sprawi, że z upływem czasu znikną najpierw rejestraty skojarzeń na drogach o jednokrotnym przepływie mocy korelacyjnej, a więc o małym wzroście przewodności korelacyjnej, natomiast najdłużej przetrwa rejestrat skojarzenia 2-3.

Na rys. 8-8a dobraliśmy przypadek dość szczególny, gdy najczęściej występujące skojarzenie dotyczyło rejestratorów 2 i 3 najmniej od siebie oddalonych. Aby uniknąć takiej szczególności, przypuśćmy, że rejestratory

są rozmieszczone zupełnie inaczej, a mianowicie tak, że rejestratory 2 i 3 są od siebie najbardziej odległe (rys. 8–8b). Tym razem na wszystkich drogach występował tylko jednokrotny przepływ mocy korelacyjnej, a więc na żadnej z nich wzrost przewodności korelacyjnej nie będzie szczególnie duży. Jednakże rejestratory 2 i 3 są połączone ze sobą nie jedną lecz trzema drogami, wobec czego przewodność korelacyjna między tymi rejestratorami będzie sumą przewodności korelacyjnej poszczególnych dróg. Wskutek tego, gdy w miarę derejestracji przewodności korelacyjne każdej z tych dróg z osobna zmaleją, to jednak suma ich pozostanie odpowiednio większa, a więc i tym razem najdłużej przetrwa rejestrat skojarzenia 2-3.

Jak widać, bez względu na rozmieszczenie rejestratorów najtrwalszy jest rejestrat skojarzenia między najczęściej występującymi bodźcami. Dzieje się tak dzięki temu, że przy małej odległości skojarzonych rejestratorów łączy je niewiele dróg o dużej przewodności korelacyjnej, a przy dużej odległości łączy je wiele dróg o małej przewodności korelacyjnej, a więc przy każdym rozmieszczeniu rejestratorów przewodność korelacyjna między wielokrotnie skojarzonymi rejestratorami jest znaczna.

Omówione zjawiska są podstawą tworzenia się pojęć ogólnych. Objaśnimy to ilustrując konkretnymi danymi rozpatrzony powyżej przykład abstrakcyjny. Przypuśćmy, że ktoś obserwował trzy domy I, II, III, i stwierdził, że miały one następujące cechy (w nawiasach podajemy numerację nawiązującą do rys. 8–8a i 8–8b):

dom I: płaski (1) dach (2) i ściany (3) szare (4),

dom II: pochyły (5) dach (2) i ściany (3) żółte (6),

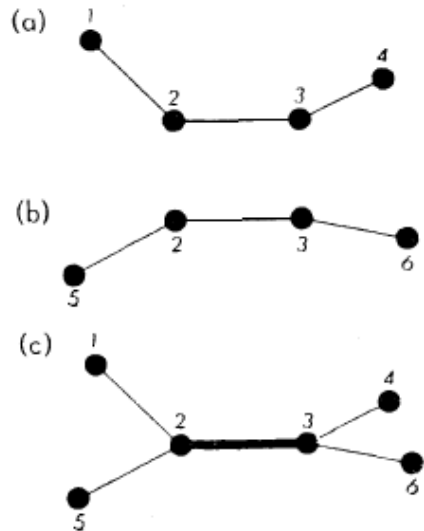
dom III: wypukły (7) dach (2) i ściany (3) białe (8).

Występują tu różne barwy ścian i różne kształty dachów poszczególnych domów, ale wspólnymi cechami wszystkich domów były ściany i dach. Jednorazowe skojarzenia z barwami i kształtami ulegają szybciej derejestracji, natomiast wielokrotne skojarzenie ściany – dach ma rejestrat znacznie trwalszy i coraz bardziej utrwalany późniejszym widokiem rozmaitych innych domów. Jest to przyczyną traktowania ścian i dachu jako cech domu „w ogóle”, należących do „idei” domu. Stąd też zapewne pochodzi złudzenie tych filozofów, których zdaniem obok konkretnej rzeczywistości „istnieją” niezależne od niej wieczne „idee”. Tymczasem „idee” są to po prostu szczątkowe informacje zawarte w najtrwalszych rejestratach, przy czym żaden z nich nie jest trwalszy niż korelator, w którym te rejestraty powstały.

Rozpływ mocy korelacyjnej po drogach, których przewodność korelacyjna stanowi rejestrat skojarzenia, będziemy nazywać *korelatem skojarzenia*.

W celu rozpatrzenia związków między rejestratami i korelatami skojarzeń powróćmy do spraw przedstawionych na rys. 8–8. Przypuśćmy, że

w środowisku korelacyjnym o równomiernie rozłożonej pierwotnej przewodności korelacyjnej, a więc nie zawierającym jeszcze żadnych rejestratów, pewien złożony bodziec I wywołał skojarzenia 1-2, 2-3, 3-4 (rys. 8–9a); zwiększona przewodność korelacyjna drogi 1-2-3-4 jest rejestratem tych skojarzeń (rejestratem bodźca I), a moc korelacyjna płynąca po tej drodze jest ich korelatem (korelatem bodźca I). Z kolei przypuścmy, że zamiast bodźca I pojawił się złożony bodziec II, który wywołał skojarzenia 5-2, 2-3, 3-6 (rys. 8–9b); podobnie jak dla bodźca I powstałyby rejestrat bodźca II i korelat bodźca II. Jeżeli jednak bodziec II pojawi się nie zamiast, lecz po bodźcu I, to w środowisku korelacyjnym zostanie on już rejestrat bodźca I (o przewodności korelacyjnej zmniejszonej wskutek derejestracji występującej w czasie, jaki upłynął między bodźcem I i bodźcem II). Wskutek tego następstwem bodźca II będzie rejestrat skojarzeń 1-2, 5-2, 2-3, 3-4, 3-6 (rys. 8–9c), przy czym wzrost przewodności korelacyjnej na drodze 2-3, wywołany poprzednio przez bodziec I, zostanie obecnie dodatkowo zwiększony przez bodziec II. Również moc korelacyjna będzie płynąć drogami zaznaczonymi na rys. 8–9c, powstanie więc korelat skojarzeń 1-2, 5-2, 2-3, 3-4, 3-6. A zatem następstwem bodźca II nie będzie rejestrat i korelat bodźca II (rys. 8–9b), lecz łączny rejestrat bodźców I i II oraz łączny korelat bodźców I i II (rys. 8–9c). Gdyby po pewnym czasie pojawił się bodziec III wywołujący skojarzenia 7-2, 2-3, 3-8, wówczas w wyniku powstałyby łączny rejestrat bodźców I, II, III oraz łączny korelat bodźców I, II, III. Od łącznego korelatu zależy, jakie zadziałają estymatory i efekторы. Oznacza to, że zachowanie się układu samodzielnego jest reakcją nie na ostatni bodziec, lecz łącznie na wszystkie bodźce, jakie oddziaływały na ten układ od początku jego egzystencji aż do chwili wystąpienia rozpatrywanej reakcji. Rola ostatniego bodźca jest w tym



Rys. 8–9. Nakładanie się rejestratów skojarzeń

o tyle większa, że rejestraty poprzednich bodźców zdążyły w pewnym stopniu ulec derejestracji.

Przebieg tych procesów w czasie można opisać następująco: bodziec I wywołał korelat I i rejestrat I, przy czym ze zniknięciem bodźca I zniknął korelat I, pozostał zaś rejestrat I ulegający stopniowo derejestracji, następnie bodziec II wywołał korelat I–II i spowodował przekształcenie rejestratu I w rejestrat I–II, przy czym ze zniknięciem bodźca II zniknął korelat I–II, pozostał zaś rejestrat I–II ulegający stopniowo derejestracji; i wreszcie bodziec III wywołał korelat I–II–III i przekształcił rejestrat I–II w rejestrat I–II–III, przy czym ze zniknięciem bodźca III zniknął korelat I–II–III, pozostał zaś rejestrat I–II–III ulegający stopniowo derejestracji itd.

W języku potocznym bywa używany wyraz „wrażenie” w znaczeniu doznawania bodźców aktualnych i wyraz „wyobrażenie” w znaczeniu doznawania bodźców, których wprawdzie aktualnie nie ma, ale były lub mogłyby być. Na przykład, można narysowany trójkąt rzeczywiście widzieć (odbierać wrażenie trójkąta) lub go sobie – nie widząc – wyobrazić (mieć wyobrażenie trójkąta). Można też odbierać wrażenia pewnych cech jakiegoś przedmiotu, a wyobrażać sobie inne cechy tego przedmiotu, np. widzieć cytrynę a wyobrażać sobie jej smak. Przy takim rozróżnieniu wrażeniem jest korelat odpowiadający rejestratowi aktualnych bodźców, wyobrażeniem zaś korelat odpowiadający rejestratowi bodźców nie tylko aktualnych, lecz także już zanikłych. Zgodnie z tym rozptył mocy korelacyjnej z rejestratora *Rej 1* na rys. 8–7a jest wyobrażeniem aktualnego bodźca S_1 , a rozptył mocy korelacyjnej z rejestratora *Rej 1* na rys. 8–7c jest wyobrażeniem zanikłego bodźca S_1 ; ilustracją tego jest przykład, gdy dziecko otrzymujące zastrzyk odpycha (reakcja *R*) rękę z klującą (bodziec S_1) je strzykawką pod wpływem wrażenia ukłucia (korelat bodźca aktualnego S_1), a za następnym razem robi to (powtórna reakcja *R*) nawet na sam widok (bodziec aktualny S_2) strzykawki pod wpływem wyobrażenia ukłucia (korelat zanikłego bodźca S_1).

W związku z rozważaniami nad rejestratami i korelatami nasuwa się też wniosek, że procesy zapamiętywania i zapomniania oraz powstawania wrażeń i wyobrażeń odbywają się nie w zakończeniach nerwów (rejestratorach), lecz w substancji znajdującej się między nimi (środoiwisku korelacyjnym).

Proces zwany „uczeniem się” (powstawaniem odruchów warunkowych) polega na powstawaniu rejestratów skojarzeń. Można w związku z tym rozróżnić trojakiego rodzaju uczenie się.

Jeden z nich jest oparty na rejestratkach powstających między rejestratorami (np. gdy w doświadczeniach Pawłowa pies nauczył się kojarzyć widok mięsa z odgłosem dzwonka).

Drugi rodzaj uczenia się jest oparty na rejestratkach powstających między rejestratorami a estymatorami (np. gdy szczur zamknięty w klatce nauczył się, że naciskając dźwignię może odsunąć przegrodę dzielącą go od kawałków słoniny). Ten rodzaj uczenia się wiąże się z korelacją w obiegu refleksyjno-reakcyjnym, o którym będzie mowa w rozdz. 10.

I wreszcie, trzeci rodzaj uczenia się polega na rejestratach powstających między estymatorami (np. gdy automobilista nauczył się dawać sygnał kierunkowy przy skręcaniu w poprzeczną ulicę).

Jak widać, istnieją nie dwa (dotychczas brano pod uwagę tylko pierwszy i drugi), lecz trzy rodzaje skojarzeń. Co więcej, można twierdzić, że jest ich tylko trzy, gdyż wyczerpują one wszystkie możliwe kombinacje.

Współzależność przewodności korelacyjnej i mocy korelacyjnej sprawia, że rejestraty umożliwiają powstawanie korelatów, a z kolei korelaty wywołują nowe rejestraty, które umożliwiają powstawanie nowych korelatów itd. Dzięki temu mogą powstawać nie tylko korelaty odpowiadające dokładnie rejestratom rzeczywiście występujących bodźców (rys. 8–4), lecz także korelaty wytwarzające rejestraty nowych skojarzeń rzeczywiście występujących bodźców (skojarzenie *Rej 1 – Rej 2* na rys. 8–5).

W wyobrażeniach występujących w twórczości artystycznej i naukowej oryginalność dzieła sztuki czy koncepcji naukowej polega jedynie na nowości samych skojarzeń między znanymi już twórcom bodźcami. Tak na przykład, powieściopisarz wyposaża bohatera swojej powieści w znane sobie cechy zebrane z różnych osób; nawet w powieściach fantastycznych niespotykane w przyrodzie istoty są zbiorem skojarzeń między znanymi powieściopisarzowi elementami, jak np. kształty, barwy itp. Podobnie odkrycie prawidłowości w zjawiskach będących przedmiotem badań naukowych jest wynikiem nowego skojarzenia znanych uczonemu elementów.

Dzięki rejestratom skojarzeń mogą powstawać również takie korelaty, których nie mógłby już wywołać bezpośrednio żaden bodziec, np. z powodu trwałego uszkodzenia odpowiednich receptorów.

Wydaje się, że można tym objaśnić znane fakty odczuwania złudnego bólu w nieistniejącej już (np. amputowanej) nodze. Odcięcie nogi spowodowało usunięcie znajdujących się w niej receptorów, ale odpowiadające im rejestratory pozostały w środowisku korelacyjnym, toteż związane z nimi wytworzone uprzednio rejestraty nadal umożliwiają powstawanie takich samych korelatów, jak gdyby noga nie została odcięta.

Rozpływ mocy korelacyjnej pod wpływem jakiegoś bodźca, występujący w pobliżu rejestratu innego, wcześniejszego bodźca, może wywoływać wzrost przewodności korelacyjnej wyrównujący rozkład przewodności korelacyjnej w miejscach łączących rejestraty obydwu bodźców, co powoduje szybsze zanikanie rejestratu poprzedniego bodźca, niżby to było możliwe w wyniku samej tylko derejestracji z upływem czasu.

Do bezpośredniego wyzyskania przy sterowaniu się układów samodzielnych służą korelaty. Rejestraty odgrywają tu rolę pośrednią, są bo-

wiem niezbędne w powstawaniu korelatów; same rejestraty, bez korelatów, nie umożliwiałyby sterowania się układów samodzielnych.

W związku z tym trzeba rozróżniać dwie przyczyny uniemożliwiające sterowanie się układu samodzielnego z powodu braku korelatów.

Jedną z tych przyczyn jest derejestracja. Zanik rejestratu jakiegoś bodźca sprawia, że nie będzie mógł powstać korelat tego bodźca, a więc układ samodzielny będzie pozbawiony możliwości wykorzystywania swoich przeszłych doświadczeń w odniesieniu do tego bodźca.

Drugą przyczyną jest brak korelatu pomimo trwania rejestratu. Możliwość taka występuje w przypadku, gdy jakiś nowy bodziec spowoduje odpływ mocy korelacyjnej w inne miejsca środowiska korelacyjnego, bądź w przypadku gdy moc korelacyjna w ogóle przestaje płynąć w korelatorze wskutek nadmiernego zmniejszenia się potencjału korelacyjnego. Odpływ mocy korelacyjnej z obszaru danego rejestratu (zarówno w przypadku przepływu mocy korelacyjnej do innego obszaru, jak i w przypadku jej zaniku) będziemy nazywać *detrakcją*.

Odpowiednio do powyższych dwóch przyczyn braku korelatu można wymienić dwa sposoby przywracania korelatów.

Usunięcie skutków derejestracji jest możliwe przez przywrócenie rejestratu, a więc przez ponowną rejestrację, do czego niezbędne jest ponowne pojawienie się bodźca.

Usunięcie skutków detrakcji jest możliwe przez *retrakcję*, czyli spowodowanie dopływu mocy korelacyjnej do obszaru danego rejestratu.

Z zagadnieniami omawianymi w tym rozdziale wiąże się wiele nazw używanych w języku potocznym i w psychologii, jak np. pamięć, pamiętanie, zapominanie, przypominanie. Pomimo że rozpowszechniły się one (zwłaszcza wyraz „pamięć”) również w technice maszyn matematycznych i automatyce, żadnego z nich nie użyliśmy w przedstawionej tu teorii, a to z powodu ich wieloznaczności.

Tak na przykład, w konkretnych przypadkach użycia wyrazu „pamięć” można spotkać następujące jego znaczenia: a) utrwalone informacje, b) zdolność do utrwalania informacji, c) organ do utrwalania informacji, a sprawę jeszcze bardziej pogarszają niejasności w każdym z tych znaczeń. Na przykład, gdy ktoś mówi: „pamiętam, że było to tak”, wówczas chodzi o pamięć w znaczeniu rejestratów wraz z korelatami, natomiast gdy się o kimś mówi, że „pamięta swoje ciężkie dzieciństwo”, wówczas chodzi o pamięć tylko w znaczeniu rejestratów. W określeniu, że ktoś „ma dobrą pamięć”, nie wiadomo, czy chodzi o dokładność rejestracji, czy o powolność derejestracji, czy też o zgodność między rejestratami a związanymi z nimi późniejszymi korelatami. Nie wiadomo też, czy „pamięć” jako organ, to korelator czy tylko zespół rejestratorów.

Wyraz „zapominanie” jest dwuznaczny; bywa on używany w znaczeniu derejestracji (zanikania rejestratu) oraz w znaczeniu detrakcji (zanikania korelatu); na przykład, zapomnienie rysów twarzy dawno nie widzianej osoby jest derejestracją, natomiast zapomnienie, o czym się mówiło przed chwilą, jest detrakcją. Typowym objawem detrakcji jest roztargnienie; różni się ono zasadniczo od zapomnienia polegającego na derejestracji.

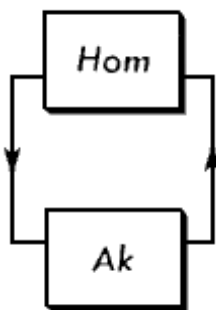
Analogicznie dwuznaczny jest wyraz „przypominanie”, używany w znaczeniu ponownej rejestracji (przywrócenia rejestratu) oraz w znaczeniu retrakcji (przywrócenia korelatu); na przykład, przypomnienie sobie rysów zapomnianej twarzy przez ponowne jej zobaczenie jest ponowną rejestracją, natomiast przypomnienie sobie tematu przerwanej przed chwilą rozmowy przez wykorzystanie skojarzeń (np. przez odtworzenie początku rozmowy) jest retrakcją.

9. Motywacja

W rozdziale 7 wskazaliśmy na to, że wprowadzenie potencjału refleksyjnego do korelatora umożliwia układowi samodzielniemu wpływaniu na proces korelacji, a przez to na decyzje i reakcje. Nasuwa się pytanie, co jest źródłem potencjału refleksyjnego i jakie przyczyny mogą wywoływać zmiany tego potencjału.

Aby układ samodzielny mógł utrzymywać swoją strukturę pomimo zachodzących w nim przebiegów samowyrównawczych i oddziaływania otoczenia, musi on mieć zdolność sterowania się, ale aby móc się sterować, musi utrzymywać swoją umożliwiającą mu to strukturę. Taki zamykający się krąg współzależności może występować w przypadku, gdy jedne procesy samowyrównawcze przeciwdziałają innym, dzięki czemu każdy z nich utrzymuje się w określonych granicach, czyli gdy ich wzajemne powiązanie zapewnia możliwie dużą stabilizację parametrów, tj. utrzymywanie równowagi funkcjonalnej układu. Organem działającym na zasadzie takiego wzajemnego powiązania procesów samowyrównawczych, a przez to utrzymującym równowagę funkcjonalną, jest homeostat (rozdz. 4). Spełnianie tego zadania musi polegać na regulacji procesów energetycznych układu, z jednej bowiem strony zachodzi konieczność przeciwdziałania nadmiernym lokalnym koncentracjom energii mogącym doprowadzić do nieodwracalnych przemian tworzywa, a więc i struktury układu, z drugiej zaś utrzymywanie pewnych koncentracji energii jest potrzebne do wywoływania procesów regulacyjnych. W związku z tym konieczne jest

sprężenie homeostatu z akumulatorem (rys. 9–1). Nadmierne koncentracje energii wywołują oddziaływanie akumulatora na homeostat, a z kolei oddziaływanie homeostatu na akumulator prowadzi do zmniejszenia nadmiernych koncentracji energii.



Rys. 9–1.
Sprężenie
homeostatu
z akumulatorem

W każdej chwili stan energetyczny układu jest określony rozmaitymi parametrami fizycznymi (jak np. temperatura, ciśnienie itp.). Gdyby zmiany tych parametrów nie powodowały nieodwracalnych przemian tworzywa, z którego układ jest utworzony, to działanie homeostatu powodowałoby fluktuacje struktury układu względem pewnej niezmienniej struktury odpowiadającej równowadze funkcjonalnej układu. W rzeczywistości wszystkie przemiany tworzywa, a więc i struktury układu, są mniej lub więcej nieodwracalne, wskutek czego równowaga funkcjonalna układu zmienia się pomimo działania homeostatu. W związku z tym zadanie homeostatu można ściślej określić jako utrzymywanie zmian parametrów układu w

zakresie, w którym nieodwracalność przemian tworzywa jest najmniejsza. Ponieważ nieodwracalności przemian tworzywa nie można uniknąć, więc egzystencja układu samodzielnego będzie ciągłym przechodzeniem do coraz to innych stanów równowagi funkcjonalnej, aż do chwili, gdy układ samodzielny nie zdoła już utrzymać równowagi funkcjonalnej i ulegnie dezorganizacji. Zadaniem homeostatu jest ten proces jak najbardziej opóźnić.

Równowaga funkcjonalna układu samodzielnego może być zakłócona zarówno przez bodźce wewnętrzne (np. wyładowywanie się akumulatora bez dostatecznego doładowywania), jak i zewnętrzne (np. pod wpływem zewnętrznych sił mechanicznych, nadmiernego wzrostu temperatury otoczenia itp.).

Do przywracania równowagi funkcjonalnej przez usuwanie zakłóceń w akumulatorze prowadzi współdziałanie homeostatu z akumulatorem.

Przy zbyt silnych zakłóceniach może się jednak okazać, że zdolność homeostatu do przywracania równowagi funkcjonalnej jest niewystarczająca, wobec czego nastąpiłoby przerwanie egzystencji układu samodzielnego. Układ może temu zapobiec usuwając w otoczeniu źródło za-

klóceń. Do tego celu konieczne są odpowiednie reakcje układu samodzielnego, to zaś wymaga udziału korelatora. Wynika stąd konieczność takiego oddziaływania homeostatu na korelator, które by sprawiało, że proces korelacji doprowadzi do reakcji usuwających źródło zakłóceń.

Z okoliczności, że na proces korelacji można wpływać wprowadzając potencjał refleksyjny, wynika, że źródłem potencjału refleksyjnego powinien być homeostat. A zatem oddziaływanie homeostatu na korelator musi polegać na zmianach potencjału refleksyjnego. Oddziaływanie homeostatu na korelator będziemy nazywać *refleksją*.

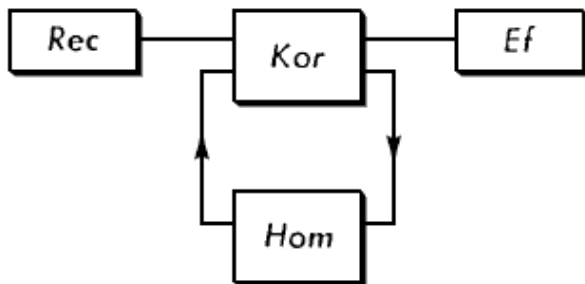
Gdyby w procesie korelacji nie występował potencjał refleksyjny, lecz tylko sam potencjał rejestracyjny, czyli gdyby nie było oddziaływania homeostatu na korelator, to przy określonym stanie środowiska korelacyjnego reakcja byłaby wyznaczona przez bodziec, czyli zachowanie się układu samodzielnego byłoby wymuszone przez otoczenie. Mogłoby się przy tym równie dobrze okazać, że powstanie reakcja zmniejszająca zakłócenia równowagi funkcjonalnej układu samodzielnego, czyli *reakcja korzystna*, jak też że będzie to reakcja zwiększająca te zakłócenia, czyli *reakcja niekorzystna*.

Gdy proces korelacji zmierza do wywołania reakcji niekorzystnej, homeostat powinien zmniejszać potencjał refleksyjny, aby zapobiec decyzji prowadzącej do takiej reakcji, czyli powinna wystąpić *refleksja osłabiająca*.

Natomiast gdy proces korelacji zmierza do wywołania reakcji korzystnej, potencjał refleksyjny powinien wzrastać, aby nastąpiło przyspieszenie decyzji prowadzącej do takiej reakcji, czyli powinna wystąpić *refleksja wzmacniająca*.

Skoro okoliczność, czy refleksja ma być osłabiająca czy wzmacniająca, jest uzależniona od przebiegu korelacji, to oprócz oddziaływania homeostatu na korelator konieczne jest również oddziaływanie korelatora na homeostat. Oddziaływanie korelatora na homeostat będziemy nazywać *emocją*.

W sprzężeniu homeostatu z korelatorem (rys. 9–2) korelacja powinna wywoływać takie oddziaływanie korelatora na homeostat (emocja), żeby z kolei oddziaływanie homeostatu na korelator (refleksja) wywoływało w procesie korelacji zmiany prowadzące do reakcji korzystnych, a zapobiegające reakcjom niekorzystnym dla układu samodzielnego. Proces powstawania takich zmian będziemy nazywać *motywacją*.



Rys. 9–2. Sprzężenie homeostatu z korelatorem

W użyciu sformułowania, że działanie homeostatu powinno być refleksją wzmacniającą bądź osłabiającą w zależności od tego, czy korelacja zmierza do reakcji korzystnej czy też niekorzystnej, nie należy się dopatrywać przypisywania homeostatowi „zdolności przewidywania” faktów przyszłych (jako że dopiero w przyszłości okaże się, czy reakcja będzie korzystna czy też niekorzystna), do których mógłby on dostosować swoje działanie teraźniejsze; co więcej, fakty te mogą nawet wcale nie nastąpić, gdyż jeśli chodzi np. o reakcje niekorzystne, to przecież homeostat ma uniemożliwiać ich powstanie.

Rzecz jasna, uzależnienie faktów wcześniejszych od faktów późniejszych, a tym bardziej od faktów, które nie nastąpią, jest niemożliwe. Dlatego też zachowanie się homeostatu musi być uzależnione nie od przyszłych reakcji, lecz od teraźniejszego przebiegu korelacji, poprzedzającego wystąpienie reakcji. A zatem już w samym procesie korelacji musi występować czynnik związany z przyszłymi reakcjami i odpowiednio do rodzaju reakcji wywołujący refleksję wzmacniającą bądź osłabiającą.

Przede wszystkim, ponieważ korelacja polega na przepływie mocy korelacyjnej, czyli na występowaniu korelatów, wspomnianym czynnikiem muszą być korelaty; będziemy je nazywać *korelatami motywacyjnymi*.

Ponadto, przepływ mocy korelacyjnej zależy od przewodności korelacyjnej, więc aby korelaty motywacyjne mogły powstać, muszą przedtem powstać odpowiadające im rejestraty; będziemy je nazywać *rejestratami motywacyjnymi*.

Przepływ mocy korelacyjnej wywołuje wzrost potencjału, np. potencjału estymacyjnego w estymatorach. Ponieważ w omawianym przypadku chodzi o oddziaływanie korelatora na homeostat, więc musi ono polegać na

wprowadzaniu pewnego potencjału do homeostatu. Potencjał ten będziemy nazywać *potencjałem perturbacyjnym* V_p .

Wprowadzenie potencjału perturbacyjnego jest zakłóceniem równowagi funkcjonalnej układu samodzielnego, wywoła więc działanie homeostatu zmierzające do przywrócenia równowagi.

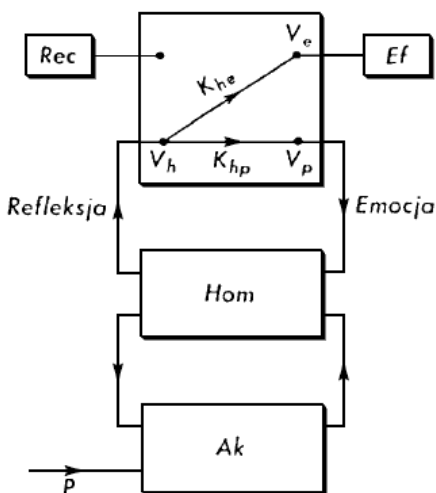
Potencjał perturbacyjny jest duży, gdy moc korelacyjna jest duża, a więc gdy potencjał korelacyjny jest duży. Wobec tego działanie homeostatu może doprowadzić do zmniejszenia potencjału perturbacyjnego przez spowodowanie zmniejszenia potencjału korelacyjnego, to zaś jest możliwe, jeżeli zmaleje potencjał refleksyjny. A zatem na zwiększenie potencjału perturbacyjnego homeostat zareaguje zmniejszeniem potencjału refleksyjnego.

Z kolei jednak zmniejszenie potencjału refleksyjnego spowoduje zmniejszenie potencjału korelacyjnego, a więc i zmniejszenie potencjału perturbacyjnego. Wówczas jednak wzrośnie potencjał refleksyjny, wskutek czego wzrośnie potencjał korelacyjny i potencjał perturbacyjny, a więc zmaleje potencjał refleksyjny itd. Jak widać, występuje tu sprzężenie zwrotne ujemne (rys. 2–6), w którym działanie korelatora jest afirmacyjne, a działanie homeostatu jest negacyjne. Sprzężenie to prowadzi do stabilizacji potencjału perturbacyjnego i potencjału refleksyjnego.

A zatem emocje, jako oddziaływania korelatora na homeostat, polegają na zmianach potencjału perturbacyjnego. Emocje polegające na wzroście potencjału perturbacyjnego będziemy nazywać *emocjami zakłócającymi*. Emocje polegające na zmniejszeniu potencjału perturbacyjnego będziemy nazywać *emocjami odkłócającymi*.

Na rys. 9–3 jest przedstawiony rozptyw mocy korelacyjnej dla przypadku, gdy na układ samodzielny nie działa żaden bodziec. Równowaga funkcjonalna układu jest zakłócana przez energetyczne oddziaływanie P otoczenia na akumulator. Wskutek tego występuje oddziaływanie akumulatora na homeostat, który z kolei oddziałuje na akumulator w kierunku przywracania równowagi funkcjonalnej. W wyniku oddziaływań między homeostatem a akumulatorem ustala się pewien stan zmniejszonego nie-zrównoważenia funkcjonalnego, którego homeostat nie zdoła już bardziej zmniejszyć. Jednocześnie homeostat oddziałuje na korelator (refleksja) wprowadzając potencjał refleksyjny V_h , tym większy, im mniejsze jest niezrównoważenie funkcjonalne układu. Występowanie potencjału refleksyjnego V_h w jakimś miejscu korelatora (a niekoniecznie w rejestra-

torze, jak zakładaliśmy w rozdz. 7) wywołuje przepływ mocy korelacyjnej

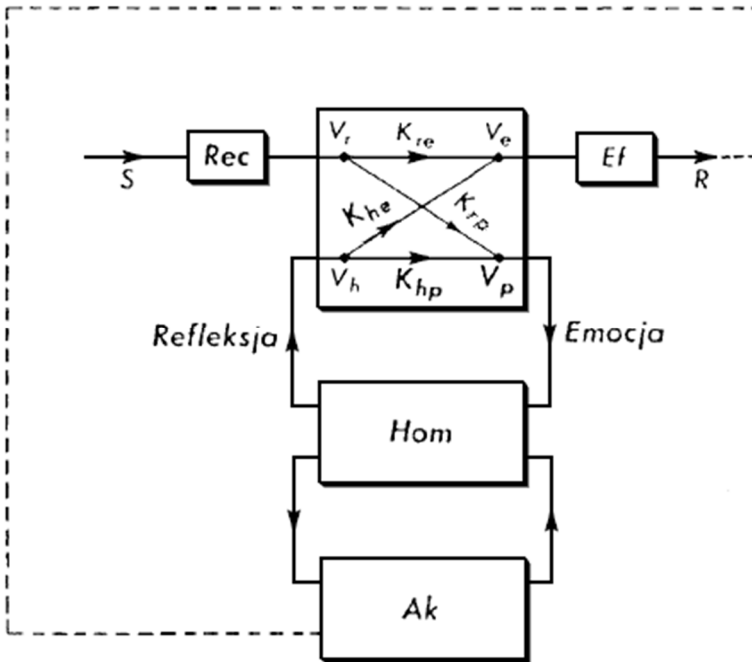


Rys. 9-3. Rozpływ mocy korelacyjnej

K_{he} do estymatora, wskutek czego w estymatorze występuje pewien potencjał estymacyjny V_e , jest on jednak zbyt mały do pobudzenia efektora i wywołania reakcji. Wartość mocy K_{he} jest określona wartością potencjału refleksyjnego V_h i przewodnością korelacyjną G_{he} drogi, na której występuje przepływ mocy K_{he} . Oprócz tego występuje przepływ mocy K_{hp} , określony wartością potencjału refleksyjnego V_h i wartością przewodności korelacyjnej G_{hp} . Wskutek przepływu mocy K_{hp} powstaje pewien potencjał perturbacyjny V_p , za którego pośrednictwem korelator oddziałuje na homeostat (emocja).

Sprzężenie między korelatorem a homeostatem, jako sprzężenie zwrotne ujemne, jest określone układem równań (2.21) i (2.22), przy czym rolę wielkości y odgrywa potencjał refleksyjny V_h , a rolę wielkości x potencjał perturbacyjny V_p . W wyniku tego sprzężenia potencjał refleksyjny V_h i potencjał perturbacyjny V_p stabilizują się na wartościach granicznych, przy czym graniczny potencjał refleksyjny jest określony wzorem analogicznym do wzoru (2.35), a graniczny potencjał perturbacyjny – analogicznie do wzoru (2.22) – będzie do niego proporcjonalny. W zależności od oddziaływania akumulatora na homeostat obydwa te potencjały graniczne wzrosną lub zmaleją, pozostając jednak stale w jednakowym stosunku względem siebie. Ponieważ działanie homeostatu jest negacją, więc przy zmniejszonych zakłóceniach w akumulatorze graniczny potencjał refleksyjny będzie zwiększony, a wraz z nim zwiększony będzie również graniczny potencjał perturbacyjny. Natomiast przy zwiększonych zakłóceniach w akumulatorze graniczny potencjał refleksyjny będzie zmniejszony, a wraz z nim zmniejszony będzie również graniczny potencjał perturbacyjny. Stwierdzenia te mają istotne znaczenie dla dalszych rozważań na temat procesów motywacji.

Obecnie rozpatrzmy przypadek zachowania się układu samodzielnego wobec bodźca, który wywołuje reakcję wpływającą na równowagę funkcjonalną układu (rys. 9–4).



Rys. 9–4. Powstawanie rejestratorów i korelatów motywacyjnych

Z pojawieniem się bodźca S wystąpi w rejestratorze potencjał rejestracyjny, który spowoduje przepływ mocy K_{re} i mocy K_{rp} . Do estymatora dopływa teraz suma mocy $K_{re} + K_{he}$. Jeżeli jest ona wystarczająco duża do przekroczenia potencjału decyzyjnego, to nastąpi reakcja R .

Przypuśćmy, że reakcja R jest dla układu samodzielnego korzystna, tj. spowoduje zmniejszenie zakłóceń równowagi funkcjonalnej. Wówczas zmaleje oddziaływanie akumulatora na homeostat, a wskutek tego wzrośnie graniczny potencjał refleksyjny, zgodnie z przeprowadzonym powyżej rozumowaniem. Ze zwiększeniem granicznego potencjału refleksyjnego nastąpi również zwiększenie granicznego potencjału perturbacyjnego, przy czym stosunek granicznego potencjału refleksyjnego do granicznego potencjału perturbacyjnego nie ulegnie zmianie. Wobec wzrostu potencjału refleksyjnego V_h względem potencjału estymacyjnego

V_e wzrośnie moc K_{he} , a wobec wzrostu potencjału perturbacyjnego V_p względem potencjału rejestracyjnego V_r zmaleje moc K_{rp} . Spowoduje to, że przewodność G_{he} będzie duża, natomiast przewodność G_{rp} będzie mała. Ponadto wobec wzrostu mocy K_{he} wzrośnie suma mocy $K_{re} + K_{he}$, a więc wzrośnie również potencjał estymacyjny V_e , czyli układ podtrzyma korzystną reakcję R .

Jeżeli bodziec S , w pewien czas po jego zaniknięciu, pojawi się powtórnie, to przy takim samym jak poprzednio potencjale rejestracyjnym V_r moc K_{he} , wobec zwiększonej przewodności G_{he} , będzie duża, a więc i suma mocy $K_{re} + K_{he}$ będzie duża i spowoduje reakcję R .

Jak widać, przy pierwszym pojawieniu się bodźca układ popiera reakcję przez jej podtrzymanie, dopiero gdy okazała się korzystna (sterowanie się wobec terażniejszości), przy drugim' zaś popiera ją od razu po pojawieniu się bodźca i przyspiesza jej powstanie (sterowanie się na przyszłość). Dzieje się tak dzięki wytworzeniu się dużej przewodności G_{he} i małej przewodności G_{rp} . Są one rejestratami motywacyjnymi umożliwiającymi układowi samodzielnemu wywoływanie reakcji korzystnych, w związku z tym będziemy je nazywać *rejestratami ofensywnymi*. Odpowiadające tym przewodnościom moce korelacyjne, a mianowicie duża moc K_{he} i mała moc K_{rp} , są korelatami motywacyjnymi, które będziemy nazywać *korelatami ofensywnymi*. Motywację opartą na takich rejestratach i korelatach będziemy nazywać *motywacją ofensywną*.

Przypuśćmy teraz, że przy pierwszym pojawieniu się bodźca S powstaje reakcja niekorzystna dla układu samodzielnego, tj. powodująca zwiększenie zakłóceń równowagi funkcjonalnej. Wówczas wzrośnie oddziaływanie akumulatora na homeostat, a wskutek tego zmaleje graniczny potencjał refleksyjny, z przyczyn omówionych już poprzednio. Ze zmniejszeniem granicznego potencjału refleksyjnego nastąpi zmniejszenie granicznego potencjału perturbacyjnego, przy czym stosunek granicznego potencjału refleksyjnego do granicznego potencjału perturbacyjnego pozostanie bez zmiany. Wobec zmniejszenia potencjału refleksyjnego V_h względem potencjału estymacyjnego V_e zmaleje moc K_{he} , a wobec zmniejszenia potencjału perturbacyjnego V_p względem potencjału rejestracyjnego V_r wzrośnie moc K_{rp} . Spowoduje to, że przewodność G_{he} będzie mała, natomiast przewodność G_{rp} będzie duża. Ponadto wobec zmniejszenia mocy K_{he} zmaleje suma mocy $K_{re} + K_{he}$; a więc zmaleje

również potencjał estymacyjny V_e . Gdy stanie się on mniejszy od potencjału decyzyjnego, niekorzystna reakcja R ustanie.

Jeżeli bodziec S w pewien czas po jego zaniknięciu pojawi się powtórnie, to przy takim samym jak poprzednio potencjale rejestracyjnym V_r moc K_{he} , wobec zmniejszonej przewodności G_{he} , będzie mała, a więc i suma mocy $K_{re} + K_{he}$ będzie mała i reakcja R nie wystąpi.

Jak widać, przy pierwszym pojawieniu się bodźca układ przeciwstawia się reakcji przez jej usunięcie, dopiero gdy okazała się niekorzystna (sterowanie się wobec terażniejszości). przy drugim zaś od razu nie dopuszcza do jej powstania (sterowanie się na przyszłość). Dzieje się tak dzięki wytworzeniu się małej przewodności G_{he} i dużej przewodności G_{rp} . Są one rejestratami motywacyjnymi umożliwiającymi układowi samodzielnemu zapobieganie reakcjom niekorzystnym; będziemy je nazywać *rejestratami defensywnymi*. Odpowiadające tym przewodnościom moce korelacyjne, a mianowicie mała moc K_{he} i duża moc K_{rp} są korelatami motywacyjnymi, które będziemy nazywać *korelatami defensywnymi*. Motywację opartą na takich rejestratach i korelatach będziemy nazywać *motywacją defensywną*.

Gdy w rozplywie mocy korelacyjnej w środowisku korelacyjnym przy motywacji defensywnej wystąpi jakiś korelat ofensywny, tj. przepływ zwiększonej mocy K_{he} na drodze o zwiększonej przewodności G_{he} prowadzącej do jakiegoś innego estymatora niż ten, którego działanie wywołałoby reakcję niekorzystną, wówczas wystąpi motywacja ofensywna zmierzająca do wywołania reakcji korzystnej. Jako następującą po motywacji defensywnej można ją nazwać *motywacją kontrofensywną* dla uwydatnienia, że w odróżnieniu od motywacji ofensywnej wspierającej bodziec pożądany chodzi o motywację przeciwdziałającą bodźcowi niepożądanemu.

Dopóki nie powstaną rejestraty motywacyjne, układ samodzielny nie potrafi rozróżnić bodźców pożądanych od niepożądanych, jednak dzięki omówionym powyżej procesom może sobie rejestraty motywacyjne wytworzyć. Jest to jednak związane z dwojakim ryzykiem.

Po pierwsze, wytworzenie rejestratów motywacyjnych jest możliwe dopiero po dopuszczeniu do reakcji, może się jednak okazać, że będzie to reakcja prowadząca do zniszczenia układu samodzielnego, wobec czego wytworzenie się rejestratów motywacyjnych na nic się już temu układowi nie przyda.

Po drugie, zachodzi możliwość powstawania fałszywych rejestratów motywacyjnych w przypadku działania wielu bodźców na raz. Gdyby każdy bodziec występował z osobna, to układ samodzielny wytworzyłby sobie rejestraty motywacyjne dla każdego z nich w sposób powyżej opisany, dzięki czemu mógłby w przyszłości rozróżniać, który z tych bodźców jest pożądanym, a który niepożądany. Natomiast przy jednoczesnym działaniu bodźców powstałyby rejestraty motywacyjne jednakowo prowadzące albo do motywacji defensywnej, albo do motywacji ofensywnej w stosunku do wszystkich tych bodźców, tzn. że układ samodzielny zaczęłby wszystkie te bodźce traktować jako pożądane bądź wszystkie jako niepożądane. Wskutek tego, gdyby w przyszłości pojawiły się tylko niektóre z tych bodźców, to mogłoby się okazać, że układ samodzielny potraktuje je jako pożądane, pomimo że są one dla niego niebezpieczne, i narazi się tym szybciej na zniszczenie.

Dlatego też bezpieczeństwo układu samodzielnego jest znacznie większe, gdy ma on pewną liczbę *rejestratów motywacyjnych pierwotnych*, tj. istniejących już od początku egzystencji tego układu samodzielnego.

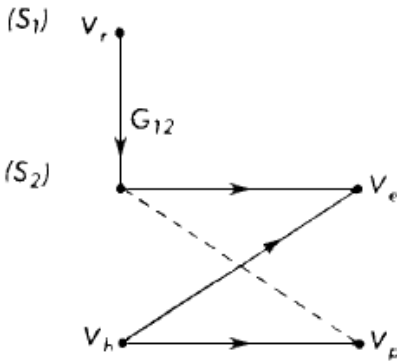
Do przejawów motywacji opartej na pierwotnych rejestratach motywacyjnych należą rozmaite czynności określane jako instynktowne, jak na przykład, czynności związane z odżywianiem i rozmnażaniem lub reakcje na ból.

Często można się spotkać z argumentem, że zbudowanie maszyny zdolnej do myślenia będzie niemożliwe, ponieważ maszyna – w odróżnieniu od człowieka – musiałaby być zaprogramowana. Tymczasem jest wręcz przeciwnie. To człowiek jest zaprogramowany, gdyż rodząc się ma już pierwotne rejestraty motywacyjne. Natomiast maszyna może ich nie mieć, a dopiero z czasem sama je sobie wytworzyć. Jeżeli w budowie autonomów będzie się im nadawać początkowe rejestraty motywacyjne, to przede wszystkim aby nie tracić czasu na ich wytwarzanie się i aby wskutek ich braku maszyna nie naraziła się na zniszczenie w początkowym okresie wytwarzania rejestratów motywacyjnych.

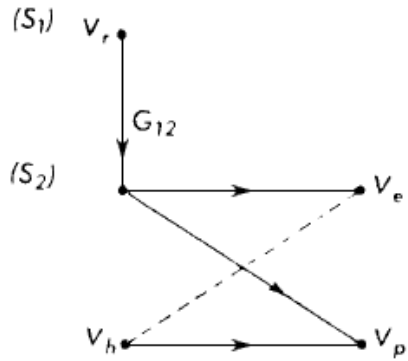
Niezależnie od tego, czy początkowe rejestraty motywacyjne istnieją jako pierwotne czy też zostają z czasem wytworzone, bezpieczeństwo układu samodzielnego wzrasta w miarę powstawania skojarzeń z początkowymi rejestratami motywacyjnymi. Jeżeli powstanie rejestrat G_{12} skojarzenia bodźca S_1 z bodźcem S_2 związanym z rejestratami ofensywnymi (rys. 9–5a), to w razie wystąpienia samego tylko bodźca S_1 zostanie on potraktowany jako bodziec pożądanym i wywoła taką samą reakcję R , jaką spowodowałoby pojawienie się pożądanego bodźca S_2 . Natomiast jeżeli powstanie rejestrat G_{12} skojarzenia bodźca S_1 z bodźcem S_2 związanym z rejestratami defensywnymi (rys. 9–5b), to w razie wystąpienia samego

tylko bodźca S_1 zostanie on potraktowany jako bodziec niepożądany i, podobnie jak bodziec S_2 , nie tylko nie wywoła reakcji niekorzystnej, lecz nawet może spowodować reakcję korzystną opartą na motywacji kontrofensywnej.

(a)



(b)



Rys. 9-5. Skojarzenia motywacji: a) ofensywnej; b) defensywnej

Może się też zdarzać, że jakiś bodziec, skojarzony z bodźcem związanym z rejestratami ofensywnymi i wobec tego traktowany jako pożądany, zostaje z czasem silniej skojarzony z innym bodźcem związanym z rejestratami defensywnymi (do czego przyczynia się też derejestracja poprzedniego skojarzenia) i zaczyna być traktowany jako niepożądany lub na odwrót.

Na przykład, niechęć do otrzymywania zastrzyków lub zabiegów dentystycznych z powodu związanego z tym bólu zostaje z czasem zwalczona względami na uniknięcie jeszcze przykrzejszych cierpień w przyszłości.

Jak wynika z przeprowadzonych rozważań, źródłem motywacji nie jest jakieś miejsce, w którym biorą początek procesy kończące się reakcją, lecz zamknięty obieg współdziałania homeostatu z korelatorem, a w obiegu zamkniętym żaden punkt nie jest pierwszy. Istotne w tym obiegu są następujące okoliczności: 1) zmiany potencjału perturbacyjnego, 2) przeciwstawianie się tym zmianom przez homeostat polegające na zmniejszaniu potencjału refleksyjnego przy wzroście potencjału perturbacyjnego i na odwrót, 3) zmiany rejestratów i korelatów motywacyjnych wywołujące zmiany potencjału perturbacyjnego.

Na szczególną uwagę zasługuje występowanie potencjału perturbacyjnego. Zmusza ono homeostat do takiego samego działania, jakie jest wywoływane zakłóceniami w akumulatorze, jest ono więc symulacją tych zakłóceń. Układ samodzielny może się sterować wobec niebezpieczeństw przyszłych dzięki teraźniejszej ich symulacji. W ten sposób, dla sterowania układu samodzielnego, już sama informacja o niebezpieczeństwie odgrywa rolę niebezpieczeństwa.

Pod wpływem potencjału perturbacyjnego homeostat nie tylko oddziałuje na korelator wprowadzając do niego potencjał refleksyjny, lecz także oddziałuje na akumulator w sposób zmierzający do usuwania zakłóceń, których tam w rzeczywistości nie ma. To niepotrzebne, w powyższym sensie, oddziaływanie homeostatu na akumulator narusza równowagę funkcjonalną układu. Takiemu samozakłócaniu układ samodzielny zawdzięcza jednak czujność wobec otoczenia.

Bez utrzymywania pewnego potencjału perturbacyjnego układ nie potrafiłby odróżniać bodźców pożądaných od niepożądanych.

Samozakłócanie układu samodzielnego nie może trwać stale. W miarę coraz większego naruszania równowagi funkcjonalnej maleje potencjał refleksyjny a wraz z nim potencjał perturbacyjny, wobec czego samozakłócanie stopniowo ustaje. Jeżeli na usunięcie skutków samozakłócania potrzebny jest dłuższy czas, to potencjał refleksyjny i potencjał perturbacyjny w dalszym ciągu maleją, przy czym może się okazać, że potencjał refleksyjny zmaleje poniżej wartości progowej, niezbędnej do wywoływania potencjału perturbacyjnego. Wówczas potencjał perturbacyjny zaniknie, wskutek czego współdziałanie homeostatu z korelatorem ustanie. Nadal jednak pozostaje współdziałanie homeostatu z akumulatorem. Gdy wskutek tego współdziałania skutki samozakłócania zostaną usunięte, potencjał refleksyjny zaczyna wzrastać, wobec czego wzrasta również potencjał perturbacyjny i stan czujności układu zostaje znów przywrócony.

Samozakłócanie układu może też ustać bardzo szybko, na przykład w razie silnego raptownego zakłócenia równowagi funkcjonalnej, powodującego tak duże zmniejszenie potencjału refleksyjnego, że potencjał perturbacyjny zaniknie. Po usunięciu zakłócenia równowagi funkcjonalnej przez homeostat, zacznie wzrastać potencjał refleksyjny, a wraz z nim potencjał perturbacyjny.

A zatem przy nadmiernym naruszeniu równowagi funkcjonalnej zachowanie się układu samodzielnego jest rezygnacją z informacji o niebezpieczeństwach mogących mu dopiero zagrażać na rzecz zwalczania niebezpieczeństw już występujących. Sterowanie takie okazuje się racjonalne, skoro bowiem zakłócenia w akumulatorze są tak duże, że układ samodzielny mógłby szybko ulec dezorganizacji i przestać istnieć, to informacje o późniejszych niebezpieczeństwach są mu niepotrzebne.

Wydaje się, że na omawianej zasadzie można objaśnić zjawiska zasypiania i budzenia się organizmów. W miarę samozakłócania, „samozatrutowania się” organizmu w okresie czuwania pojawia się zmęczenie (naruszanie równowagi funkcjonalnej), reakcje stają się powolne i coraz rzadsze (mały potencjał refleksyjny), uwaga słabnie (mały potencjał perturbacyjny), aż wreszcie organizm pogrąża się w sen. Podczas płytkiego snu występują jeszcze pewne ograniczone, choć niekiedy niezwykle wyobrażenia (mały potencjał refleksyjny i mały potencjał perturbacyjny umożliwiają powstawanie korelatów opartych tylko na najwyraźniejszych rejestratach), przy czym – wobec prawic zupełnego braku bodźców zewnętrznych – ujawniają się skojarzenia odbiegające od wyobrażeń wymuszanych przez otoczenie w okresie czuwania. W głębokim śnie ustają wszelkie wyobrażenia (brak potencjału refleksyjnego przerywa współdziałanie homeostatu z korelatorem). Po regeneracji w czasie snu następuje przebudzenie (wzrost potencjału refleksyjnego i potencjału perturbacyjnego).

Podczas snu organizm jest bezbronny wobec niebezpieczeństw czyhających w otoczeniu, ale niebezpieczeństwo z samozakłócania stało się większe i dlatego zwalczaniu go organizm daje pierwszeństwo. Aby obronie się przed niebezpieczeństwem wewnętrznym, a zarazem jak najmniej narazić się na niebezpieczeństwa zewnętrzne, zwierzęta układają się do snu w trudno dostępnych norach i zakamarkach, a ludzie zamykają się w swoich mieszkaniach.

Ilustracją raptownego przerwania współdziałania homeostatu z korelatorem są przypadki narkozy, omdlenia, np. pod wpływem silnego uderzenia, itp.

Przy raptownym pojawieniu się silnego bodźca pożądanego motywacja ofensywna spowoduje duże zmniejszenie potencjału perturbacyjnego V_p , a w konsekwencji duży wzrost potencjału refleksyjnego V_h i mocy korelacyjnej K .

Przy raptownym pojawieniu się silnego bodźca niepożądanego motywacja defensywna spowoduje duży wzrost potencjału perturbacyjnego V_p , a w konsekwencji duże zmniejszenie potencjału refleksyjnego V_h i mocy korelacyjnej, ale jeżeli jakkolwiek korelat doprowadzi przy tym do motywacji kontrofensywnej, to potencjał refleksyjny V_h i moc korelacyjna K silnie wzrosną.

Jak widać, zarówno raptowny bodziec pożądany jak i niepożądany mogą spowodować niebezpiecznie duży wzrost mocy korelacyjnej. Niebezpieczeństwo takie nie zachodzi przy powolnym narastaniu bodźców, wówczas bowiem homeostat zdąży złagodzić początkowe zakłócenia, zanim nastąpią dalsze.

Znane są przypadki śmierci spowodowanej nagłym otrzymaniem wiadomości zbyt tragicznych (np. gdy matka dowiaduje się, że syn jej został zabity na wojnie) lub zbyt radosnych (np. gdy matka dowiaduje się o powrocie syna omyłkowo uznanego za zabitego na wojnie). Dlatego też ludzie rozsądni przekazują tego rodzaju wiadomości ze stopniowym przygotowaniem odbiorcy.

Przy wielu bodźcach działających jednocześnie na układ samodzielny o dużej liczbie elementów korelacyjnych mogą występować skomplikowane rozkłady przewodności korelacyjnej i związane z nimi rozplywy mocy korelacyjnej. Zachowanie się układu będzie zależne od okoliczności, do którego z omówionych powyżej przypadków motywacji będzie najbardziej zbliżony aktualny rozplyw mocy korelacyjnej.

Streszczając powyższe rozważania i biorąc pod uwagę wzór (7.5) można powiedzieć, że na zachowanie się układu samodzielnego mają wpływ trzy następujące czynniki:

- 1) potencjał rejestracyjny V_r , a więc aktualne bodźce oddziałujące na układ samodzielny,
- 2) przewodność korelacyjna G , a więc rejestraty bodźców oddziałujących na układ samodzielny w przeszłości,
- 3) potencjał refleksyjny V_h , a więc działanie homeostatu w zwalczaniu zakłóceń równowagi funkcjonalnej powstających w akumulatorze lub ich symulacji powstających w korelatorze układu samodzielnego.

Wzrost każdego z tych czynników prowadzi do zwiększenia mocy korelacyjnej K , a w konsekwencji do przyspieszenia decyzji i reakcji. Rodzaj decyzji zależy od rodzaju oddziałujących bodźców i od rozkładu rejestratów motywacyjnych.

Wszystkie te czynniki wchodzą w grę w stosunkach między ludźmi w przypadkach, gdy chodzi o wpływanie na czyjeś postępowanie.

Przy doraźnym wymuszaniu posłuszeństwa jedynym środkiem mogącym prowadzić do celu są bodźce zewnętrzne, a mianowicie dobór ich natężenia (potencjał rejestracyjny) i rodzaju. Jeżeli spotkają się one ze sprzeciwem (zmniejszenie potencjału refleksyjnego spowodowane istniejącymi defensywnymi rejestratami motywacyjnymi, to nie tylko nie doprowadzą do oczekiwanej decyzji i reakcji, lecz jeszcze bardziej utrudniają ich wystąpienie w przyszłości (wywołają rejestraty defensywne wskutek skojarzeń

z istniejącymi już rejestratami defensywnymi). Wówczas jedyną możliwością osiągnięcia skuteczności przymusu jest zastosowanie bodźców groźących niebezpieczeństwem, jak np. zapowiedź kary, czego następstwem jest osiągnięcie uległości lub spowodowanie buntu (jedno i drugie jest wynikiem motywacji kontrofensywnej).

Na dłuższą metę bywają stosowane bodźce perswazyjne, np. propaganda (bodźce zmierzające do wywoływania rejestratów ofensywnych przez skojarzenia z istniejącymi rejestratami ofensywnymi, aby w ten sposób zapewnić wzrost potencjału refleksyjnego).

Jeżeli uzyskanie żądanych skojarzeń nie powiedzie się, jedynym skutkiem staje się pogłębienie niechęci (zamiast wzrosnąć potencjał refleksyjny zmaleje przeciwdziałając oczekiwany decyzjom i reakcjom jak również wytworzeniu się rejestratów zastosowanych bodźców). Tym się objaśniają trudności przyswajania wiadomości w zakresie nielubianego przedmiotu nauczania, zapamiętywania nieprzyjemnych poleceń, opanowywania zawodu uprawianego bez zamiłowania itp.

Osobom, którym często zdarza się brać udział w rozmaitych dyskusjach, znane jest zjawisko polegające na niemożności przekonania przeciwników nawet przy użyciu najbardziej logicznych argumentów. Zjawisko to występuje wtedy, gdy argumentacja zmierza do celu sprzecznego z interesem przekonywanego (kojarzącego się z rejestratami defensywnymi). Natomiast w sprawach obojętnych drobne nieraz okoliczności mogą przesądzić wynik dyskusji (niewielka zmiana w rozplywie mocy korelacyjnej wystarcza do ujawnienia się motywacji ofensywnej bądź defensywnej).

O tym, co leży w interesie danego osobnika, rozstrzyga aktualny stan jego rejestratów motywacyjnych. Tym się objaśniają przypadki działania nawet na własną szkodę, jak np. ofiarne narażanie się na niebezpieczeństwa, pragnienie kary pod wpływem wyrzutów sumienia, samobójstwo itp.

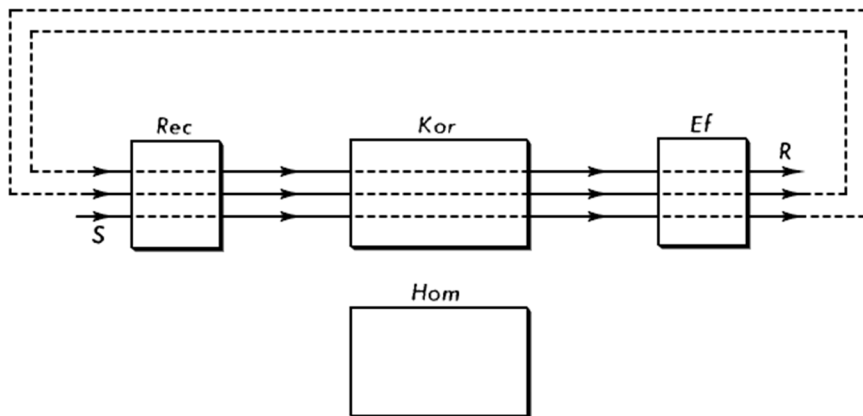
10. Obiegi korelacyjne

Dotychczas rozpatrywaliśmy jednorazowe przebiegi korelacyjne, których przyczyną był bodziec. skutkiem zaś reakcja lub jej brak. Obecnie rozpatrzmy *obiegi korelacyjne*, czyli procesy, w których wiele przebiegów korelacyjnych następuje po sobie. Wśród obiegów korelacyjnych można wyróżnić dwa przypadki skrajne w zależności od tego, czy w obiegu korelacyjnym występuje sprzężenie korelatora z otoczeniem, czy z homeostatem.

Obieg korelacyjny. w którym występuje wyłącznie sprzężenie korelatora z otoczeniem, będziemy nazywać *obiegiem reakcyjnym*. Obieg ten występuje przy rozkładzie przewodności korelacyjnej sprawiającym, że w każdym przebiegu korelacyjnym decyzja powstaje szybciej (np. wskutek dużej przewodności drogi rejestrator – estymator, a więc i dużej mocy

korelacyjnej)), niż emocja, która mogłaby spowodować refleksję uniemożliwiającą tę decyzję. W związku z tym otrzymuje się następujące przebiegi.

Gdy pojawiający się bodziec wywoła dostatecznie dużą moc korelacyjną, nastąpi decyzja i reakcja. Zmiana w otoczeniu wywołana oddziaływaniem efektora może stanowić drugi kolejny bodziec. Gdy i ten bodziec wywoła dostateczną moc korelacyjną, nastąpi nowa decyzja i reakcja. Z kolei reakcja ta może spowodować pojawienie się trzeciego bodźca, który wywoła następną reakcję itd. Obieg reakcyjny jest przedstawiony schematycznie na rys. 10–1.



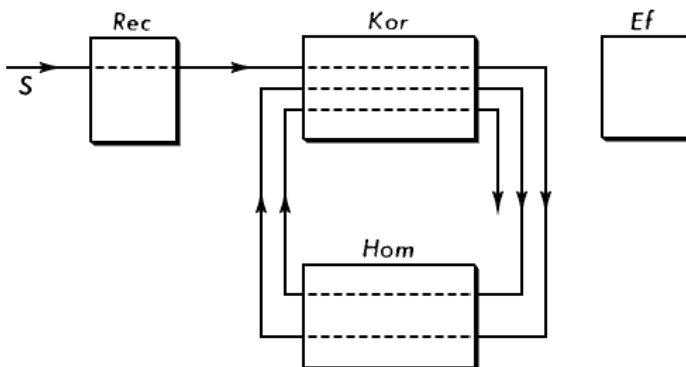
Rys. 10–1. Obieg reakcyjny

W obiegu reakcyjnym powtarza się cykl: bodziec – korelat – decyzja – reakcja. Odbyna się to na drodze: otoczenie – receptor – rejestrator – środowisko korelacyjne – estymator – efektor – otoczenie itd.

Przykładami obiegu reakcyjnego są rozmaite czynności odruchowe. Można wśród nich wyróżnić odruchy spowodowane dużą mocą korelacyjną wynikającą z dużej przewodności korelacyjnej, jak np. ruchy nóg przy chodzeniu, ruchy ust przy mówieniu, itp., oraz odruchy spowodowane dużą mocą wynikającą z powstawania dużego potencjału rejestracyjnego, jak np. zaniknięcie powiek przy nagłym olśnieniu, drgniecie wobec silnego huku itp.

Obieg korelacyjny, w którym występuje wyłącznie sprzężenie korelatora z homeostatem, będziemy nazywać *obiegiem refleksyjnym*. Obieg ten występuje przy rozkładzie przewodności korelacyjnej sprawiającym, że emocja powstaje szybciej niż decyzja, przy czym refleksja wywołana przez tę emocję zapobiega decyzji. Gdy pojawienie się bodźca wywoła emocję,

a w następstwie refleksję przeciwdziałającą decyzji, która mogłaby nastąpić w wyniku estymacji wywołanej przez ten bodziec, zmiana potencjału refleksyjnego wywołuje zmianę rozplywu mocy korelacyjnej. Zanim powstanie inna decyzja (w innych estymatorach) nowe korelaty wywołają nowe emocje i nowe refleksje itd. Obieg refleksyjny jest przedstawiony schematycznie na rys. 10–2.



Rys. 10–2. Obieg refleksyjny

W obiegu refleksyjnym, po przebiegu wstępnym: bodziec – korelat (na drodze: otoczenie – receptor – środowisko korelacyjne), następuje powtarzający się cykl: korelat – emocja – refleksja – korelat itd. (na drodze: homeostat – środowisko korelacyjne – homeostat – środowisko korelacyjne itd.).

Jeżeli moce korelacyjne są małe, a przewodności korelacyjne różnych dróg przepływu w środowisku korelacyjnym niewiele się różnią od siebie, to kolejne zmiany korelatów, emocji i refleksji mogą trwać nieograniczenie nie prowadząc do żadnej decyzji.

Biorąc pod uwagę cechy jakie przypisuje się procesowi zwanemu „myśleniem”, a przede wszystkim tę cechę, że jest to dla organizmu proces całkowicie wewnętrzny, tj. niekoniecznie prowadzący do reakcji (choć od niego zależy, czy i jaka reakcja nastąpi), można powiedzieć, że myślenie jest to korelacja w obiegu refleksyjnym. Chwilowe korelaty w tym obiegu są to „poglądy”. W miarę następowania poszczególnych cykli korelacji w obiegu refleksyjnym korelaty (poglądy) są coraz to inne, odpowiednio do rejestratów motywacyjnych występujących w poszczególnych cyklach. Gdy obieg zaczyna się utrzymywać ciągle na tych samych rejestratach, korelaty powtarzają się; taki powtarzający się pogląd jest „przeświadczeniem”. Gdy którykolwiek z kolejnych korelatów spowoduje dostatecznie duży wzrost potencjału estymacyjnego w jakichś estymatorach, nastąpi decyzja (por. rozdz. 6).

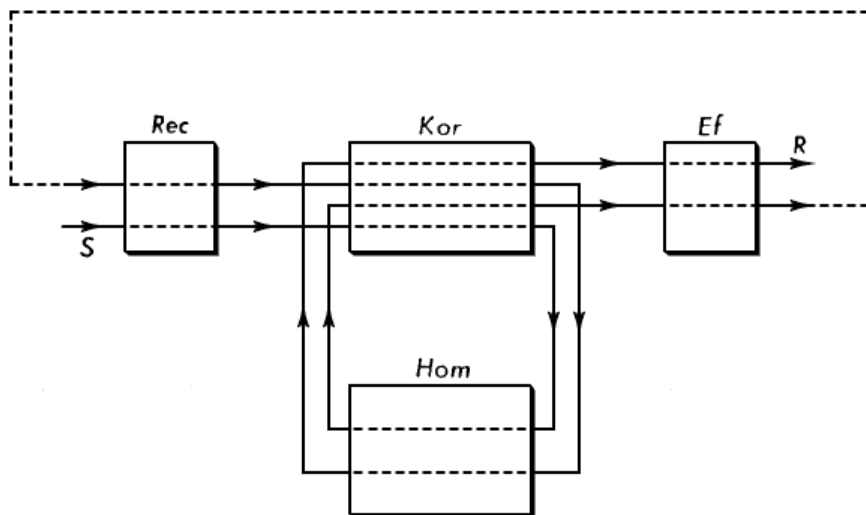
Na podstawie rozważań na temat rejestratorów i korelatorów (rozdz. 8) można też przeprowadzić rozróżnienie między „myśleniem logicznym” (dochodzeniem do przeświadczeń poprzez kolejne ogniwa rozumowania) a „myśleniem intuicyjnym” (dochodzeniem do przeświadczeń w sposób nagły, nie poprzedzony rozumowaniem). Ponieważ organizm dysponuje ograniczoną mocą korelacyjną, więc nie jest obojętne, czy wzrost przewodności korelacyjnej spowodowany przepływem mocy korelacyjnej jest duży czy mały, tj. czy dane środowisko korelacyjne ma duży czy mały współczynnik rejestracji. W środowisku o dużym współczynniku rejestracji występują drogi o dużych przewodnościach korelacyjnych; przy wywołaniu potencjału rejestracyjnego przez jakiś bodziec w odpowiednim rejestratorze, moc korelacyjna rozptyla się od tego rejestratora tylko po najbliższych drogach o dużej przewodności korelacyjnej. Następująca po tym emocja i refleksja wywołuje zmianę potencjału refleksyjnego, a w konsekwencji zmianę rozptyłu mocy korelacyjnej na inne drogi o dużej przewodności korelacyjnej, itd., aż proces korelacji zacznie się powtarzać na którychś z tych dróg. Wynikiem takich kolejnych cykli korelacyjnych (ogniw rozumowania) jest przeświadczenie. Natomiast w środowisku korelacyjnym o małym współczynniku rejestracji występują drogi o małych przewodnościach korelacyjnych. Przy takiej samej mocy korelacyjnej jak w poprzednim przypadku rozptyla się ona po wielu z tych dróg na raz i następny cykl korelacyjny niewiele lub nic w tym rozptywie mocy nie zmieni. W tym przypadku przeświadczenie powstaje praktycznie od razu.

Dopóki utrzymuje się korelacja w obiegu refleksyjnym, współdziałanie homeostatu z korelatorem zapewnia bieżącą ocenę wrażeń i wyobrażeń, co odpowiada pojęciu „świadomości”. Z ustaniem korelacji w obiegu refleksyjnym świadomość znika.

Co się tyczy „podświadomości”, to wydaje się, że nazwą tą określa się kilka różnych zjawisk, a mianowicie korelację w obiegu refleksyjnym przebiegającą przy bardzo małej mocy korelacyjnej (marzenia senne) jak również wytworzenie się motywacji defensywnej w stosunku do bodźców, dla których w interesie organizmu powinna występować motywacja ofensywna (kompleksy). Do tej ostatniej sprawy powrócimy jeszcze w rozdz. 17.

Obieg korelacyjny, w którym występuje sprzężenie korelatora już to z otoczeniem, już to z homeostatem, będziemy nazywać *obiegiem refleksyjno-reakcyjnym*. Obieg ten jest więc kombinacją obiegu refleksyjnego z obiegiem reakcyjnym. Może się okazać np. że po pierwszym pojawiającym się bodźcu emocja wyprzedzi decyzję i wywoła refleksję, która tę decyzję uniemożliwi. Zmiana potencjału refleksyjnego i wywołana przez nią zmiana rozptyłu mocy korelacyjnej spowoduje nową emocję i nową refleksję mogącą tym razem spowodować decyzję. Decyzja ta spowoduje reakcję, przy czym oddziaływanie efektora na otoczenie może wywołać pojawienie się nowego bodźca. Z kolei bodziec ten, zamiast reakcji, wywoła refleksję, która spowoduje następną decyzję, oraz reakcję, której wynikiem będzie trzeci bodziec itd. Obieg refleksyjno-reakcyjny jest przedstawiony schematycznie na rys. 10–3.

W obiegu refleksyjno-reakcyjnym powtarza się cykl: bodziec – korelat – emocja – refleksja – korelat – decyzja – reakcja. Odbywa się to na drodze: otoczenie – receptor – rejestrator – środowisko korelacyjne – homeostat – środowisko korelacyjne – estymator – efektor – otoczenie itd.



Rys. 10–3. Obieg refleksyjno-reakcyjny

Ilustracją obiegu refleksyjno-reakcyjnego jest np. postępowanie szachistów w czasie gry; posunięcie przeciwnika jest dla szachisty bodźcem, skłaniającym go do rozważenia rozmaitych wariantów (obieg refleksyjny), po czym wykonuje on własne posunięcie stanowiące reakcję i czeka na odpowiedź przeciwnika (obieg reakcyjny). Obiegi refleksyjno-reakcyjne powtarzają się u obu partnerów na przemian.

Dla uproszczenia omówiliśmy obieg refleksyjno-reakcyjny, w którym po jednym obiegu refleksyjnym następuje jeden obieg reakcyjny, potem znów jeden obieg refleksyjny itd. Rzecz jasna, może następować kolejno wiele obiegów refleksyjnych lub reakcyjnych.

W obiegu refleksyjno-reakcyjnym szczególnie interesujące jest przejście od obiegu refleksyjnego do obiegu reakcyjnego. Dopóki trwa obieg refleksyjny, układ samodzielny nie odnosi z tego korzyści o tyle, że z braku reakcji nie wywiera wpływu na otoczenie, z drugiej jednak strony unika szkodliwych następstw gdyby miały one powstać w wyniku reakcji. Przejście do obiegu reakcyjnego będzie wynikiem motywacji ofensywnej; pozostanie przy obiegu refleksyjnym będzie wynikiem motywacji defen-

sywnej. Chwilą krytyczną w zachowaniu się układu samodzielnego jest chwila powstania decyzji. W okresie poprzedzającym tę chwilę występuje bądź wzrost potencjału estymacyjnego, bądź też jego zmniejszanie się, zależnie od tego, która motywacja zdobywa przewagę. Wzajemne przeciwdziałanie motywacji będziemy nazywać *rozterką*².

Powstanie decyzji, wywołującej przejście od obiegu refleksyjnego do obiegu reakcyjnego, jest *rozstrzygnięciem rozterki*.

Z punktu widzenia zmian, jakie dla układu samodzielnego może spowodować rozstrzygnięcie rozterki, można rozróżniać trzy rodzaje rozterek: 1) między lepszymi stanami przyszłymi, 2) między gorszymi stanami przyszłymi oraz 3) między stanem przyszłym, lepszym pod pewnymi względami, lecz gorszym pod innymi względami, a stanem obecnym.

Najbardziej znaną ilustracją rozterki, pierwszego rodzaju jest bajka Ezopa o osle, który zginał z głodu, nie mogąc dokonać wyboru między owsem i sianem. Kłopotliwość takich sytuacji jest określana wyrażeniem „embarras de richesse”.

Jako przykład rozterki drugiego rodzaju, określanej potocznie jako „wybór mniejszego zła”, można przytoczyć, znane z nakazów urzędowych zagrożenie karą grzywny z zamianą na areszt.

I wreszcie przykładem rozterki trzeciego rodzaju są przypadki, gdy przyjemność jest nieodłączna od przykrości, wobec czego chcąc uniknąć przykrości trzeba zrezygnować z przyjemności, np. kupując jakiś przedmiot trzeba wydać pieniądze, używając narkotyków ma się przyjemność, ale traci się zdrowie itp. Wnikliwym przykładem literackim jest rozterka, jaką przedstawił Hugo w „Nędznikach” w scenie, gdy Jean Valjean zastanawia się, czy udać się do sądu w Arras w celu wyjaśnienia, że Champmathieu został niesłusznie wzięty za niego samego.

Jeżeli chodzi o mechanizm rozstrzygania rozterek powyższy podział jest bez znaczenia, W każdym bowiem przypadku sprawa sprowadza się do kolejnych przebiegów wzrastania i malenia potencjału estymacyjnego, od których zależy czy reakcja nastąpi czy nie. Pod wpływem kolejnych refleksji rozptyw mocy korelacyjnej ulega zmianom wywołując wzrost potencjału estymacyjnego w jednych estymatorach (wpływ motywacji ofensywnej), a zmniejszanie w innych estymatorach (wpływ motywacji defensywnej). Gdy wreszcie w którychś estymatorach zostanie przekroczony potencjał decyzyjny i nastąpi reakcja, rozterka zostanie rozstrzygnięta.

² Rozterki w organizmie ludzkim psychologowie nazywają „konfliktami”, nazwę tę jednak przeznaczamy dla wzajemnego przeciwdziałania dwóch układów samodzielnych, a nie dla wzajemnego przeciwdziałania dwóch motywacji w jednym układzie samodzielnym.

Taki przebieg rozstrzygania rozterek sprawia, że decyzję spowoduje nie ten korelat, który zapewnia osiągnięcie najkorzystniejszego stanu, lecz ten, który okaże się pierwszym spośród korelatów wystarczających do spowodowania decyzji. Przy innej kolejności tych korelatów, decyzja mogłaby być również inna.

Tym się objaśniają przypadki podejmowania błędnych decyzji pomimo znajomości ich następstw; zdarza się np. że ktoś kupił przedmiot nie najbardziej mu potrzebny, naraził się na niebezpieczeństwo, o którym został ostrzeżony, dopuścił się wykroczenia, o którym wiedział, że jest karalne, lub nawet popełnił samobójstwo.

Nie wszystkie rozterki zostają rozstrzygnięte. Może się okazać, że żaden z kolejnych korelatów nie wystarczy do spowodowania decyzji, a wówczas nadal utrzymuje się obieg refleksyjny.

Można się spotkać z poglądem, że tylko człowiek jest zdolny do rozstrzygania rozterek „niesformalizowanych”, tj. polegających na wyborze między stanami nie dającymi się określić liczbowo, jak np. wybór zawodu, wybór dzieła sztuki, wybór przyjaciół itp., natomiast maszyny matematyczne mogą co najwyżej rozstrzygać rozterki „sformalizowane”, tj. polegające na wyborze opartym na porównaniu liczb. Wysnuwa się z tego wniosek, że człowiek jest tworem zasadniczo odmiennym od maszyny.

Rozróżnianie rozterek sformalizowanych i niesformalizowanych może być dogodne w użyciu potocznym, ale jest bezprzedmiotowe jako kryterium różnic między maszyną a człowiekiem. W istocie rzeczy rozstrzyganie wszelkich rozterek odbywa się na wspólnej zasadzie, a mianowicie w wyniku przebiegów energetycznych. Nawet w zwykłym suwaku logarytmicznym wynik obliczeń zależy od ilości energii zużywanej na przesuwanie ruchomej części suwaka. Gdyby można była w łatwy sposób odmierzać tę energię, to przy stałym współczynniku przekształcania energii w przesunięcie można by wykonywać obliczenia nawet bez patrzenia na suwak. Między maszyną matematyczną a człowiekiem, w zakresie rozstrzygania rozterek, różnica polega na tym, że w maszynie matematycznej energia jest związana tylko z jednym rodzajem bodźców (co wymaga tylko jednego rodzaju receptorów), w organizmie zaś z wieloma rodzajami bodźców na raz (co wymaga wielu rodzajów receptorów). W organizmie wielkościami wejściowymi receptorów są rozmaite bodźce, natomiast wielkość wyjściowa jest jedna i ta sama, tj. potencjał rejestracyjny; dzięki temu wpływ rozmaitych bodźców zostaje ujednolicony i sprowadzony do przepływu energii w środowisku korelacyjnym. W maszynie matematycznej ujednolicenie jest zapewnione dzięki jednakowemu rodzajowi bodźców. Po ujednoliceniu wpływu bodźców przez receptory rozstrzyganie rozterek w organizmie nie różni się w sposób istotny od rozstrzygania rozterek w maszynie.

Aby wyjaśnić poglądowo rolę ujednolicania bodźców opowiemy historijkę, którą skomponowaliśmy do tego właśnie celu.

Według tej historijki rząd pewnego kraju, chcąc przyjść obywatelom z pomocą w różnych sytuacjach wymagających podejmowania decyzji, założył „Biuro Rozstrzygania Rozterek”, w którym każdy za niewielką opłatą mógł uzyskać poradę w dręczących

go niepewnościach. Pewnego razu zgłosił się do owego biura mały chłopiec z następującą sprawą: „Mama powiedziała, że jeżeli umyję sobie szyję, to dostanę pomarańczę, a jeżeli nie, to tylko bułkę; co mam wybrać?” Urzędnik sięgnął po jakąś księgę i przerzuciwszy kilka kartek odpowiedział: „Umyj szyję i weź pomarańczę”. Chłopiec podziękował za radę, ale że był ciekawy, więc zapytał: „A skąd pan wie, że tak powinienem zrobić?” Urzędnik uśmiechnął się i wyjaśnił: „Widzisz mój mały, w tej książce są wypisane rozmaite słowa, a przy każdym jest podana liczba ze znakiem plus lub minus. Na przykład, przy słowie „pomarańcza” jest napisane „+5”, dalej „mycie szyi” to „-2”, a „bułka” to „+2”. Razem „pomarańcza” i „mycie szyi” to „+5 - 2” czyli „+3”, a więc więcej niż „+2” przy słowie „bułka”. Ot, i wybór dokonany”. Chłopiec jednak był bardzo dociekliwy, więc jeszcze zapytał: „Ale jak ustalono te liczby?” Dlaczego „pomarańcza” to „+5”, a nie „+4” lub „+7”? „To bardzo proste – wyjaśniał dalej cierpliwy urzędnik – gdy zaczęto pisać tę księgę, były tam inne liczby, ale gdy okazały się nietrafne, zmieniano je, niektóre nawet po kilka razy. Być może, i w obecnym wydaniu tej książki nie wszystkie liczby są zupełnie trafne, ale gdy zajdzie potrzeba, poprawi się je w następnych wydaniach”. Koniec historyjki.

Opisana w niej metoda dokonywania wyboru jest stosowana częściej, niż by można było przypuszczać. Stosując ją nauczyciele stawiają stopnie uczniom, a zwierzchnicy ustalają wynagrodzenia za pracę podwładnych. Ocenę opartą na podobnej podstawie stanowią oklaski, jakimi publiczność darzy aktora lub śpiewaka.

Czytelnik mógłby wysunąć zastrzeżenia, że jednak w ogromnej większości przypadków nie rozstrzyga się rozterek na podstawie ocen liczbowych. Na przykład, czyż ktokolwiek rozumuje w taki sposób: „spacer z narzeczoną oceniam na +15 a pójście na brydża na +25, wobec tego idę na brydża”.

Słuszność takiego zastrzeżenia jest tylko pozorna. Wielkością stanowiącą podstawę porównań przy dokonywaniu wyboru jest moc korelacyjna (korelaty). Oceny liczbowe są tylko dodatkowymi korelatami skojarzeń liczbowych.

Na zasadzie przepływu mocy korelacyjnej organizm rozstrzyga nawet rozterki które dałyby się „sformalizować”. Na przykład, w celu rozstrzygnięcia rozterki, czy grać na loterii czy nie, można by obliczyć prawdopodobieństwo wygranej, a wówczas okazałoby się, że statystycznie traktowany uczestnik otrzymuje mniej niż wpłaca, a więc, że gra na loterii się nie opłaca. W rzeczywistości natomiast rozterka ta rozstrzyga się na podstawie porównania mocy korelacyjnej, a ponieważ motywacja ofensywna związana z możliwością wygranej często przeważa nad motywacją defensywną związaną z pewnością utraty drobnej kwoty na kupno biletu, więc dlatego tak wielu ludzi gra na loterii, przynajmniej do czasu gdy częste przegrane wywołają rejestraty, które doprowadzą do przewagi motywacji defensywnej nad ofensywną.

Jest godne uwagi, że rola energii w rozstrzyganiu rozterek w organizmie wydaje się znajdować potwierdzenie w tak często spotykanych wyrażeniach potocznych, jak np. że komuś na myśl o czymś „serce mocniej zabiło”, „serce się ścisnęło” itp. Typowym przykładem jest sytuacja, gdy córce nie mogącej się zdecydować na wybór męża matka mówi: „zrób tak, jak ci serce dyktuje”; jest to całkiem rozsądna rada – zmierza ona do stwierdzenia, który z kandydatów wywołuje u niezdecydowanej dziewczyny większy przepływ mocy korelacyjnej.

Gdy korelaty okażą się fałszywe, tzn. gdy oparte na nich rozstrzygnięcia rozterek spowodują reakcje niekorzystne, wówczas emocje zakłócające i refleksje osłabiające wywołują zmniejszenie mocy korelacyjnej i w ten sposób korelat zostanie poprawiony. Zmiany mocy korelacyjnej spowodują zmiany przewodności korelacyjnej, czyli będą się zmieniać również rejestraty. Przy zmienionych rejestratach wystąpią przy powtórzeniu się bodźców zmienione korelaty itd. Rejestraty odpowiadają zapisom w „Księdze” z opowiedzianej historyjki.

Jak wynika z dotychczasowych rozważań, układ samodzielny może wpływać na swoje zachowanie się tylko dzięki posiadaniu homeostatu, jako źródła potencjału refleksyjnego.

Natomiast zachowanie się układów samosterownych, wobec braku homeostatu, zależy tylko od potencjału rejestracyjnego i od przewodności korelacyjnej. Przy bardzo małej trwałości rejestratów, każdy kolejny bodziec natrafia na taką samą przewodność korelacyjną, wobec czego jedynym czynnikiem, mogącym spowodować zmiany zachowania się układu samosterownego, jest potencjał rejestracyjny, co oznacza, że zachowanie się układu samosterownego jest zależne wyłącznie od oddziaływania aktualnych bodźców, czyli jest wymuszane przez otoczenie. Przy dużej trwałości rejestratów zachowanie się układu samosterownego jest z każdym kolejnym bodźcem inne, ale ponieważ rejestraty ulegają zmianom wskutek zmian mocy korelacyjnej, a moc korelacyjna jest wywoływana przez potencjał rejestracyjny, więc i zachowanie się takiego układu jest wymuszane przez otoczenie z taką tylko różnicą, że zamiast wpływu aktualnego bodźca występuje wypadkowy wpływ bodźca aktualnego i wszystkich bodźców poprzednich.

W układzie samodzielnym mogą występować obiegi reakcyjne i refleksyjne, a w układzie samosterownym tylko obiegi reakcyjne.

Przy porównywaniu zachowania się regulatora temperatury i człowieka w rozdz. 7 otrzymaliśmy analogię ich zachowania się (tabl. 7–2) tylko dzięki temu, że zestawiliśmy ze sobą dwa obiegi reakcyjne. Żłudność tego porównania wynika stąd, że dla regulatora obieg reakcyjny jest jedynym możliwym, natomiast dla człowieka jest jednym z możliwych. Inaczej mówiąc, porównywaliśmy układ samosterowny z układem samodzielnym w szczególnym przypadku, gdy zachowuje się on jak układ samosterowny (przy milczącym założeniu, że zachowanie się człowieka wobec nadmiernego wzrostu temperatury było całkowicie odruchowe, bez zastanawiania się nad wykonywanymi czynnościami).

W układzie samosterownym może występować obieg refleksyjny tylko wtedy, gdy jakiś homeostat wprowadzi potencjał refleksyjny do procesu

korelacji, czyli gdy w działanie układu samosterownego interweniuje jakiś układ samodzielny.

W działaniu przykładowego regulatora temperatury rolę potencjału refleksyjnego odgrywa przesunięcie pręta dylatacyjnego za pomocą śruby nastawczej, dokonuje tego jednak człowiek, a więc układ samodzielny, którego homeostat spełnia zadanie homeostatu brakującego w regulatorze.

Dzięki posiadaniu homeostatu człowiek jest swoim własnym organizatorem i może wpływać na swoje postępowanie we własnym interesie. Regulator techniczny dopiero wraz z człowiekiem, użytkownikiem regulatora, stanowi organizację, w której użytkownik jest organizatorem i wpływa na zachowanie się regulatora w swoim interesie.

W maszynie matematycznej występują obiegi refleksyjne w przypadkach, gdy maszyna w trakcie obliczeń sprawdza prawidłowość wyników według określonych kryteriów, ale kryteria te są zawarte w programie maszyny, ułożonym i wprowadzonym przez człowieka, operatora maszyny. A więc i w tym przypadku organizatorem jest układ samodzielny, którego homeostat jest źródłem potencjału refleksyjnego.

Decyzja, czyli przekroczenie potencjału decyzyjnego przy wzrastaniu potencjału estymacyjnego, jest bezpośrednią przyczyną reakcji. Z kolei jednak decyzja ma również swoją przyczynę, która także ma przyczynę, nasuwu się więc pytanie, co w tym ciągu przyczyn jest w układzie samodzielnym przyczyną pierwotną. Spróbujmy ją znaleźć cofając się do coraz wcześniejszych przyczyn. Potencjał estymacyjny wzrasta, gdy moc korelacyjna wzrasta. Moc korelacyjna wzrasta, gdy potencjał refleksyjny wzrasta. Potencjał refleksyjny wzrasta, gdy potencjał perturbacyjny maleje. Potencjał perturbacyjny maleje, gdy moc korelacyjna maleje. Moc korelacyjna maleje, gdy potencjał refleksyjny maleje. Potencjał refleksyjny maleje, gdy potencjał perturbacyjny wzrasta. Potencjał perturbacyjny wzrasta, gdy moc korelacyjna wzrasta itd. Jak widać, w poszukiwaniu pierwotnej przyczyny reakcji dochodzi się do zamykającego się obiegu: moc korelacyjna (korelat) – potencjał perturbacyjny (emocja) – potencjał refleksyjny (refleksja) – moc korelacyjna (korelat) itd. Nie można w nim wyróżnić przyczyny pierwotnej, podobnie jak nie można powiedzieć, który punkt na obwodzie koła jest pierwszy. Cały ten obieg refleksyjny jest początkiem ciągu: moc korelacyjna – potencjał estymacyjny – decyzja – reakcja. Na zjawiska zachodzące w tym obiegu mają wpływ bodźce, wprowadzające potencjał rejestracyjny, oraz procesy energetyczne w akumulatorze, które poprzez homeostat wpływają na potencjał refleksyjny. Ostatecznie więc reakcje są wynikiem struktury całego układu samodzielnego i wpływu otoczenia.

Powyższe okoliczności sprawiają, że w układach samodzielnych zależność reakcji od bodźca nie jest jednoznaczna; takie same bodźce mogą wywoływać zupełnie różne reakcje.

Te właśnie okoliczności utrudniają psychologom uzyskanie jednoznaczności w ich doświadczeniach nad zależnością bodźców od reakcji. Do jednoznacznych wyników dochodzą oni tylko przy stosowaniu bodźców obojętnych, a mianowicie takich testów, które nie wywołują motywacji ofensywnej ani defensywnej, wobec czego homeostat nie wprowadza zmian potencjału refleksyjnego, a tym samym nie wpływa na reakcje.

III. PRZEBIEGI ENERGETYCZNE

11. Starzenie się i rozbudowa układów samodzielnych

Jak na to wskazano w rozdz. 4, przebiegi sterownicze polegają na wywoływaniu pożądanych zmian struktury układu, a więc warunkiem występowania określonych przebiegów sterowniczych jest istnienie określonej struktury dającej się w określony sposób zmieniać.

Z kolei jednak istnienie struktury jest uzależnione od trwałości tworzywa, z którego układ o określonej strukturze jest zbudowany. Im mniejsza jest trwałość tworzywa, tym szybciej powstają niepożądane zmiany struktury, zmniejszające możliwość powstawania przebiegów sterowniczych, wówczas bowiem organy sterownicze tracą właściwości (np. kształt) niezbędne do swojego działania, a przepływ energii sterowniczej przestaje być skanalizowany.

Na przykład, gdyby – zamiast ze stali – udało się wykonać zegarek z odpowiednio ukształtowanych kawałków lodu, to w miarę topnienia lodu zegarek taki spełniałby swoje zadanie w coraz mniejszym stopniu, a wreszcie to, co pozostałoby po zupełnym stopieniu się lodu, przestałoby w ogóle być zegarkiem. W odpowiednio wysokiej temperaturze to samo stałoby się i z zegarkiem stalowym, ale i w zwykłej temperaturze działanie zegarka stalowego pogarsza się wskutek niepożądanych, choć powolnych, zmian jego tworzywa, np. rdzewienia, ścierania się, odkształcania pod wpływem wyrównywania się naprężeń wewnętrznych itp.

Ogólnie biorąc, określona struktura istnieje, dopóki w tworzywie utrzymuje się określona koncentracja energii, a dzięki niej – określony rozkład potencjałów.

Ponieważ pod wpływem procesów samowyrównawczych każda różnica potencjałów maleje dążąc do zera, więc w każdym układzie – przy braku interwencji z zewnątrz – zanikają z czasem możliwości występowania przebiegów sterowniczych, czyli układ ulega dezorganizacji.

W ogólnym przypadku w poszczególnych elementarnych cząstkach tworzywa zanikanie różnic potencjałów może się odbywać przy ekstynkcjach będących różnymi funkcjami czasu. Zamiast o potencjałach poszczególnych cząstek można mówić o potencjale wypadkowym całego tworzywa danego układu, zapewniającym takie same właściwości sterownicze temu układowi, jakie zapewnia im rzeczywisty rozkład potencjałów. Ten potencjał wypadkowy będziemy nazywać *jakością tworzywa a* (z punktu widzenia właściwości sterowniczych układu), a ekstynkcję jego zanikania *współczynnikiem starzenia A* .

Jeśli dla uproszczenia operacji matematycznych przyjąć, że zanikanie różnic potencjałów dla poszczególnych cząstek tworzywa odbywa się przy ekstynkcji jednakowej i niezależnej od czasu, to zanikanie jakości tworzywa od pewnej początkowej jakości tworzywa a_0 będzie przebiegiem samowyrównawczym (rozdz. 2), który wyrazi się wzorem

$$a = a_0 \cdot e^{-At} \quad (11.1)$$

w którym

- a — chwilowa jakość tworzywa,
- a_0 — początkowa jakość tworzywa,
- t — czas,
- A — współczynnik starzenia,
- e — podstawa logarytmów naturalnych.

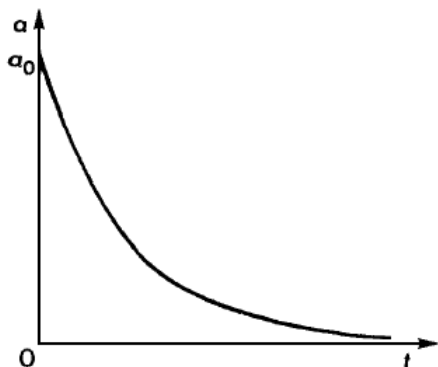
Powyższą zależność przedstawia na wykresie (rys. 11–1) *krzywa starzenia*; jest to krzywa wykładnicza podobna do krzywych z rys. 2–9.

Założenie, że jakość tworzywa maleje według krzywej wykładniczej, jest nieistotne, do czego jeszcze powrócimy w dalszych rozważaniach. Tutaj wprowadzamy to założenie tylko dla uproszczenia operacji matematycznych.

Potencjał w jakimś miejscu może być wyższy niż w innym tylko dzięki temu, że w miejscu tym występuje koncentracja energii. Gdy różnica potencjałów maleje, wówczas maleje również koncentracja energii, czemu towarzyszy odpływ energii na zewnątrz.

Układ samodzielny różni się od innych układów tym, że przeciwstawia się własnej dezorganizacji, a więc musi przeciwdziałać zmniejszaniu się koncentracji energii we własnym tworzywie. Cel ten układ może osiągnąć tylko przez pobieranie energii z zewnątrz. Potrzebne są do tego odpowiednie organy, które układ samodzielny musi sam sobie rozbudować. Ponadto

może się okazać, że pobierana energia musi być przetwarzana do postaci potrzebnej dla danego układu samodzielnego, a wówczas również i do tego



Rys. 11-1. Krzywa starzenia

celu układ samodzielny musi rozbudować sobie odpowiednie organy. Rozbudowa, czyli wzrost *ilości tworzywa* jest więc koniecznością walki układu samodzielnego z własną dezorganizacją.

Obniżanie się jakości tworzywa jest równoznaczne ze zmniejszaniem się trwałości układu samodzielnego, stanowi więc zakłócenie, które układ samodzielny, a w szczególności jego homeostat, musi zwalczać. Homeostat spełnia to zadanie sterując

rozbudowę układu odpowiednio do przebiegu zmian aktualnego stanu tworzywa, a więc do szybkości zmian tego stanu. W związku z tym, szybko postępującej dezorganizacji układu samodzielnego będzie towarzyszyć szybka jego rozbudowa, a przy coraz wolniejszym przebiegu dezorganizacji rozbudowa układu będzie również coraz wolniejsza.

Przedstawiając równanie (11.1) w postaci

$$\frac{a}{a_0} = e^{-At} \quad (11.2)$$

i różniczkując je względem czasu można określić stromość przebiegu krzywej jakości tworzywa

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{a}{a_0} \right) = -Ae^{-At} \quad (11.3)$$

W przypadku takiej rozbudowy układu samodzielnego, że ilość tworzywa c wzrasta do pewnej granicznej ilości tworzywa c_g ze stromością krzywej przebiegu równą stromości krzywej przebiegu jakości tworzywa:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{c}{c_g} \right) = Ae^{-At} \quad (11.4)$$

(ze znakiem plus zamiast minus dla uwzględnienia okoliczności, że gdy jakość tworzywa maleje, ilość tworzywa wzrasta), skąd

$$\frac{c}{c_g} = \int_0^t Ae^{-At} dt \quad (11.5)$$

czyli

$$\frac{c}{c_g} = 1 - e^{-At} \quad (11.6)$$

skąd

$$c = c_g(1 - e^{-At}) \quad (11.7)$$

W ogólnym przypadku, w zależności od intensywności działania homeostatu, wzrost ilości tworzywa może odbywać się szybciej lub wolniej od zmniejszania się jakości tworzywa. Okoliczność tę można wyrazić wprowadzając na miejsce współczynnika A we wzorze (11.7) *współczynnik rozbudowy* C , który może być większy, równy lub mniejszy od A . Wobec tego wzór (11.7) można zastąpić ogólniejszym wzorem

$$c = c_g(1 - e^{-Ct}) \quad (11.8)$$

w którym:

- c — chwilowa jakość tworzywa,
- c_g — początkowa jakość tworzywa,
- t — czas,
- C — współczynnik starzenia,
- e — podstawa logarytmów naturalnych.

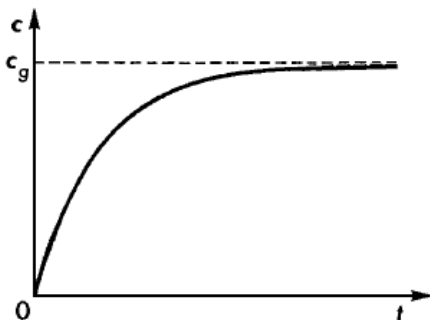
Wyrażona tym wzorem krzywa rozbudowy ma przebieg jak na rys. 11–2.

Traktując układ samodzielny jako przetwornik energii można operować pojęciem mocy układu. Moc całkowita układu jest tym większa, im wyższa jest jakość tworzywa a i im większa jest ilość tworzywa c . Wprowadzając współczynnik proporcjonalności, który będziemy nazywać *mocą jednostkową* v , można określić moc całkowitą układu wzorem

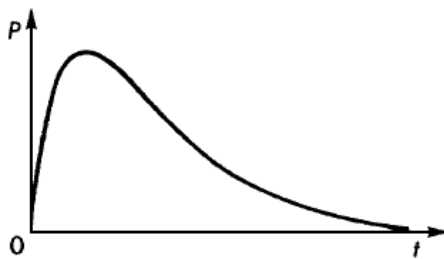
$$P = vac \quad (11.9)$$

Moc jednostkowa jest wielkością określającą zdolność układu do przetwarzania energii. Moc całkowita P określona wzorem (11.9) jest w danym stanie układu największą dopuszczalną mocą jaką układ może przetwarzać. Jej przekroczenie groziłoby takimi zmianami tworzywa (np. wskutek wzrostu temperatury, ciśnienia itp.), że wynikającego stąd naruszania równowagi homeostat nie zdołałby usunąć i układ przestałby istnieć.

Z okoliczności, że jakość tworzywa stale maleje dążąc do zera, a ilość tworzywa stale wzrasta dążąc do pewnej granicy, wynika, że w funkcji czasu moc całkowita układu samodzielnego przebiega od zera (przy założeniu, że w chwili początkowej ilość tworzywa jest równa zero; w rzeczy-



Rys. 11-2. Krzywa rozbudowy



Rys. 11-3. Krzywa mocy całkowitej

wistości każdy układ samodzielny musi mieć pewną początkową ilość tworzywa), która z upływem czasu wzrasta do pewnego maksimum, a następnie maleje¹ asymptotycznie do zera (ponieważ jakość tworzywa dąży do zera).

Podstawiając wyrażenia (11.1) i (11.8) do wzoru (11.9) otrzymuje się

$$P = \nu a_0 c_g e^{-At} (1 - e^{-Ct}) \quad (11.10)$$

Wyrażona tym wzorem zależność mocy całkowitej układu samodzielnego od czasu przedstawia się wykreślnie w postaci krzywej o przebiegu widocznym na rys. 11-3.

Wprowadzając *współczynnik dynamizmu* n określony stosunkiem C do A

$$n = \frac{C}{A} \quad (11.11)$$

skąd

$$C = nA \quad (11.12)$$

można przedstawić wzór (11.10) w postaci

¹ W odniesieniu do organizmów to stadium zmniejszania się mocy całkowitej bywa w języku potocznym nazywane „starzeniem się”. W naszych rozważaniach będziemy używać tej nazwy wyłącznie w odniesieniu do zmniejszania się jakości tworzywa. Zgodnie z tym układ samodzielny starzeje się od samego początku, a nie dopiero od chwili osiągnięcia maksimum mocy całkowitej.

$$P = \nu a_0 c_g e^{-At} (1 - e^{-nAt}) \quad (11.13)$$

W celu znalezienia maksimum tej funkcji należy przyrównać jej pierwszą pochodną do zera

$$\frac{dP}{dt} = 0 \quad (11.14)$$

czyli

$$\nu a_0 A e^{-At_m} [(1 + n)e^{-nAt_m} - 1] = 0 \quad (11.15)$$

wobec czego

$$(1 + n)e^{-nAt_m} - 1 = 0 \quad (11.16)$$

skąd

$$e^{-nAt_m} = \frac{1}{1 + n} \quad (11.17)$$

oraz

$$e^{-At_m} = \frac{1}{\sqrt[n]{1 + n}} \quad (11.18)$$

Podstawiając wyrażenia (11.17) i (11.18) do wzoru (11.13) otrzymuje się wzór na moc maksymalną

$$P_m = \nu a_0 c_g \cdot \frac{1}{\sqrt[n]{1 + n}} \left(1 - \frac{1}{1 + n}\right) \quad (11.19)$$

a po uporządkowaniu

$$P_m = \nu a_0 c_g \cdot \frac{n}{\sqrt[n]{(1 + n)^{1+n}}} \quad (11.20)$$

skąd

$$\nu a_0 c_g = P_m \cdot \frac{\sqrt[n]{(1 + n)^{1+n}}}{n} \quad (11.21)$$

Podstawiając wyrażenie (11.21) do wzoru (11.13) otrzymuje się

$$P = P_m \cdot \frac{\sqrt[n]{(1 + n)^{1+n}}}{n} \cdot e^{-At} (1 - e^{-nAt}) \quad (11.22)$$

Logarytmując obie strony równania (11.17) otrzymamy

$$-nAt_m = -\ln(1 + n) \quad (11.23)$$

skąd wynika wzór

$$t_m = \frac{1}{A} \ln \sqrt[n]{1 + n} \quad (11.24)$$

określający czas t_m , w którym występuje moc maksymalna P_m .

Jak już wspomniano poprzednio, współczynnik rozbudowy C może być większy, równy lub mniejszy od współczynnika starzenia A .

Rozpatrzmy przypadek, gdy współczynnik rozbudowy równa się współczynnikowi starzenia czyli $C = A = B$, przy czym oznaczenie B wprowadzamy dla podkreślenia, że chodzi tylko o ten szczególny przypadek.

W tym przypadku współczynnik dynamizmu $n = 1$ (wzór 11.11), wobec czego moc całkowita układu zgodnie ze wzorem (11.22) wyrazi się wzorem

$$P = 4P_m e^{-Bt} (1 - e^{-nBt}) \quad (11.25)$$

przy czym moc maksymalną P_m układ osiąga zgodnie ze wzorem (11.24), po upływie czasu

$$t_m = \frac{\ln 2}{B} \quad (11.26)$$

czyli w zaokrągleniu

$$t_m = \frac{0,7}{B} \quad (11.27)$$

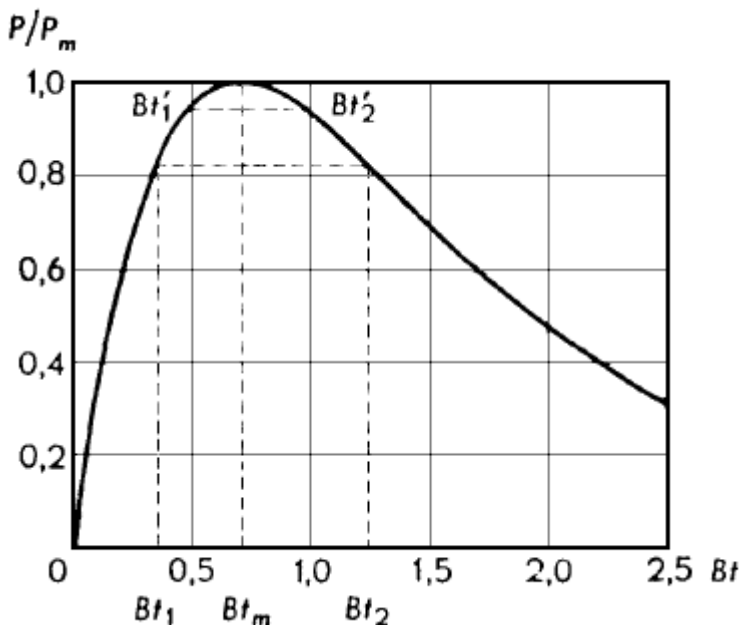
Na podstawie wzoru (11.25) znając moc maksymalną P_m i współczynnik B , można by wyznaczyć moc układu dla dowolnego czasu t .

Aby uniezależnić się od mocy maksymalnej P_m , można operować względną mocą całkowitą P/P_m , co jest równoznaczne z wyrażeniem mocy układu w ułamkach mocy maksymalnej. Zgodnie z tym można przedstawić wzór (11.25) w postaci

$$\frac{P}{P_m} = 4e^{-Bt} (1 - e^{-nBt}) \quad (11.28)$$

W tym wzorze jedynym nieznanym liczbowo parametrem jest współczynnik B .

W odniesieniu do organizmów wartości liczbowe współczynnika B spróbujemy wyznaczyć biorąc pod uwagę, że zdolność reprodukcyjna organizmu rozpoczyna się w pewnym czasie t_1 i kończy się w pewnym czasie t_2 , przy czym moc organizmu nie powinna być mniejsza od pewnej niezbędnej do tego wartości (rys. 11–4). Wiadomo, że dla organizmu ludzkiego czasy te wynoszą w przybliżeniu $t_1 = 14 \dots 17$ lat oraz $t_2 = 50 \dots 60$ lat (mniejsze wartości odnoszą się raczej do kobiet, większe do mężczyzn), wobec czego $t_1 : t_2 = 1 : 3,5$. Wystarczy więc znaleźć na krzywej z rys. 11–4 takie punkty przy jednakowej mocy, które spełniają ten warunek, ażeby móc określić funkcję $P/P_m = f(t)$ liczbowo.



Rys. 11–4. Krzywa względnej mocy całkowitej

Jak widać na wykresie (rys. 11–4), warunek $t_1 : t_2 = 1 : 3,5$ jest spełniony przy mocy względnej $P/P_m = 0,82$. Biorąc pod uwagę, że $Bt_m = 0,7$ – zgodnie ze wzorem (11.27), można odczytać z rys. 11–4 wartości $Bt_1 = 0,35$ i $Bt_2 = 1,25$. Dla mniejszej wartości początkowego czasu zdolności reprodukcyjnej ($t_1 = 14$ lat) wypada $B = 0,35/t_1 = 0,35/14 = 0,025$ na rok; dla większej wartości ($t_1 = 17$ lat) wypada $B = 0,35/t_1 = 0,35/17 = 0,02$ na rok.

Ze wzoru (11.27) wynika więc, że maksimum mocy organizmu ludzkiego występuje w wieku między $t_m = 0,7/0,025 = 28$ lat a $t_m = 0,7/0,02 = 35$ lat.

W okresie od $t_1 = 20 \dots 25$ lat do $t_2 = 40 \dots 50$ lat moc całkowita organizmu przekracza nawet 95% mocy maksymalnej. Jak widać, natura stawia organizmowi wysokie wymagania co do mocy, gdy chodzi o rozmnażanie. Ponadto okoliczność, że moc organizmu ludzkiego w całym okresie jego dojrzałości tak niewiele różni się od mocy maksymalnej, wyjaśnia, skąd w tym okresie bierze się poczucie niezmienności „sił życiowych”.

Ponieważ krzywa mocy zbliża się asymptotycznie do osi odciętych, nasuwa się pytanie, czy egzystencja układu samodzielnego, nawet przy stale malejącej mocy układu, mogłaby trwać wiecznie. Odpowiedź na to

pytanie będzie można uzyskać na podstawie rozważań przeprowadzonych w następnym rozdziale.

12. Moc jałowa

Jak wskazano w rozdz. 4, w *mocy całkowitej* układu samodzielnego można wyróżnić składnik mocy potrzebny do pokrywania strat energii do otoczenia i stanowiący *moc jałową* P_0 układu. Moc jałowa występuje w każdym układzie przetwarzającym energię.

W urządzeniach technicznych moc jałowa zużywa się głównie z powodu tarcia poruszających się elementów; powstająca przy tym energia cieplna odpływa do otoczenia. W organizmach moc jałowa zużywa się na odnawianie tworzywa i utrzymywanie go w odpowiednim stanie, czyli na tzw. „przemianę podstawową”, obejmującą oddychanie, krążenie krwi, ruchy jelit itp. Gdyby organizm pozostawał w spoczynku, a więc nie pracował, nie poruszał się itp., to nawet wówczas zużywałby pewną moc na utrzymanie się przy życiu, tj. właśnie moc jałową.

Im większa jest ilość tworzywa, tym większa jest moc jałowa. Jeśli przyjąć, że jest to zależność proporcjonalna, to jako współczynnik proporcjonalności można wprowadzić *stratność* w określoną stosunkiem mocy jałowej do ilości tworzywa

$$w = \frac{P_0}{c} \quad (12.1)$$

wobec czego moc jałowa wyrazi się wzorem

$$P_0 = wc \quad (12.2)$$

Z mocy całkowitej P układ samodzielny musi przede wszystkim wydawać moc jałową P_0 na pokrywanie strat energii do otoczenia, a dopiero z pozostałej reszty może korzystać do innych potrzeb. Ta reszta mocy stanowi *moc dyspozycyjną* P_d , przy czym

$$P_d = P - P_0 \quad (12.3)$$

wobec czego moc całkowitą można wyrazić wzorem

$$P = P_0 + P_d \quad (12.4)$$

Według danych z fizjologii stratność organizmu ludzkiego wynosi ok. 1 kcal/hkg (kilokaloria na godzinę na kilogram). Na prace wymagające przeciętnego wysiłku zużywa się ponadto ok. 3 kcal/hkg. Przy pracy 8-godzinnej zużywa się więc na pracę 24 kcal/kg, co w przeliczeniu na całą dobę daje 1 kcal/hkg. Dodając do tego stratność 1 kcal/hkg

otrzymuje się na jednostkę masy organizmu 2 kcal/hkg. A więc organizm ważący np. 60 kg (przytoczone dane liczbowe dotyczą ludzi w średnim wieku) ma moc całkowitą wynoszącą w przybliżeniu $P_m = 2 \cdot 60 = 120$ kcal/h (jako potwierdzenie tej liczby mogą służyć dane z zakresu żywienia, według których organizm ludzki otrzymuje w pożywieniu ok. 3000 kcal na dobę, czyli ok. 125 kcal/h), z czego na moc jałową przypada $P_0 = 1 \cdot 60 = 60$ kcal/h, czyli w przybliżeniu połowa mocy całkowitej.

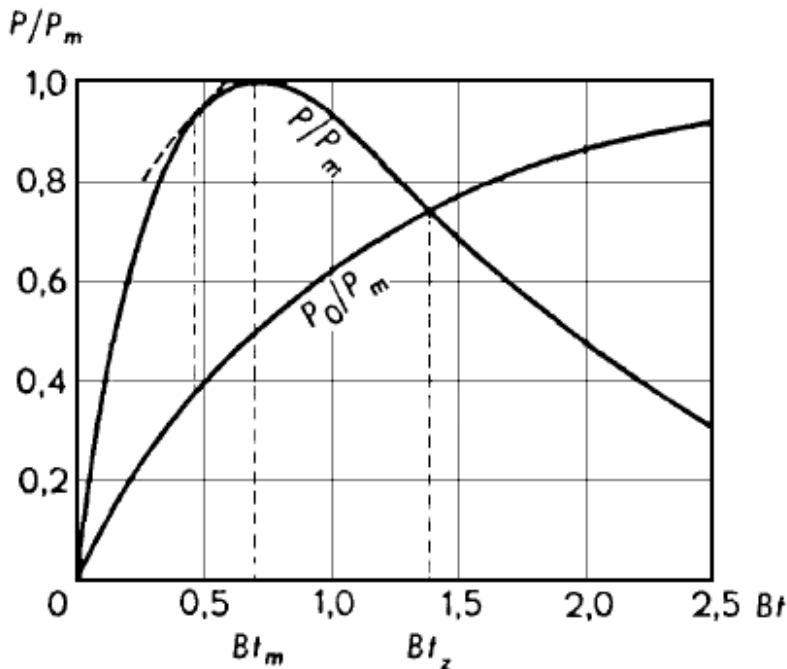
Przy rozpatrywaniu udziału poszczególnych mocy w całkowitej mocy układu dogodniej jest posługiwać się mocami względnymi. Analogicznie do względnej mocy całkowitej P/P_m będziemy operować *względną mocą jałową* P_0/P_m oraz *względną mocą dyspozycyjną* P_d/P_m .

Zgodnie ze wzorem (12.2) moc jałowa P_0 , a więc i względna moc jałowa P_0/P_m (rys. 12–1), ma przebieg analogiczny do krzywej rozbudowy (rys. 11–2).

Względna moc dyspozycyjna P_d/P_m jest proporcjonalna do długości odcinków pionowych zawartych między krzywą względną mocy całkowitej P/P_m i krzywą względną mocy jałowej P_0/P_m na rys. 12–1. Jak widać, względna moc dyspozycyjna P_d/P_m początkowo wzrasta, a następnie – po przejściu przez maksimum – maleje i staje się równa zero w pewnej chwili t_z , wyznaczonej przez przecięcie się krzywej P/P_m z krzywą P_0/P_m . Przed dojściem do chwili t_z układ ma jeszcze pewną niewielką moc dyspozycyjną, czyli nadwyżkę mocy całkowitej nad mocą jałową. W chwili t_z moc układu idzie w całości na pokrycie mocy jałowej. Po przekroczeniu czasu t_z moc układu nie wystarczałaby nawet na pokrycie mocy jałowej, co oznacza, że układ nie może zapobiec dezorganizacji i musi przestać istnieć jako układ samodzielny.

W odniesieniu do organizmów jest to chwila śmierci. Warunkiem nieskończenia długiego trwania życia (nieśmiertelności) organizmu jest, żeby moc całkowita była zawsze większa od mocy jałowej. Spełnienie tego warunku jest niemożliwe, ponieważ wskutek nieustannego zmniejszania się jakości tworzywa (dążenie krzywej starzenia do zera) moc całkowita wcześniej czy później okaże się nie wystarczająca do pokrywania strat energii (utrzymywania przemiany podstawowej) organizmu.

Czas t_z , określony warunkiem zrównania się mocy całkowitej z mocą jałową, jest *czasem egzystencji* układu samodzielnego.



Rys. 12-1. Krzywa względnej mocy jałowej

Dla rozpatrywanego przypadku szczególnego ($B = A = C$, czyli $n = 1$) można wyznaczyć czas t_z w następujący sposób. Podstawiając wyrażenie (11.8) do wzoru (12.2) otrzymamy

$$P_0 = wc_g(1 - e^{-Bt}) \quad (12.5)$$

Ze wzoru (11.18) otrzymuje się dla $n = 1$

$$e^{-Bt_m} = 0,5 \quad (12.6)$$

Dla chwili t_m , po podstawieniu wyrażenia (12.6) do wzoru (12.5), moc jałowa wyrazi się wzorem

$$P_{0m} = 0,5 wc_g \quad (12.7)$$

skąd

$$wc_g = 2 P_{0m} \quad (12.8)$$

Po podstawieniu tego wyrażenia do wzoru (12.5) otrzymamy

$$P_0 = 2P_{0m}(1 - e^{-Bt}) \quad (12.9)$$

wobec czego względna moc jałowa wyrazi się wzorem

$$\frac{P_0}{P_m} = 2 \frac{P_{0m}}{P_m} (1 - e^{-Bt}) \quad (12.10)$$

W chwili t_z względna moc całkowita zgodnie ze wzorem (11.28)

$$\frac{P_z}{P_m} = 4e^{-Bt_z}(1 - e^{-Bt_z}) \quad (12.11)$$

i względna moc jałowa zgodnie ze. wzorem (12.10)

$$\frac{P_{0z}}{P_m} = 2 \frac{P_{0m}}{P_m} (1 - e^{-Bt_z}) \quad (12.12)$$

stają się sobie równe

$$4e^{-Bt_z}(1 - e^{-Bt_z}) = 2 \frac{P_{0m}}{P_m} (1 - e^{-Bt_z}) \quad (12.13)$$

czyli

$$e^{-Bt_z} = \frac{P_{0m}}{2P_m} \quad (12.14)$$

skąd czas egzystencji układu

$$t_z = \frac{1}{B} \ln \frac{2P_m}{P_{0m}} \quad (12.15)$$

Dla ilustracji tego wzoru w odniesieniu do organizmu ludzkiego możemy się posłużyć danymi liczbowymi z poprzednich obliczeń przykładowych: $P_m = 120$ kcal/h, $P_{0m} = 60$ kcal/h, wobec czego czas trwania życia przy $B = 0,02$ na rok

$$t_z = \frac{\ln \frac{2 \cdot 120}{60}}{0,02} = 50 \ln 4 = 50 \cdot 2,3 \cdot \log 4 = 50 \cdot 2,3 \cdot 0,6 = 69 \text{ lat}$$

a czas trwania życia przy $B = 0,025$ na rok

$$t_z = \frac{\ln \frac{2 \cdot 120}{60}}{0,025} = 40 \ln 4 = 50 \cdot 2,3 \cdot \log 4 = 40 \cdot 2,3 \cdot 0,6 = 55 \text{ lat}$$

a więc $t_z = 55 \dots 69$ lat.

Liczby te nie mają znaczenia praktycznego, gdyż niezależnie od nieścisłości, wynikających z przybliżeń przy wyznaczaniu stratności, zostały otrzymane przy założeniu $n = 1$, które musi być zakwestionowane z nader istotnych przyczyn, omawianych poniżej.

Dzieląc obie strony równania (12.3) przez P_m można względną moc dyspozycyjną wyrazić wzorem

$$\frac{P_d}{P_m} = \frac{P}{P_m} - \frac{P_0}{P_m} \quad (12.16)$$

Biorąc pod uwagę wartości P/P_m obliczone ze wzoru (11.28) i wartości P_0/P_m obliczone ze wzoru (12.10), bądź odczytując je bezpośrednio z wykresu na rys. 12–1, możemy obliczyć względną moc dyspozycyjną, dla różnych wartości Bt , np.:

$$Bt = 0,4 \quad \frac{P_d}{P_m} = 0,86 - 0,33 = 0,53$$

$$Bt = 0,5 \quad \frac{P_d}{P_m} = 0,94 - 0,39 = 0,55$$

$$Bt = 0,6 \quad \frac{P_d}{P_m} = 0,98 - 0,45 = 0,53$$

$$Bt = 0,7 \quad \frac{P_d}{P_m} = 1,00 - 0,50 = 0,50$$

Wartość Bt odpowiadającą maksymalnej wartości względnej mocy dyspozycyjnej można wyznaczyć w następujący sposób.

Ze wzorów (12.16), (11.28) i (12.10) wynika

$$\frac{P_d}{P_m} = 4e^{-Bt}(1 - e^{-Bt}) - 2 \frac{P_{0m}}{P_m} (1 - e^{-Bt}) \quad (12.17)$$

W celu znalezienia maksimum tej funkcji przyrównujemy jej pierwszą pochodną do zera

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{P_d}{P_m} \right) = 0 \quad (12.18)$$

czyli

$$-4e^{-Bt} + 8e^{-Bt} - 2B \frac{P_{0m}}{P_m} e^{-Bt} = 0 \quad (12.19)$$

skąd

$$e^{-Bt} = 0,5 + 0,25 \frac{P_{0m}}{P_m} \quad (12.20)$$

Przy $P_0/P_m = 0,5$ otrzymuje się $e^{-Bt} = 0,625$, czyli $Bt = 0,47$. Ze wzoru (12.17) wynika, że wówczas względna moc dyspozycyjna $P_d/P_m = 0,56$ (dane te można również znaleźć jako współrzędne punktu styczności krzywej P/P_m z odpowiednio przesuniętą w górę krzywą P_0/P_m na rys. 12–1).

Jak widać, maksimum względnej mocy dyspozycyjnej $P_d/P_m = 0,56$ i występuje w przybliżeniu już przy $Bt = 0,47$, chociaż maksimum mocy

całkowitej występuje dopiero przy $Bt = 0,7$. Powyżej $Bt = 0,47$ moc dyspozycyjna maleje, pomimo że moc całkowita jeszcze przez pewien czas wzrasta; przy maksimum mocy całkowitej względna moc dyspozycyjna $P_d/P_m = 0,5$. Wynika to z okoliczności, że powyżej $Bt = 0,47$ moc jałowa wzrasta szybciej niż moc całkowita.

Jednakże wzrost mocy jałowej (rys. 12–1) jest spowodowany rozbudową układu. Jak widać, od pewnego stadium ($Bt = 0,47$) dalsza rozbudowa układu samodzielnego staje się niekorzystna, powoduje bowiem zmniejszenie mocy dyspozycyjnej nawet pomimo wzrostu mocy całkowitej. W związku z tym nasuwa się pytanie, czy w interesie układu samodzielnego nie leży powstrzymywanie rozbudowy. W celu zanalizowania tego zagadnienia przeprowadzimy porównanie układu o rozbudowie niepowstrzymywanej przebiegającej według wzoru (11.8), z układem o rozbudowie powstrzymywanej.

W porównywanych układach przyjmiemy jednakowy przebieg krzywej starzenia $a = f(t)$, jednakową moc jednostkową v i jednakową stratność w . Rozpatrując różne przebiegi rozbudowy, zapewniające taką samą moc maksymalną układu, zbadamy, który z tych przebiegów rozbudowy jest dla układu samodzielnego korzystniejszy.

Aby zapewnić sobie możliwość ilustracji liczbowej i wykreślnej przebiegów opartej na możliwie prostych i dogodnych liczbach, a zarazem utrzymać ogólność rozważań, założymy następujące wartości:

początkowa jakość tworzywa $a_0 = 1$

graniczna ilość tworzywa $c_g = 1$

maksymalna moc całkowita $P_m = 1$

Przy takich założeniach wartości liczbowe wielkości a , c , P będzie można traktować jednocześnie jako wartości względne (ułamki, które po pomnożeniu przez 100 dałyby wartości wyrażone w procentach).

Równanie krzywej starzenia – zgodnie ze wzorem (11.1) – przybierze wówczas postać

$$a = e^{-At}$$

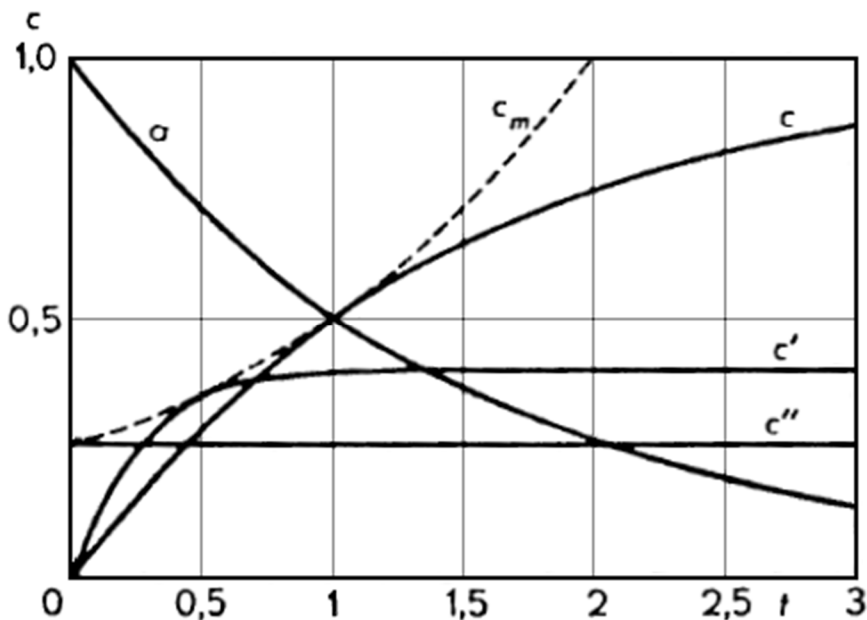
Ponieważ będziemy rozważać układy o jednakowym przebiegu starzenia, więc współczynnik starzenia A będzie stały. Dla dogodności sporządzania wykresów przyjmiemy, że A ma taką wartość liczbową, że po upływie czasu równego jednostce jakość tworzywa maleje do połowy, wobec czego

$$0,5 = e^{-A}$$

Podstawiając to wyrażenie do poprzedniego wzoru otrzymamy

$$a = 0,5^t$$

skąd dla $t = 2$ jest $a = 0,25$, dla $t = 3$ jest $a = 0,125$ itd. (krzywa a na



Rys. 12-2. Krzywe rozbudowy niepowstrzymywanej i powstrzymywanej

rys. 12-2).

Dla przypadku gdy $A = C$, przy uwzględnieniu założenia $c_g = 1$, otrzymamy ze wzoru (11.8) równanie rozbudowy

$$c = 1 - 0,5^t$$

skąd dla $t = 1$ jest $c = 0,5$, dla $t = 2$ jest $c = 0,75$, dla $t = 3$ jest $c = 0,875$ itd. (krzywa c na rys. 12-2).

Wówczas wzór (11.9) na moc całkowitą

$$P = v 0,5^t (1 - 0,5^t)$$

Ze wzoru (11.18) wynika, że przy $A = C$, tj. $n = C/A = 1$, maksimum mocy całkowitej występuje w czasie t_m spełniającym warunek

$$e^{-At_m} = 0,5$$

a więc

$$0,5^{t_m} = 0,5$$

co oznacza, że maksimum mocy całkowitej wystąpi w czasie $t_m = 1$.

Dla tej wartości moc maksymalna

$$P_m = 0,25\nu$$

skąd moc jednostkowa

$$\nu = 4 P_m$$

Wobec założenia, że będziemy rozpatrywać układy o jednakowej mocy maksymalnej, wynoszącej $P_m = 1$, moc jednostkowa $\nu = 4$, a wzór na moc całkowitą przybierze postać

$$P = 4 \cdot 0,5^t (1 - 0,5^t)$$

Zakładając ponadto, że stratność wynosi $w = 1$, możemy wzór (12.2) na moc jałową napisać w postaci

$$P_0 = c$$

czyli

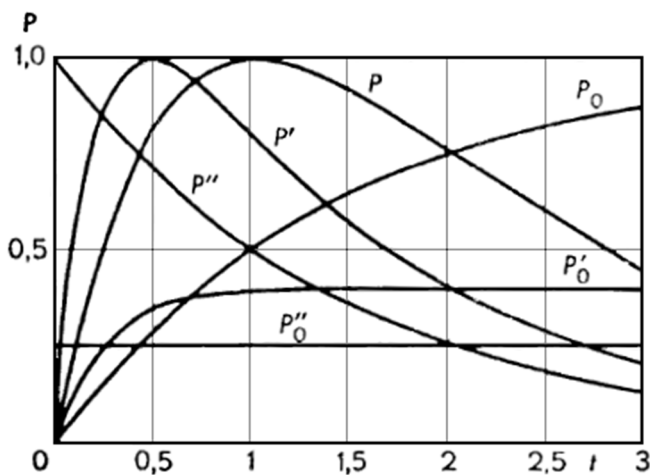
$$P_0 = 1 - 0,5^t$$

(krzywa P_0 na rys. 12–3).

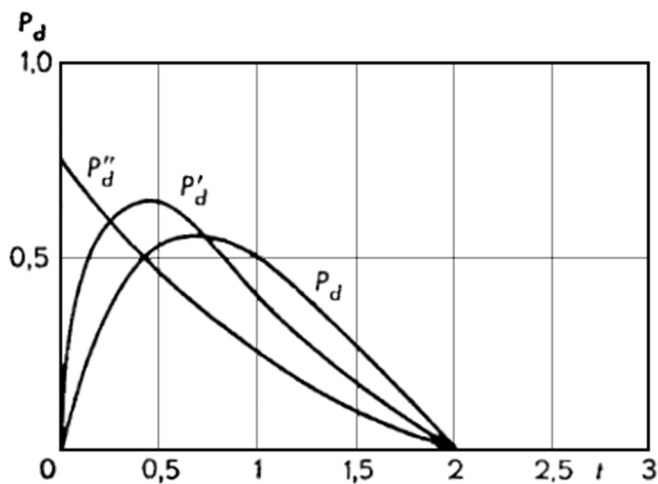
Znając wartości mocy całkowitej P i mocy jałowej P_0 możemy na podstawie wzoru (12.3) obliczyć moc dyspozycyjną (krzywa P_d na rys. 12–4).

W wyniku powyższych operacji otrzymaliśmy przebieg mocy całkowitej P (rys. 12–3) i przebieg mocy dyspozycyjnej P_d (rys. 12–4) dla jednego z możliwych układów samodzielnych, spełniających przyjęte przez nas założenia, a mianowicie dla układu o niepowstrzymywanej rozbudowie c (rys. 12–2).

Aby określić zakres możliwości występowania innych układów samodzielnych o takiej samej mocy maksymalnej, wyznaczmy krzywą stanowiącą miejsce geometryczne punktów krzywej rozbudowy, dla których układ ma moc maksymalną $P_m = 1$.



Rys. 12-3. Krzywe mocy całkowitej i mocy jałowej przy rozbudowie niepowstrzymywanej i powstrzymywanej



Rys. 12-4. Krzywe mocy dyspozycyjnej przy rozbudowie niepowstrzymywanej i powstrzymywanej

Równanie (11.9) musi być spełnione także dla mocy maksymalnej, można więc napisać

$$P_m = v a_m c_m \quad (12.21)$$

skąd

$$c_m = \frac{P_m}{va_m} \quad (12.22)$$

Z powyższego wzoru można obliczyć $c_m = f(a_m)$ dla dowolnych wartości P_m i v . W naszym rozważaniu $P_m = 1$ oraz $v = 4$, więc

$$c_m = \frac{1}{4a_m}$$

Podstawiając różne wartości a_m można obliczyć odpowiadające im wartości c_m (krzywa kreskowa c_m na rys. 12–2).

Z definicji krzywej c_m jako miejsca geometrycznego punktów odpowiadających mocy maksymalnej wynika, że dowolna krzywa rozbudowy musi być styczna do krzywej c_m (musi mieć z nią jeden punkt wspólny, a więc nie może jej przecinać). Istotnie, jak to widać na rys. 12–2, krzywa c jest styczna do krzywej c_m .

Spośród wszystkich możliwych krzywych rozbudowy krzywa c (rys. 12–2) ma przebieg najmniej stromy, stanowi więc przypadek skrajny. Przy jeszcze mniejszej stromości krzywa rozbudowy nie miałaby żadnego punktu wspólnego z krzywą c_m a więc nie byłby spełniony warunek, że moc maksymalna $P_m = 1$.

Natomiast możliwe są krzywe rozbudowy o większej stromości, z tym że zwiększona stromość występuje w początku przebiegu rozbudowy, po czym jednak przebieg krzywej rozbudowy, musi się coraz bardziej spłaszczać (krzywa c' na rys. 12–2). Maksimum krzywej mocy całkowitej (krzywa P' na rys. 12–3) występuje wcześniej niż maksimum krzywej P . Podobnie maksimum krzywej mocy dyspozycyjnej (krzywa P'_d na rys. 12–4) występuje wcześniej niż maksimum krzywej P_d , ale maksimum mocy dyspozycyjnej P'_d wyprzedza maksimum mocy całkowitej P' o wiele mniej niż maksimum mocy dyspozycyjnej P_d wyprzedza maksimum mocy całkowitej P . Należy ponadto zauważyć, że maksymalna moc dyspozycyjna P'_d jest większa niż maksymalna moc dyspozycyjna P_d .

Biorąc pod uwagę coraz większe stromości krzywej rozbudowy doszliśmy do drugiego przypadku skrajnego, gdy krzywa rozbudowy przebiega od razu pionowo w górę, a po zetknięciu z krzywą c_m skręca stycznie do niej, dalej ma więc przebieg poziomy (prosta c'' na rys. 12–2). Praktycznie oznacza to przypadek, gdy układ się nie rozbudowuje, egzystując z taką ilością tworzywa, jaką otrzymał na początku. W związku z tym również moc jałowa pozostaje stała (prosta P_0'' na rys. 12–3). Moc

całkowita (krzywa P'' na rys. 12–3) i moc dyspozycyjna (krzywa P_d'' na rys. 12–4) są największe w chwili początkowej, malejąc w miarę zmniejszania się jakości tworzywa.

Można udowodnić, że czas egzystencji układu nie zależy od przebiegu rozbudowy. W chwili t_z , tj. gdy moc całkowita wyrażona wzorem (11.9) zrówna się z mocą jałową wyrażoną wzorem (12.2), jakość tworzywa ma pewną wartość a_z , ilość tworzywa zaś ma pewną wartość c_z , możemy więc napisać

$$va_z c_z = wc_z \quad (12.23)$$

czyli

$$va_z = w \quad (12.24)$$

skąd

$$a_z = \frac{w}{v} \quad (12.25)$$

Znając przebieg zależności $a = f(t)$ można wyznaczyć wartość t_z odpowiadającą wartości a_z . Jak widać, czas t_z zależy tylko od przebiegu $a = f(t)$, nie zależy zaś od przebiegu $c = f(t)$. Dlatego też dla wszystkich układów samodzielnych o jednakowej mocy jednostkowej v , jednakowej stratności w i jednakowym przebiegu krzywej starzenia $a = f(t)$ czas egzystencji t_z jest jednakowy, jak to również widać na rys. 12–3.

Pozostaje rozpatrzyć granice, w jakich muszą się zawierać przebiegi rozbudowy.

Ze wzoru (11.20) wynika, że

$$\frac{n}{\sqrt[n]{(1+n)^{1+n}}} = \frac{P_m}{va_0 c_g} \quad (12.26)$$

czyli, przy założeniach $P_m = 1$, $a_0 = 1$, $c_g = 1$

$$\frac{n}{\sqrt[n]{(1+n)^{1+n}}} = \frac{1}{v}$$

Jeżeli $C > A$, np. $C = 2A$, czyli $n = 2$, to

$$\frac{2}{\sqrt{3^3}} = \frac{1}{v}$$

skąd $v = 2,6$, wobec czego

$$c_m = \frac{1}{2,6 a_m}$$

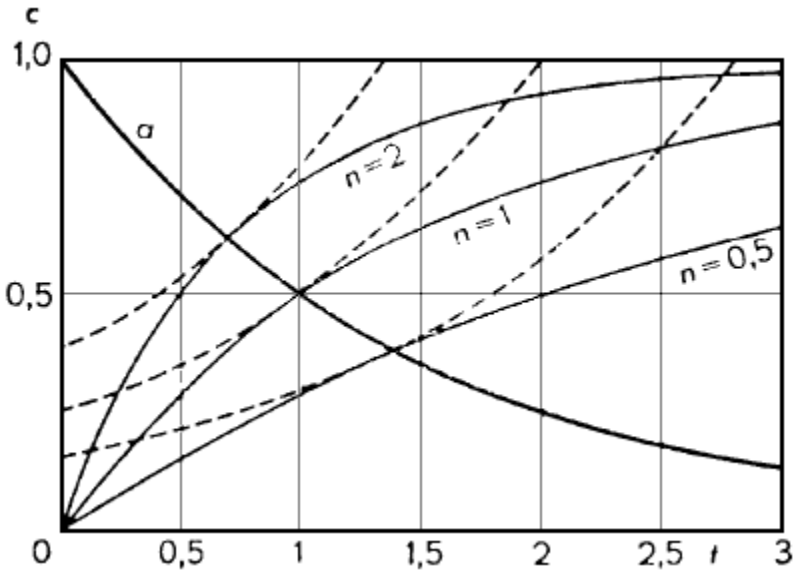
Jeżeli $C < A$, np. $C = 0,5A$, czyli $n = 0,5$, to

$$\frac{0,5}{\sqrt[0,5]{1,5^{1,5}}} = \frac{1}{v}$$

skąd $v = 6,7$, wobec czego

$$c_m = \frac{1}{6,7 a_m}$$

Odpowiadające tym przypadkom przebiegi krzywych c_m i krzywych c



Rys. 12–5. Wpływ współczynnika dynamizmu na przebieg rozbudowy

są przedstawione na rys. 12–5.

Ogólnie można powiedzieć, że początkowy współczynnik rozbudowy C musi wynosić co najmniej $C = nA$, przy czym współczynnik dynamizmu n jest określony wzorem (12.26).

Jeśli chodzi o górną granicę początkowego współczynnika rozbudowy, to teoretycznie n , a więc i C , mogą być nieskończenie wielkie, co odpowiada wspomnianemu już przypadkowi, gdy układ egzystuje nie rozbudowuje się (krzywa c'' na rys. 12–2). W praktyce występuje tu pewne

ograniczenie związane z okolicznościami utworzenia układu samodzielnego.

Żaden układ nie może powstać z niczego. Aby układ samodzielny mógł rozpocząć egzystencję, musi być do dyspozycji początkowa ilość tworzywa, której poprzedni układ samodzielny nada odpowiednią strukturę, tj. uczyni z tego tworzywa następny układ samodzielny.

Jeśli poprzedni układ samodzielny użyje do tego celu tworzywa będącego do dyspozycji w dostatecznej ilości w otoczeniu, to nie ma istotnych przeszkód do zbudowania następnego układu samodzielnego w sposób nie wymagający późniejszej rozbudowy, czyli układu o egzystencji określonej przebiegami podobnymi do 'przebiegów przedstawionych krzywymi c'' , P'' , P_0'' i P_d'' na rys. 12–2, 12–3 i 12–4. Na tej zasadzie człowiek buduje wszelkie maszyny i prawdopodobnie na niej oprze budowę pierwszych maszyn samodzielných (autonomów).

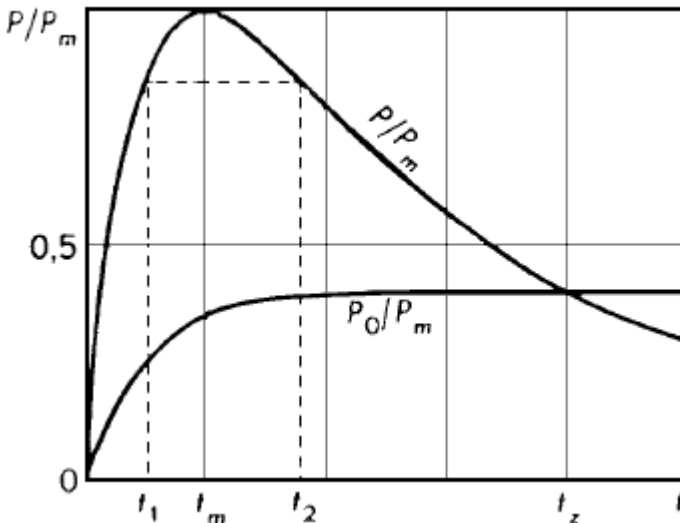
Inaczej jest, gdy poprzedni układ ma zbudować następny układ przy użyciu swojego własnego tworzywa. W tym przypadku poprzedni układ może wykorzystać tylko część własnego tworzywa (przy wykorzystaniu całego tworzywa byłaby to transformacja jednego układu w inny, czyli po prostu dalszy ciąg egzystencji jednego układu), a wówczas następny układ byłby mniejszy od poprzedniego (o mniejszej ilości tworzywa i o mniejszej mocy) i takim by pozostał, gdyby nie nastąpiła jego rozbudowa. Z kolei układ ten mógłby zbudować inny jeszcze mniejszy układ itd. Taka seria coraz mniejszych układów samodzielných została by przerwana najpóźniej z chwilą, gdy z powodu zbyt małej mocy któryś z kolejnych układów okazałby się od początku niezdolny do pokonywania zakłóceń wywoływanych przez otoczenie i nie mógłby nawet rozpocząć swojej egzystencji, a tym bardziej zbudować następnego układu samodzielnego.

Dlatego też reprodukcja układów samodzielných, czyli kontynuacja budowania następnych układów samodzielných przez poprzednie, osiagających moc maksymalną tego samego rzędu, wymaga, żeby następny układ samodzielny rozpoczął egzystencję przy małej ilości tworzywa, otrzymanej od poprzedniego układu samodzielnego, następnie sam się rozbudowywał przy wykorzystaniu tworzywa z otoczenia (na takiej zasadzie odbywa się reprodukcja organizmów).

Na rozbudowę potrzeba jednak pewnego czasu, toteż nawet początkowy współczynnik rozbudowy jest ograniczony.

W rezultacie układ samodzielny, który dopiero przez rozbudowę ma osiągnąć określoną moc maksymalną, może rozpocząć egzystencję od początkowego współczynnika rozbudowy zawierającego się w zakresie, którego górna granica jest określona największą osiągalną szybkością przetwarzania tworzywa przez rozbudowujący się układ, dolna zaś granica jest określona przez najmniejszą stromość rozbudowy, przy której jest jeszcze możliwe osiągnięcie określonej mocy maksymalnej. O tym, jaką konkretnie wartość będzie mieć początkowy współczynnik rozbudowy, rozstrzyga początkowy stan układu nadany przez poprzedni układ (w odniesieniu do organizmów określa się to jako cechy odziedziczone).

Jak wiadomo, organizmy rozbudowują się początkowo szybko, następnie coraz wolniej, aż wreszcie rozbudowa ustaje, a więc pod względem typu rozbudowy są zbliżone do układów samodzielnych o rozbudowie powstrzymywanej. Spośród trzech przebiegów rozbudowy przedstawionych na rys. 12-2 najbardziej odpowiada temu przebieg c' . Spróbujmy i tym razem określić przebieg życia organizmu ludzkiego. Postępując jak poprzednio, tzn. biorąc pod uwagę stosunek czasu początkowego do czasu końcowego zdolności reprodukcyjnej $t_1 : t_2 = 1 : 3,5$, możemy odczytać z rys. 12-6, że warunek ten



Rys. 12-6. Krzywa względnej mocy całkowitej i krzywa względnej mocy jałowej przy rozbudowie powstrzymywanej

jest spełniony przy względnej mocy całkowitej $P/P_m = 0,85$ (traktując poprzednio organizm ludzki jako układ samodzielny o rozbudowie niepowstrzymywanej otrzymaliśmy $P/P_m = 0,82$, a więc prawie to samo). Czas t_m występowania maksimum

mocy całkowitej jest około dwukrotnie większy od początkowego czasu zdolności reprodukcyjnej t_1 , a więc przy $t_1 = 14 \dots 17$ lat wynosi $t_m = 28 \dots 34$ lat (poprzednio otrzymaliśmy $t_m = 28 \dots 35$ lat, a więc praktycznie to samo). Czas trwania życia t_z , według przebiegu podanego na rys. 12–6, jest czterokrotnie większy od czasu t_m , a więc wynosi $t_z = 112 \dots 136$ lat (poprzednio otrzymaliśmy $t_z = 55 \dots 69$ lat). Liczby te są już znacznie zbliżone do rzeczywistości, znane są bowiem przypadki dożywania tak późnego wieku. Wprawdzie ogromna większość ludzi żyje krócej, ale przyczynę tego należy upatrywać w nierównomierności obciążenia organizmu; organ, który zawiedzie najpierw, pociągnie za sobą zniszczenie całego organizmu, nawet gdyby inne organy mogły pracować dłużej.

Okoliczność, że w interesie układu samodzielnego jest powstrzymywanie rozbudowy, czyni nieistotnym zagadnienie, czy przebiegi rozbudowy są ściśle wykładnicze czy nie. Jak widać, sam układ odbiera przebiegowi swojej rozbudowy charakter wykładniczy. Również to, czy przebieg krzywej starzenia jest wykładniczy, przestaje odgrywać rolę w rozważaniach nad przebiegiem mocy, gdyż bez względu na to, czy jakoś tworzywa maleje w sposób wykładniczy czy w sposób mniej lub więcej od niego odbiegający, układ samodzielny steruje się odpowiednio do swojego stanu w danej chwili.

13. Moc robocza

Moc pobierana przez układ samodzielny musi być przez niego przetwarzana; z tego punktu widzenia będziemy ją określać jako *moc wewnętrzną* P_i tego układu (w odniesieniu do organizmów można by ją nazywać „mocą fizjologiczną”).

Z drugiej strony otoczenie musi stanowić źródło, z którego układ może tę moc pobierać. Moc, której otoczenie może dostarczać do danego układu samodzielnego, będziemy określać jako *moc zewnętrzną* P_e tego układu (w odniesieniu do organizmów można by ją nazywać „mocą socjologiczną”).

Układ samodzielny nie może pobierać mocy większej, niż zdoła przetworzyć, ani też większej niż moc, której może mu dostarczać otoczenie. Inaczej mówiąc, moc wewnętrzna P_i nie będzie mogła przekraczać mocy całkowitej P ani też mocy zewnętrznej P_e .

Na przykład, urządzenia techniczne nie mogą przetwarzać większej mocy niż dostarczana im z sieci zasilającej moc elektryczna, moc chemiczna zawarta w paliwach itp., ani też większej mocy niż dopuszczalna ze względu na bezpieczeństwo urządzenia (jej przekroczenie mogłoby spowodować zniszczenie urządzenia wskutek nadmiernego wzrostu temperatury, ciśnienia itp.).

Podobnie moc przetwarzana przez organizmy nie może przekraczać mocy otrzymywanej w pożywieniu, ani też mocy dopuszczalnej ze względu na bezpieczeństwo organizmu.

Dotychczasowe rozważania na temat mocy układów prowadziliśmy przy milczącym założeniu, że do pobierania mocy z otoczenia wystarcza samo istnienie dostatecznie dużej mocy zewnętrznej. Obecnie uwzględnimy okoliczności, że układ samodzielny musi wykonywać pracę na pobieranie energii z otoczenia i na pokonywanie związanych z tym trudności. Wskutek tego układ samodzielny oprócz energii na pokrycie mocy jałowej, musi pobierać dodatkowo energię umożliwiającą mu wykonanie tej pracy. Moc odpowiadającą tej dodatkowej energii będziemy nazywać *mocą roboczą* P_r .

Nawet życie organizmów unieruchomionych, np. roślin, nie ogranicza się do samego pobierania energii z otoczenia; w poszukiwaniu energii korzenie roślin drążą glebę, co także wymaga pracy. Organizmy zwierzęce muszą wykonywać pracę na wędrowanie w poszukiwaniu pożywienia, staczanie walki z innymi organizmami stanowiącymi żer, przenoszenie pożywienia, gryzienie itp.

W życiu organizmu ludzkiego praca na zdobywanie energii obejmuje rozliczne czynności związane z zapewnieniem źródeł pożywienia (hodowla zwierząt, uprawa roślin), przygotowywaniem produktów spożywczych i ich spożywaniem. Do tego należy też dodać czynności zmierzające do zapobiegania nadmiernym stratom energii, związane z wytwarzaniem odzieży i budową mieszkań, oraz inne czynności, bez których organizm ludzki nie mógłby sobie zapewnić odpowiedniej mocy jałowej, a więc utrzymać się przy życiu.

A zatem układ samodzielny musi pobierać z otoczenia moc równą sumie mocy jałowej i mocy roboczej; będziemy ją nazywać *mocą asekuracyjną* P_s .

$$P_s = P_0 + P_r \quad (13.1)$$

Moc asekuracyjna zabezpiecza egzystencję układu samodzielnego. Gdyby moc całkowita była mniejsza od mocy asekuracyjnej, układ nie mógłby wydawać dostatecznej mocy roboczej i w konsekwencji zapewnić sobie potrzebnej mocy jałowej, wskutek czego uległby dezorganizacji.

Moc robocza P_r musi być większa, niżby to wypadało z prostej proporcjonalności do mocy jałowej P_0 , o czym można się przekonać na pod-

stawie następującego rozumowania. Przypuśćmy, że w związku z pracą wykonywaną przy pobieraniu mocy równej mocy jałowej P_0 układ wydaje pewną moc P_{r1} , łącznie więc musiałby pobierać moc równą $P_0 + P_{r1}$, ale pobieranie mocy $P_0 + P_{r1}$ wymaga wykonania większej pracy niż pobieranie samej tylko mocy P_0 , w związku z czym jest potrzebna dodatkowo pewna moc robocza P_{r2} . Wobec tego układ musi pobierać moc $P_0 + P_{r1} + P_{r2}$, co z kolei wymaga pewnej dodatkowej mocy P_{r3} itd. W rezultacie układ musi pobierać pewną moc $P_0 + P_r$, przy czym P_r jest sumą wszystkich składników mocy P_{r1} , P_{r2} , P_{r3} itd., co pozwala układowi wydawać taką moc roboczą P_r , jaka jest potrzebna nie tylko do zdobywania mocy jałowej P_0 , ale i samej mocy roboczej P_r . Między P_r a P_s występuje sprzężenie zwrotne dodatnie zbieżne.

Stosunek mocy roboczej do mocy asekuracyjnej będziemy nazywać *współczynnikiem zasilania* r .

$$r = \frac{P_r}{P_s} \quad (13.2)$$

skąd moc robocza

$$P_r = r P_s \quad (13.3)$$

Podstawiając wyrażenie (13.3) do wzoru (13.1) otrzymamy

$$P_s = P_0 + r P_s \quad (13.4)$$

Rozwiązując to równanie względem P_s otrzymamy wzór na moc asekuracyjną, analogiczny do wzoru (2.32)

$$P_s = \frac{P_0}{1 - r} \quad (13.5)$$

Gdy $r = 0$, czyli gdy pobieranie energii z otoczenia nie wymaga żadnej pracy, wówczas $P_s = P_0$, co oznacza, że dla egzystencji układu wystarcza, gdy pobiera on moc na pokrycie samej tylko mocy jałowej.

Im większe jest r , czyli im więcej pracy wymaga pobieranie energii z otoczenia, tym większa jest P_s , czyli tym większą moc układ musi pobierać z otoczenia w celu zapewnienia sobie mocy jałowej.

Gdy r dąży do 1, czyli gdy pobieranie energii z otoczenia wymaga tak dużej pracy, że cała pobrana moc idzie na wykonanie tej pracy, wówczas P_s dąży do nieskończoności, co oznacza, że układ nie może zapewnić sobie mocy jałowej bez względu na to, jak wielką pobiera moc.

Zgodnie z poprzednimi rozważaniami nad mocą wewnętrzną P_i moc asekuracyjna musi spełniać dwa warunki, aby układ samodzielny mógł

nadal istnieć. Jednym z tych warunków jest, żeby moc asekuracyjna nie przekraczała mocy zewnętrznej.

$$P_s \leq P_e \quad (13.6)$$

Warunek ten oznacza, że układ samodzielny nie może istnieć, jeżeli nie będzie otrzymywać dostatecznie dużej mocy z otoczenia.

Po uwzględnieniu wzoru (13.5) warunek ten wyrazi się nierównością

$$\frac{P_0}{1-r} \leq P_e \quad (13.7)$$

czyli

$$P_0 \leq (1-r)P_e \quad (13.8)$$

Drugim warunkiem jest, żeby moc asekuracyjna była mniejsza a co najwyżej równa mocy całkowitej układu

$$P_s \leq P \quad (13.9)$$

Warunek ten oznacza, że układ samodzielny nie może istnieć, jeżeli nie będzie zdolny do przetwarzania dostatecznie dużej mocy.

Po uwzględnieniu wzoru (13.5) warunek ten wyrazi się nierównością

$$\frac{P_0}{1-r} \leq P \quad (13.10)$$

czyli

$$P_0 \leq (1-r)P \quad (13.11)$$

Warunki (13.6) i (13.9) stają się identyczne, gdy $P = P_e$, co widać również ze wzorów (13.8) i (13.11).

Im mniej energii znajduje się w otoczeniu, tym większe trudności układ samodzielny ma w jej zdobywaniu, tym większą pracę musi wykonywać na ich pokrywanie.

Na przykład, znalezienie 100 grzybów w lesie, w którym rośnie 200 grzybów, wymaga więcej trudu niż w lesie o takiej samej powierzchni w którym rośnie 500 grzybów. Ludy koczownicze były zmuszone do ciągłych wędrówek wskutek zbyt małej ilości pożywienia w najbliższym otoczeniu; wędrując znajdowały jej więcej, ale za cenę ponoszenia trudów wędrowania.

A zatem im mniejsza jest moc zewnętrzna P_e i im większa moc jałowa P_0 ma być zapewniona, tym większy musi być udział mocy roboczej P_r w mocy asekuracyjnej P_s , a więc zgodnie ze wzorem (13.2) tym większy będzie współczynnik zasilania r .

Jeśli przyjąć najprostszą postać zależności r od P_0 i P_e

$$r = \frac{P_0}{P_e} \quad (13.12)$$

to wzór (13.5) na moc asekuracyjną przybierze postać

$$P_s = \frac{P_0}{1 - \frac{P_0}{P_e}} \quad (13.13)$$

Wówczas nierówność (13.6) wyrażająca warunek $P_s \leq P_e$ przybierze postać

$$\frac{P_0}{1 - \frac{P_0}{P_e}} \leq P_e \quad (13.14)$$

skąd

$$P_0 \leq \frac{P_e}{2} \quad (13.15)$$

a nierówność (13.9) wyrażająca warunek $P_s \leq P$

$$\frac{P_0}{1 - \frac{P_0}{P_e}} \leq P \quad (13.16)$$

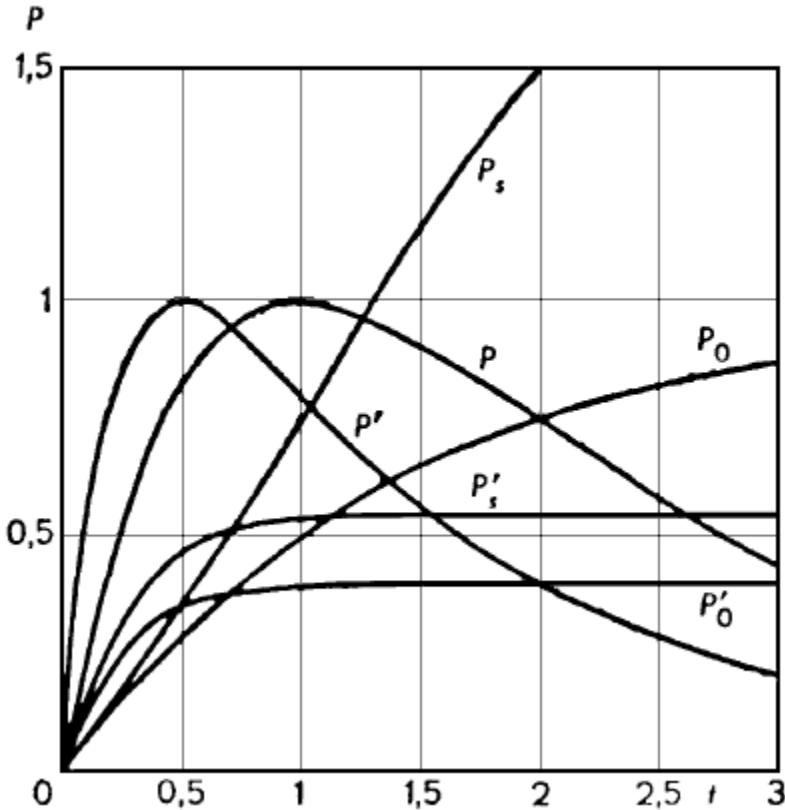
skąd

$$P_0 \leq \frac{P_e}{1 + \frac{P_e}{P}} \quad (13.17)$$

Oczywiście, gdy $P = P_e$, warunki (13.15) i (13.17) stają się identyczne.

Zależności te zilustrujemy na przykładach liczbowych przebiegu mocy przytoczonych w rozdz. 12 (rys. 12–3), wykreślonych dla wartości $a_0 = 1$, $\nu = 4$, $P_m = 1$.

Rozpatrzmy przypadek, gdy moc zewnętrzna wynosi np. $P_e = 1,5$. Podstawiając tę wartość do wzoru (13.13) możemy obliczyć moc asekuracyjną P_s dla różnych wartości mocy jałowej P_0 . Na podstawie wyników tych obliczeń wykreślono krzywą P_s dla układu o niepowstrzymywanej rozbudowie i krzywą P'_s dla układu o powstrzymywanej rozbudowie (rys. 13–1).



Rys. 13–1. Krzywe mocy asekuracyjnej przy rozbudowie
niepowstrzymywanej i powstrzymywanej

Sprawdzimy warunek $P_s \leq P_e$. Ze wzoru (13.15) wynika, że

$$P_0 \leq \frac{1,5}{2}$$

czyli

$$P_0 \leq 0,75$$

Oznacza to, że jeżeli chodzi o moc zewnętrzną, to układ o niepowstrzymywanej rozbudowie mógłby istnieć do chwili, gdy jego moc jałowa osiągnie 0,75, czyli do chwili $t = 2$, jak to wynika z położenia punktu przecięcia krzywej P_s z prostą $P_e = 1,5$ na rys. 13–1. Układ o powstrzymywanej rozbudowie mógłby istnieć nieograniczenie, gdyż jego moc jałowa

utrzymuje się przy wartości 0,4, a więc mniejszej od 0,75, wobec czego krzywa P_s nie przecnie się z prostą $P_e = 1,5$.

W celu sprawdzenia warunku $P_s \leq P$ weźmy pod uwagę np. chwilę $t = 1,4$.

Moc jałowa układu o niepowstrzymywanej rozbudowie wynosi wówczas 0,63, a moc całkowita 0,94 (rys. 13–1). Ze wzoru (13.17) wynika, że

$$P_0 \leq \frac{1,5}{1 + \frac{1,5}{0,94}}$$

czyli że moc jałowa nie powinna przekraczać

$$P_0 \leq 0,58$$

a ponieważ musiałaby wynosić więcej (0,63), więc układ nie mógłby już istnieć w chwili $t = 1,4$ z powodu niewystarczającej mocy całkowitej.

Moc jałowa układu o powstrzymywanej rozbudowie dla $t = 1,4$ wynosi 0,4, a moc całkowita 0,6 (rys. 13–1). Ze wzoru (13.17) wynika, że

$$P_0 \leq \frac{1,5}{1 + \frac{1,5}{0,6}}$$

czyli że moc jałowa nie powinna przekraczać

$$P_0 \leq 0,43$$

Ponieważ istotnie nie przekracza, więc układ ten może jeszcze istnieć w chwili $t = 1,4$.

Dla układu nie rozbudowującego się (prosta P_0'' na rys. 12–3) stałość mocy jałowej P_0 pociąga za sobą stałość mocy roboczej P_r , a więc i stałość mocy asekuracyjnej P_s . Wskutek tego otrzymuje się taki sam stan, jak gdyby od razu zbudowano układ o zwiększonej mocy jałowej P_0 , równej mocy asekuracyjnej P_s .

Z tych względów nie wytworzyło się w technice rozróżnienie mocy jałowej i mocy roboczej – jedną i drugą uważa się łącznie za moc strat (np. sumę mocy strat przemysłowego pieca elektrycznego i mocy strat transformatora zasilającego piec), czyli – według wprowadzonej przez nas terminologii – uważa się moc roboczą za składnik mocy jałowej. Niekiedy brak takiego rozróżnienia sprawki kłopoty; np. w celu zwiększenia mocy całkowitej transformatora zachodzi potrzeba jego chłodzenia za pomocą wentylatora, a wówczas nasuwają się wątpliwości, czy moc zużywaną przez wentylator uważać za zwiększenie mocy strat, skoro wentylator spełnia użyteczną rolę (według naszej terminologii moc strat transformatora jest jego mocą jałową, a moc wentylatora jest mocą roboczą, gdyż jej zużywanie umożliwia zasilanie transformatora; suma obu tych mocy jest mocą asekuracyjną transformatora).

W omówionym przykładzie moc całkowita okazuje się ostrzejszym ograniczeniem niż moc zewnętrzna. Powoduje ono, że dla układu o niepowstrzymywanej rozbudowie czas egzystencji (rys. 13–1) $t_z = 1,25$, a dla układu o powstrzymywanej rozbudowie $t_z = 1,55$. Sama moc zewnętrzna ograniczałaby czas egzystencji układu o niepowstrzymywanej rozbudowie do $t_z = 2$, natomiast egzystencja układu o powstrzymywanej rozbudowie byłaby nieograniczona.

Z mocy całkowitej P , po odliczeniu mocy asekuracyjnej P_s na pokrycie mocy jałowej P_0 i mocy roboczej P_r , pozostaje pewna nadwyżka mocy, którą będziemy nazywać *mocą koordynacyjną* P_k

$$P_k = P - P_s \quad (13.18)$$

Wobec tego moc całkowita organizmu wyrazi się wzorem

$$P = P_s + P_k \quad (13.19)$$

lub też, z uwzględnieniem wzoru (13.1):

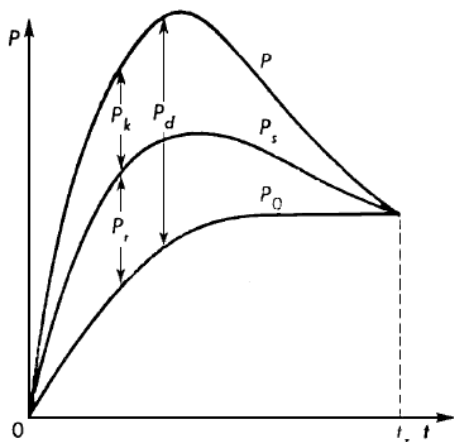
$$P = P_0 + P_r + P_k \quad (13.20)$$

Biorąc pod uwagę wzór (12.4) można też napisać:

$$P_d = P_r + P_k \quad (13.21)$$

Składniki mocy całkowitej występujące w powyższych wzorach są zaznaczone na rys. 13–2.

Przy określonej mocy zewnętrznej P_e i mocy jałowej P_0 wyznaczony jest współczynnik zasilania r , a więc również moc robocza P_r i moc asekuracyjna P_s . Aby móc istnieć, układ samodzielny nie może wprowadzić wydawać mocy mniejszej niż moc asekuracyjna P_s , wynikająca z aktualnych warunków otoczenia, a w szczególności z aktualnej mocy zewnętrznej P_e , ale może zmniejszyć moc asekuracyjną P_s przez wywoływanie takich zmian w otoczeniu, żeby moc zewnętrzna P_e wzrosła. Zmiany te mogą polegać na przeniesieniu się układu samodzielnego w inne otoczenie o większej mocy zewnętrznej, zwalczaniu lub niszczeniu innych układów samodzielnych w celu zmniejszenia lub odebrania im możliwości czerpania energii i zapewnieniu sobie ich kosztem większej mocy zewnętrznej, kształtowaniu otoczenia zmierzającemu do zwiększenia mocy zewnętrznej itp.



Rys. 13–2. Rozdział mocy układu samodzielnego

P – moc całkowita; P_0 – moc jałowa; P_d – moc dyspozycyjna; P_r – moc robocza; P_s – moc asekuracyjna; P_k – moc koordynacyjna;

koordynacyjna P_k , tym większą moc zewnętrzną P_e układ będzie mógł sobie zapewnić. Z kolei jednak im większa jest moc zewnętrzna P_e , tym mniejsza będzie moc robocza P_r i moc asekuracyjna P_s , a więc tym większa będzie moc koordynacyjna P_k . Jak widać, mamy tu do czynienia ze sprzężeniem zwrotnym dodatnim: moc koordynacyjna P_k zwiększa moc zewnętrzną P_e , a moc zewnętrzna P_e zwiększa z kolei moc koordynacyjną P_k itd. Prowadzi to do sytuacji, w której układ ma największą możliwą moc koordynacyjną P_k i największą możliwą moc zewnętrzną P_e , a najmniejszą moc asekuracyjną P_s . Dzięki temu układ ma nie tylko zapewnioną możliwie najdłuższą egzystencję (co wynika z małej mocy asekuracyjnej P_s zgodnie z poprzednimi rozważaniami), lecz także największe możliwości utrzymywania takiej najkorzystniejszej sytuacji (dzięki dużej mocy koordynacyjnej P_k). Można powiedzieć, że układ samodzielny zużywa moc koordynacyjną na koordynację swojego zachowania się z tym, co się dzieje w jego otoczeniu.

Należy podkreślić, że ze wzrostem mocy zewnętrznej P_e maleje moc robocza P_r , ale nie maleje moc jałowa P_0 ; jest ona wyznaczona przez aktualny stan starzenia i rozbudowy układu. Dlatego też nawet przy nieskoń-

Przykładami tych możliwości są wędrówki organizmów w poszukiwaniu lepszych terenów do polowania lub bardziej urodzajnych, wypędzanie lub zabijanie innych organizmów konkurencyjnych, ujażdżanie innych organizmów w celu paśsożytwienia na nich.

W społecznościach ludzkich, oprócz wymienionych powyżej sposobów, uzyskuje się także poprawę warunków życia przez udoskonalenia techniczne ułatwiające pracę i stwarzające nowe źródła energii.

Na wywoływanie zmian otoczenia układ samodzielny musi wydawać pewną moc, przy czym może wchodzić w grę tylko wykorzystywanie nadwyżki mocy ponad moc asekuracyjną P_s , czyli wykorzystywanie mocy koordynacyjnej P_k . Im większa jest moc

czenie wielkiej mocy zewnętrznej P_e moc asekuracyjna P_s nie zmalałaby do zera, lecz tylko do wartości równej mocy jałowej P_0 , jak to wynika ze wzoru (13.13). Znaczy to, że zwiększając moc zewnętrzną P_e układ samodzielny może zwiększyć praktyczny czas egzystencji (wyznaczony przez punkt przecięcia się krzywej P_s z krzywą P) do wartości równej teoretycznemu czasowi egzystencji (wyznaczonemu przez punkt przecięcia się krzywej P_0 z krzywą P), ale nie do nieskończoności. Można by powiedzieć, że dążenie do poprawy warunków otoczenia nie jest walką o wydłużanie egzystencji układu samodzielnego, lecz o jej nieskracanie.

W społecznościach ludzkich rolę mocy socjologicznej (tj. mocy zewnętrznej układów samodzielnych będących organizmami) może odgrywać np. posiadanie pieniędzy, którymi można opłacić przerzucenie części mocy roboczej na innych ludzi; posiadanie zwierząt roboczych lub urządzeń technicznych wykonujących pracę, którą bez nich musiałby wykonać ich użytkownik; posiadanie władzy umożliwiającej nakazanie wykonania pracy podwładnym; posiadanie krewnych lub przyjaciół, którzy przejmą część pracy na siebie lub udzielą pomocy przez przekazanie części swojej własnej mocy socjologicznej itp. Jak widać, moc socjologiczna jest równoważna mocy fizycznej w dosłownym znaczeniu.

Niemowlęta mają za małą moc dyspozycyjną, aby móc wydawać moc roboczą niezbędną do zapewnienia im mocy jałowej, a w konsekwencji za małą moc całkowitą, ażeby zapewnić sobie potrzebną moc asekuracyjną, toteż mogą się utrzymywać przy życiu tylko dzięki posiadaniu mocy socjologicznej w postaci pomocy innych organizmów, przede wszystkim matki.

Również pod koniec życia moc dyspozycyjna, a więc i moc robocza jest bliska zeru. Wskutek tego moc całkowita organizmu starca nie wystarcza do zapewnienia potrzebnej mu mocy asekuracyjnej, toteż może się on jeszcze utrzymywać przy życiu, jeżeli posiada wystarczającą moc socjologiczną, np. w postaci majątku, pomocy rodziny, opieki społecznej itp., oczywiście tylko do czasu, gdy mocy całkowitej zabraknie mu nawet na pokrycie mocy jałowej.

Im większą moc koordynacyjną ma układ samodzielny, tym większe ma on możliwości poszukiwania, porównywania, wybierania, zdobywania i kształtowania warunków otoczenia w celu zwiększenia mocy zewnętrznej. Można to wyrazić za pomocą wzoru matematycznego wprowadzając *współczynnik swobody* jako stosunek mocy koordynacyjnej do mocy dyspozycyjnej układu samodzielnego

$$f = \frac{P_k}{P_d} \quad (13.22)$$

określający, jaką część mocy dyspozycyjnej układ może przeznaczyć na poprawę warunków otoczenia. Ze wzoru (13.21) wynika, że jeżeli układ

całą moc dyspozycyjną musi zużywać jako moc roboczą ($P_r = P_d$), to moc całkowita staje się mocą asekuracyjną ($P_s = P$), a moc koordynacyjna P_k wyrażona wzorem (13.18) jest równa zero ($P_k = 0$), wobec czego i współczynnik swobody układu – zgodnie ze wzorem (13.22) – jest wówczas równy $f = 0$. Zachowanie się układu jest wówczas całkowicie wymuszone przez otoczenie.

Inny skrajny przypadek występuje, gdy moc robocza jest w całości zastąpiona mocą zewnętrzną ($P_r = 0$). Wówczas moc asekuracyjna obejmuje tylko moc jałową ($P_0 = P_s$), moc koordynacyjna staje się równa mocy dyspozycyjnej ($P_d = P_k$), a współczynnik swobody układu $f = 1$.

Zmniejszanie mocy zewnętrznej tak, ażeby cała moc dyspozycyjna była wydawana jako moc robocza, jest znanym od dawna środkiem ujarzmiania ludzi. Dlatego też więźniowie dążą do zachowania choćby niewielkiego współczynnika swobody przez wyszukiwanie sobie zajęć, w których o wyborze i sposobie wykonania mogliby sami decydować (motyw ten występuje w filmie „Most na rzece Kwai”²).

Ostatecznie dochodzimy do następującego ciągu zależności: jeżeli układ samodzielny ma możliwie największy współczynnik swobody, a więc możliwie największą moc koordynacyjną, to w konsekwencji będzie miał możliwie największą moc zewnętrzną, możliwie najmniejszą moc roboczą, możliwie najmniejszą moc asekuracyjną i możliwie najdłuższy czas egzystencji. Mówiąc krócej, możliwie największa moc koordynacyjna zapewnia układowi samodzielnemu możliwie najdłuższą egzystencję.

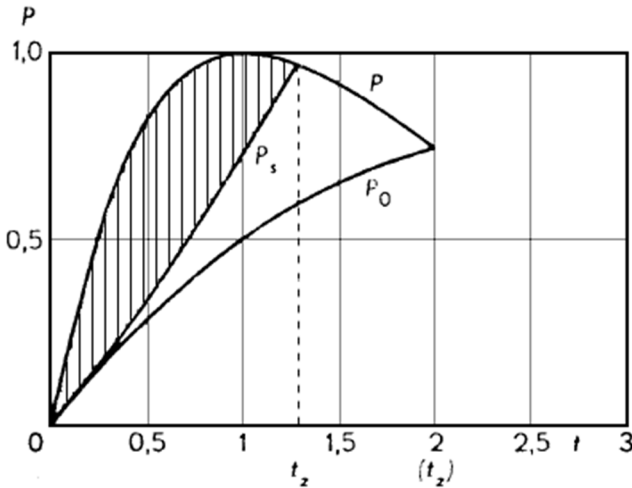
Biorąc pod uwagę, że iloczyn mocy przez czas stanowi energię, można powiedzieć, że w interesie układu samodzielnego jest, żeby cała z mocy koordynacyjnej względem czasu wyrażająca energię koordynacyjną osiągnęła maksimum

$$\int_0^{t_z} P_k dt = \max \quad (13.23)$$

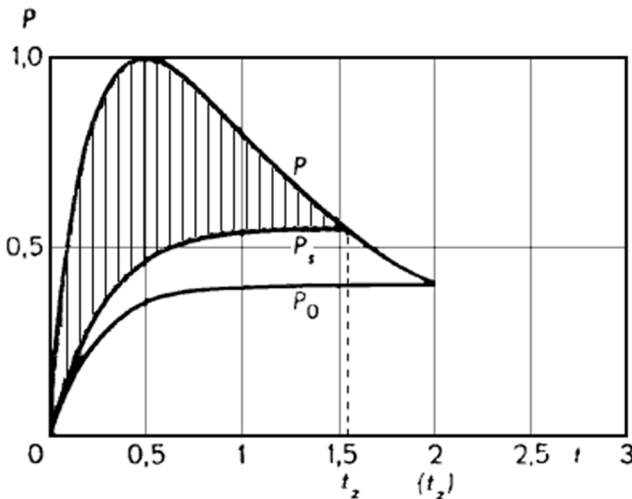
W interpretacji wykresnej oznacza to, że pole powierzchni zawarte między krzywą mocy całkowitej P a krzywą mocy asekuracyjnej P_s powinno być możliwie największe.

² Według powieści Pierre Boulle, *Le Pont de la rivière Kwai*.

Na przykład, dla przypadków przedstawionych na rys. 13–1 byłyby to powierzchnie zaznaczone za pomocą kreskowania na rys. 13–3 (dla układu o niepowstrzymywanej rozbudowie) i rys. 13–4 (dla układu o powstrzymywanej rozbudowie).



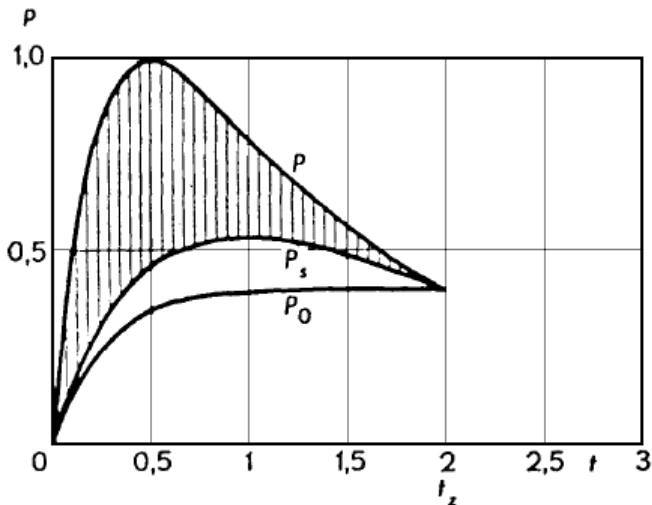
Rys. 13–3. Energia koordynacyjna układu o niepowstrzymywanej rozbudowie



Rys. 13–4. Energia koordynacyjna układu o powstrzymywanej rozbudowie

wanej rozbudowie). Jak widać, układy o powstrzymywanej rozbudowie lepiej spełniają warunek (13.23) niż układy o niepowstrzymywanej rozbudowie.

Jeżeli w wyniku zmian otoczenia nastąpi trwale zwiększenie mocy zewnętrznej (akumulacja energii zewnętrznej), to układ samodzielny będzie mógł z niej korzystać w późniejszym czasie do zmniejszenia mocy asekuracyjnej w celu zbliżenia praktycznego końca egzystencji do teoretycznego końca egzystencji (rys. 13–5).



Rys. 13–5. Energia koordynacyjna układu o powstrzymywanej rozbudowie przy przebiegu mocy asekuracyjnej umożliwiającym osiągnięcie teoretycznego czasu egzystencji

Wszystkie przebiegi mocy przedstawiliśmy tak, jak gdyby układ samodzielny pobierał energię w sposób ciągły i zużywał ją również w sposób ciągły. Dzięki wyposażeniu w akumulator układ może jednak pobierać energię w sposób dawkowy i wydawać ją również w sposób dawkowy, i to bynajmniej nie jednocześnie z jej pobieraniem.

Wyjątek stanowi moc jałowa zużywana na pokrywanie ciągłych strat energii do otoczenia.

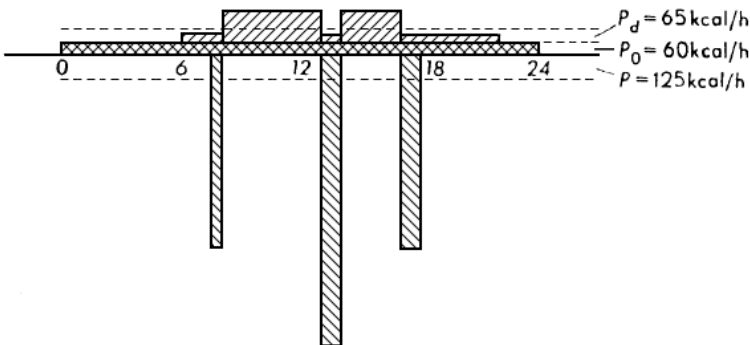
Rozbieżności między wartościami mocy pobieranej i mocy wydawanej mogą występować tylko w ograniczonym zakresie, określonym pojemnością akumulatora. Akumulator jest od czasu do czasu ładowany i od czasu do czasu wyładowywany, z tym że przez cały czas moc wyładowywania nie może być mniejsza od mocy jałowej, inaczej bowiem egzystencja układu uległaby przerwaniu.

W układzie samodzielnym, podobnie jak w każdym przetworniku, energia musi się bilansować, tzn. ilość energii pobranej musi być równa

sumie energii wydanej i energii pozostającej w akumulatorze. Stosunek ilości energii pobranej do czasu stanowi średnią moc pobieraną, a stosunek ilości energii wydanej do czasu stanowi średnią moc wydawaną. Wobec tego, zamiast bilansowania energii, możemy bilansować moc i powiedzieć, że średnia moc pobierana musi być równa średniej mocy wydawanej, jeżeli ilość energii w akumulatorze pozostaje niezmienna. Gdyby uśrednienia mocy dokonać dla czasu całej egzystencji układu samodzielnego to otrzymalibyśmy przebiegi mocy w postaci poziomych linii, ale takie ujęcie byłoby nieinteresujące, ponieważ nie uwytatniałoby zmian mocy organizmu z biegiem czasu.

Zamiast dla czasu całej egzystencji można uśredniać moc układu samodzielnego dla krótkich okresów czasu, obejmujących jednak kompletne cykle przemian energii zachodzących w układzie, a nie ich fragmenty (chodzi o takie okresy czasu, po których ilość energii w akumulatorze powraca do pierwotnego stanu). Również wtedy przebiegi mocy będą się wyrażać krzywymi jak na podanych przez nas wykresach. Przy interpretowaniu tych wykresów należy więc mieć na uwadze, że odnoszą się one do mocy średnich, a nie do mocy chwilowych.

Objasnimy to na przykładzie cyklu dobowego dla organizmu ludzkiego (rys. 13–6).



Rys. 13–6. Objasnienie mocy chwilowych i mocy średnich układu samodzielnego

Przypuśćmy, że liczbowy bilans energii organizmu ludzkiego przedstawia się następująco.

Energia pobrana:

Śniadanie	–	1000 kcal/h × 0,5 h	500 kcal
Obiad	–	1500 kcal/h × 1 h	1500 kcal
Kolacja	–	1000 kcal/h × 1 h	1000 kcal
			<hr/>
Razem			3000 kcal

Energia wydana:

Przemiana podstawowa	–	60 kcal/h × 24 h	1440 kcal
Zajęcia zawodowe	–	155 kcal/h × 8 h	1240 kcal
Inne czynności	–	40 kcal/h × 8 h	320 kcal
			<hr/>
Razem			3000 kcal

Powyższy bilans energii można przekształcić w bilans mocy średnich. Ujmując wszystkie posiłki w jedną pozycję (moc całkowita) i skalając zajęcia zawodowe z innymi czynnościami (moc dyspozycyjna) otrzymamy:

Moc jałowa	–	1440 kcal : 24 h	60 kcal/h
Moc dyspozycyjna	–	1560 kcal : 24 h	65 kcal/h
			<hr/>
Moc całkowita	–	3000 kcal : 24 h	125 kcal/h

Takie właśnie moce średnie występowałyby na wykresach i we wzorach z dotychczasowych rozważań w zastosowaniu do organizmu ludzkiego. Podany przykład liczbowy ułatwia zrozumienie różnicy między mocami średnimi a mocami chwilowymi. Średnia moc całkowita wynosi 125 kcal/h, chociaż przy spożywaniu posiłków moc chwilowa mogła wynosić 1000 a nawet 1500 kcal/h. Średnia moc dyspozycyjna wynosi 65 kcal/h, chociaż przy pracy moc chwilowa wynosiła 155 kcal/h, a w chwilach wymagających dużego wysiłku mogłaby wynosić jeszcze więcej.

Dzięki akumulacji energii moce chwilowe mogą się nie bilansować pomimo bilansowania się mocy średnich. Układ może wydawać większą moc w pewnej chwili, chociaż w danej chwili nie ma na nią pokrycia w odpowiednim wzroście mocy pobieranej – pokrycie to znajduje się we wzroście mocy pobieranej w innej, poprzedniej chwili (podobnie jak można kiedy indziej zarabiać pieniądze, a kiedy indziej je wydawać, chociaż średnie dochody i średnie wydatki muszą się bilansować).

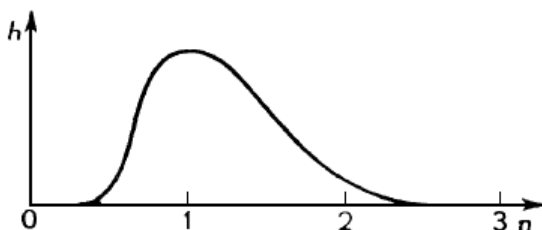
IV. CHARAKTER

14. Dynamizm charakteru

Przypuśćmy, że zbudowano pewien zbiór układów samodzielnych o niepowstrzymywanej rozbudowie starając się, żeby każdy z nich sterował swoją rozbudowę według współczynnika rozbudowy C równego dokładnie współczynnikowi starzenia A , czyli żeby każdy układ miał współczynnik dynamizmu $n = 1$. Mogłoby się przy tym okazać, że wskutek niedokładności konstrukcyjnych pewna liczba układów miałaby współczynnik dynamizmu odbiegający od $n = 1$, przy czym można oczekiwać, że znaczne odchylenia od $n = 1$ zdarzałyby się dość rzadko (w wyniku mało prawdopodobnej tak daleko idącej niestaranności konstruktorów), a bardzo duże odchylenia od $n = 1$ byłyby czymś zupełnie wyjątkowym. Wskutek tego cały zbiór znalazłby się w zakresie między jakimś układem o najmniejszym n i jakimś innym układem o największym n . Przypuśćmy ponadto, że występowanie układów o współczynniku dynamizmu odbiegającym od $n = 1$ jest symetryczne, tzn. że liczba układów, dla których $C = 1,1A$, jest równa liczbie układów, dla których $A = 1,1C$, że liczba układów, dla których $C = 1,2A$ jest równa liczbie układów, dla których $A = 1,2C$, itd. Wówczas wykres zależności $h = f(n)$ przedstawiałby się jak na rys. 14–1. Jak widać, pomimo założenia symetrii występowania układów o współczynniku dynamizmu odbiegającym od $n = 1$, otrzymaliśmy wykres niesymetryczny: wartości n poniżej 1 wyglądają na nim bardziej zagęszczone niż odpowiadające im wartości n powyżej 1, powstaje więc – wbrew przyjętemu założeniu – złudzenie, że układy o $n < 1$ zdarzają się rzadziej niż układy o $n > 1$. Złudzenie to, spowodowane zastosowaniem zwykłej podziałki do wyrażania liczby n , znika przy zastosowaniu podziałki logarytmicznej.

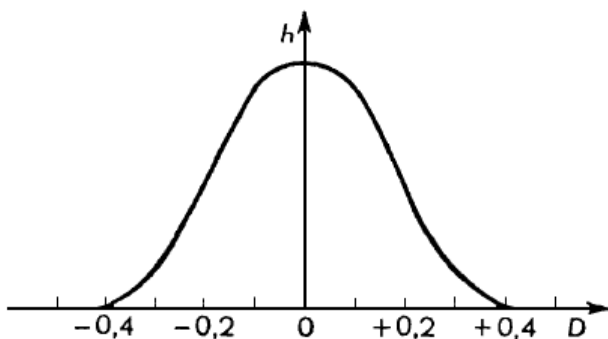
Jeżeli wprowadzić oznaczenie

$$D = \log n \quad (14.1)$$



Rys. 14–1. Uporządkowanie zbioru układów samodzielnych według współczynnika dynamizmu

to niesymetryczny wykres $h = f(n)$ z rys. 14–1 przedstawi się jako symetryczny wykres $h = f(D)$ na rys. 14–2. W konkretnym zbiorze układów samodzielnych także i wykres $h = f(D)$ może się okazać niesymetryczny,



Rys. 14–2. Uporządkowanie zbioru układów samodzielnych według dynamizmu

ale będzie to asymetria rzeczywista, odpowiadająca przewadze ilościowej układów o pewnym stosunku C/A nad układami o takiej samej wartości liczbowej stosunku A/C , a nie asymetria pozorna, wynikająca z niefortunnego doboru podziałki.

Liczba n , a więc i liczba D , charakteryzuje układ samodzielny pod względem przebiegu mocy całkowitej i mocy jałowej a więc i wynikającego stąd zachowania się układu. W związku z tym liczbę D będziemy traktować jako jeden z parametrów charakteru układu samodzielnego i nazywać go *dynamizmem charakteru*.

Jak to widać na rys. 14–2, dynamizm może być dodatni lub ujemny, a w szczególnym przypadku może być równy zeru.

Dynamizm równy zeru ($D = 0, n = 1, C = A$), charakteryzujący układy o szybkości przebiegu rozbudowy równej szybkości starzenia, będziemy nazywać *statyzmem*.

Dynamizm dodatni ($D > 0, n > 1, C > A$), charakteryzujący układy o przyspieszonej rozbudowie, będziemy nazywać *egzodynamizmem*.

Dynamizm ujemny ($D < 0, n < 1, C < A$), charakteryzujący układy o zwolnionej rozbudowie, będziemy nazywać *endodynamizmem*.

Odpowiednio do tych pojęć będziemy rozróżniać charaktery *dynamiczne*, a w szczególności charaktery *egzodynamiczne* i charaktery *endodynamiczne*, oraz charaktery *statyczne*.

Ludzi o charakterze dynamicznym będziemy nazywać *dynamikami* (w szczególności mogą to być *egzodynamicy* lub *endodynamicy*) a o charakterze statycznym — *statykami*.

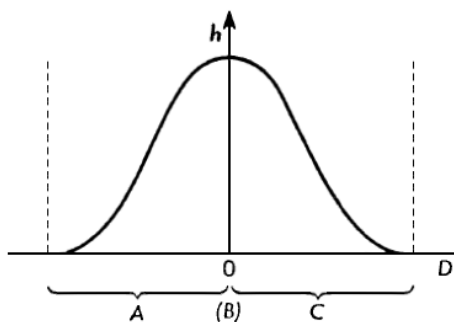
Jakkolwiek dynamizm charakteru może przybierać rozmaite wartości liczbowe, to jednak często dogodniej jest operować pewnymi grupami tych wartości, ponieważ zapewnia to większą przejrzystość i zmniejsza trudności terminologiczne. Takie grupy wartości dynamizmu, traktowane jako podstawa podziału charakterów, będziemy nazywać *klasami charakteru* i oznaczać je literami A, B, C lub ich kombinacjami AB, BC , odpowiednio do tego, czy współczynnik starzenia A przeważa nad współczynnikiem rozbudowy C czy odwrotnie.

W najprostszym ujęciu można by podzielić charaktery na dwie klasy charakteru; w podziale tym występują: klasa A , czyli charaktery *endodynamiczne* ($A > C, n < 1, D < 0$), i klasa C , czyli charaktery *egzodynamiczne* ($C > A, n > 1, D > 0$). Granicę między tymi klasami stanowiłby szczególny przypadek dynamizmu równego zeru, czyli statyzmu ($B = A = C, n = 1, D = 0$), rys. 14–3.

Oprócz przypadków gdy zachodzi potrzeba ogólnych sformułowań podział ten jest mało dogodny, ponieważ prowadzi do traktowania charakterów o małym dynamizmie jako dynamiczne (endodynamiczne bądź egzodynamiczne), chociaż niewiele różnią się od charakterów przypadających na granicy między endodynamizmem i egzodynamizmem, czyli od charakterów statycznych.

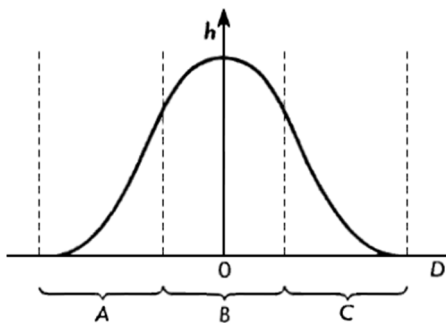
Większe możliwości rozróżnienia zapewnia podział charakterów na trzy klasy, w którym występują: klasa A , czyli charaktery *endodynamiczne*

(znaczna przewaga A nad C), klasa B , czyli charaktery *statyczne* (niewielkie różnice między A i C) oraz klasa C czyli charaktery *egzodynamiczne* (znaczna przewaga C nad A), rys. 14–4. W większości przypadków praktycznych podział ten jest wystarczający.



Rys. 14–3. Podział charakterów na dwie klasy

A – endodynamiczny; B – statyzm jako przypadek szczególny; C – egzodynamiczny



Rys. 14–4. Podział charakterów na trzy klasy

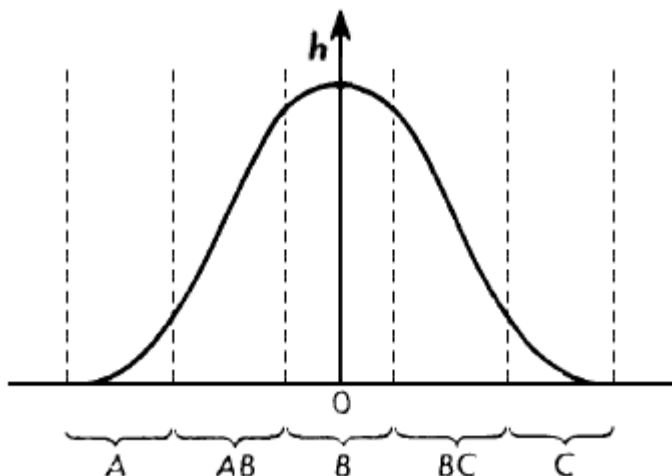
A – endodynamiczny; B – statyczny; C – egzodynamiczny

W sprawach, dla których podział ten okaże się nie dość dokładny, będziemy używać podziału charakterów na pięć klas: klasa A , czyli charaktery *endodynamiczne*, klasa AB , czyli charaktery *endostatyczne*, klasa B , czyli charaktery *statyczne*, klasa BC , czyli charaktery *egzostatyczne* i klasa C , czyli charaktery *egzodynamiczne*, rys. 14–5.

Chociaż podział na klasy charakteru może się wydawać nieprecyzyjny, to jednak jest on bardziej użyteczny niż operowanie liczbowymi wartościami dynamizmu – zgodnie ze wzorem (14.1). Podobnie, do oceny wzrostu ludzkiego chętniej używa się określeń „wysoki”, „średni”, „niski” zamiast podawania go w centymetrach, a nawet milimetrach, pomimo że mierzenie wzrostu nie nastęca żadnych trudności; często określenie, że np. ktoś jest wysokiego wzrostu, zapewnia lepszą orientację niż podanie, że chodzi np. o wzrost 184,7 cm.

Ewentualne obawy, że np. przy użyciu określenia „charakter endodynamiczny” nie byłoby wiadomo, do którego podziału charakterów (na ile klas) określenie to się odnosi, byłyby o tyle nieuzasadnione, że określenia tego rodzaju są głównie potrzebne do porównywania charakterów o różnym dynamizmie, a wówczas sprawa użytego podziału nie nasuwa

wątpliwości. W razie potrzeby można też używać takich wyrażen jak np. „charakter skrajnie endodynamiczny” „charakter czysto statyczny” itp.



Rys. 14–5. Podział dynamizmu na pięć klas

A – endodynamicy; *AB* – endostatycy; *B* – statycy; *BC* – egzostatycy; *C* – egzodynamicy

Z definicji dynamizmu jako określonego współczynnikiem dynamizmu n , a więc stosunkiem C/A , wynika, że układy o niepowstrzymywanej rozbudowie mają przez cały czas swojej egzystencji taki sam dynamizm, jaki miały na początku.

Z okoliczności, że układy endodynamiczne (klasa *A*) odznaczają się powolną rozbudową, wynikają następujące właściwości tych układów. Powolna rozbudowa świadczy, że działanie homeostatu jest mało intensywne i dlatego tworzywo układu ulega powolnym przemianom. Przy mało intensywnym działaniu homeostatu przyrosty potencjału refleksyjnego w stosunku do wywołujących je bodźców są małe, wobec czego przy takim samym potencjale rejestracyjnym moc korelacyjna będzie również mała. Wówczas tylko silniejsze bodźce będą mogły spowodować, że potencjał estymacyjny przekroczy potencjał decyzyjny i wywoła reakcję, a więc reakcje będą powstawać rzadko. Ponieważ układy o powolnej rozbudowie mają małą moc całkowitą i moc dyspozycyjną, więc reakcje tych układów będą słabe. Również moc koordynacyjna tych układów jest mała, toteż każde znaczniejsze zmniejszenie się mocy zewnętrznej przy jej fluktuacjach w otoczeniu zagraża spowodowaniem takiego wzrostu mocy asekuracyjnej, że moc całkowita okaże się

niewystarczająca do jego pokrycia i egzystencja układu zostanie przerwana. Rejestraty tego rodzaju zagrożeń z przeszłości, jako rejestraty motywacyjne, sprawiają, że homeostat najbardziej zwiększa potencjał refleksyjny wobec korelatów prowadzących do usuwania takich zagrożeń. Niebezpieczeństwo, że moc asekuracyjna przekroczy moc całkowitą, będzie tym mniejsze, im mniejsza będzie potrzebna moc robocza, a więc im większa będzie moc zewnętrzna. W rezultacie homeostat będzie zwiększał potencjał refleksyjny przede wszystkim wobec korelatów prowadzących do takich decyzji i reakcji, które zwiększają moc zewnętrzną układu. Wynika stąd, że układ będzie oszczędzał swoją małą moc koordynacyjną na zwiększanie mocy zewnętrznej, a w związku z tym będzie dopuszczał do trwania powstających w nim zakłóceń, odwołując ich usunięcie na później, do chwili uzyskania większej mocy zewnętrznej, której kosztem będzie mógł usunąć w otoczeniu źródło zakłóceń. To odwołanie reakcji pozostaje w zgodzie ze wspomnianą powyżej małą intensywnością działania homeostatu omawianych układów. Ogólnie można powiedzieć, że układy endodynamiczne sterują się na gromadzenie mocy zewnętrznej, a w związku z tym zachowanie się tych układów polega głównie na ustosunkowywaniu się do zmian otoczenia (gdyż otoczenie jest źródłem mocy zewnętrznej) i ich skutków w dalszej przyszłości. Głównym czynnikiem zwiększającym ilość energii przetwarzanej przez te układy – zgodnie ze wzorem (13.23) – jest wydłużanie czasu ich egzystencji.

Przeciwnie przedstawiają się właściwości układów egzodynamicznych (klasa C). Ich szybka rozbudowa świadczy, że działanie homeostatu jest bardzo intensywne i dlatego tworzywo układu ulega szybkim zmianom. Przy bardzo intensywnym działaniu homeostatu przyrosty potencjału refleksyjnego w stosunku do wywołujących je bodźców są duże, wobec czego przy takim samym potencjale rejestracyjnym potencjał korelacyjny będzie również duży. Wówczas nie tylko silne bodźce, lecz nawet i słabsze będą mogły spowodować, że potencjał estymacyjny przekroczy potencjał decyzyjny i wywoła reakcję, a więc reakcje będą powstawać często. Ponieważ układy o szybkiej rozbudowie mają dużą moc dyspozycyjną, więc reakcje tych układów będą silne. Również moc koordynacyjna tych układów jest duża, toteż nawet przy znacznie mniejszym zmniejszeniu się mocy zewnętrznej i spowodowanym przez to wzroście mocy asekuracyjnej moc całkowita okaże się wystarczająca do pokrycia tego wzrostu, nie powstanie więc zagrożenie przerwania egzystencji układu. Do pokrycia potrzebnej

mocy roboczej i zapewnienia w ten sposób mocy jałowej nie jest potrzebne zwiększanie mocy zewnętrznej. Ponieważ wystarczy do tego celu utrzymywanie dużej mocy koordynacyjnej, więc homeostat będzie zwiększał potencjał refleksyjny przede wszystkim wobec korelatów prowadzących do decyzji i reakcji, które przeciwdziałają zmniejszaniu mocy koordynacyjnej. W związku z tym układ będzie dążył do szybkiego usuwania zakłóceń, co pozostaje w zgodzie ze wspomnianą dużą intensywnością działania homeostatu układów egzodynamicznych. Ogólnie można więc powiedzieć, że układy egzodynamiczne sterują się na utrzymywanie dużej mocy koordynacyjnej, a w związku z tym zachowanie się tych układów polega głównie na ustosunkowywaniu się do stanu samego układu (gdyż układ jest źródłem mocy koordynacyjnej) i jego aktualnych skutków. Głównym czynnikiem zwiększającym ilość energii przetwarzanej przez te układy – zgodnie ze wzorem (13.23) – jest zwiększanie mocy koordynacyjnej.

Zestawienie głównych właściwości układów endodynamicznych (klasa *A*) i egzodynamicznych (klasa *C*) jest podana w tabl. 14–1.

TABLICA 14–1

Właściwości dynamiczne układów samodzielnych

Układ endodynamiczny (<i>A</i>)	Układ egzodynamiczny (<i>C</i>)
Mała szybkość rozbudowy	Duża szybkość rozbudowy
Mało intensywne działanie homeostatu	Bardzo intensywne działanie homeostatu
Małe przyrosty potencjału refleksyjnego	Duże przyrosty potencjału refleksyjnego
Rzadkie reakcje	Częste reakcje
Słabe reakcje	Silne reakcje
Dążenie do dużej mocy zewnętrznej	Dążenie do dużej mocy koordynacyjnej
Powolne usuwanie zakłóceń w układzie	Szybkie usuwanie zakłóceń w układzie
Wrażliwość na zmiany w otoczeniu	Wrażliwość na zmiany własne układu
Sterowanie się na skutki przyszłe	Sterowanie się na skutki teraźniejsze

Między tymi skrajnymi układami mogą istnieć układy pośrednie bądź to o przewadze właściwości endodynamicznych (klasa *AB*), bądź też o prze-

wadze właściwości egzodynamicznych (klasa *BC*). Szczególny przypadek stanowią układy pośrednie nie przejawiające wyraźnej przewagi właściwości endodynamicznych, ani też przewagi właściwości egzodynamicznych (klasa *B*).

Dynamizm rzeczywistych układów samodzielnych można rozpoznać na podstawie obserwacji zachowania się (reakcji) konkretnego układu. Ponieważ reakcje układu samodzielnego są tym bardziej zróżnicowane, im więcej elementów korelacyjnych ma dany układ, więc przejawy dynamizmu będą najwyraźniejsze u układów o wielkiej liczbie elementów korelacyjnych.

Pośród znanych układów samodzielnych największą liczbę elementów korelacyjnych ma organizm ludzki, nie więc dziwnego, że charakter ludzki dostarcza najwięcej danych obserwacyjnych dotyczących przejawów dynamizmu. Z grubsza tylko można je zaobserwować u zwierząt o stosunkowo dużej liczbie elementów korelacyjnych, jak np. małpy, psy, itp. Im mniej elementów korelacyjnych ma jakieś zwierzę, tym mniej wyraźne są przejawy jego dynamizmu, a u roślin stają się one praktycznie niedostrzegalne. Jeśli chodzi o autonomię, to o obserwacji ich dynamizmu będzie można mówić dopiero po ich zbudowaniu i wyposażeniu w odpowiednio dużą liczbę elementów korelacyjnych.

Poniżej omówimy pokrótce rozmaite przejawy charakteru ludzkiego, dające się interpretować jako przejawy dynamizmu.

Nawiązując do właściwości dynamicznych podanych w tabl. 14–1 można rozróżnić ludzi nastawionych bardziej na intensywność przeżyć niż na wydłużanie czasu życia (egzodynamicy) oraz ludzi, którym bardziej chodzi o długi czas życia niż o dużą intensywność przeżyć (endodynamicy). Wyrażając się bardziej obrazowo można by powiedzieć, że egzodynamicy żyją według doktryny: „żyjemy intensywniej, to się więcej nażyjemy”, a endodynamicy według doktryny: „żyjemy dłużej, to się więcej nażyjemy”.

W związku z tym, ludzie łatwo dopuszczający do rozpraszania posiadanego majątku na przyjemności to egzodynamicy, natomiast ludzie nastawieni na gromadzenie majątku to endodynamicy. Ludzie pośredniego typu, nie rozpraszający ani nie gromadzący majątku, czyli nastawieni na utrzymywanie i oszczędzanie tego, co posiadają, są statykami. Skłonność do rozrzutności i marnotrawstwa można uważać za przejaw skrajnego egzodynamizmu, zachłanność i chciwość za przejaw skrajnego endodynamizmu.

Celem dążeń jest dla egzodynamików „używanie życia”, a dla endodynamików osiągnięcie korzyści. Statycy starają się o utrzymanie równowagi między użyciem w teraźniejszości a zabezpieczeniem na przyszłość, w związku z czym są oni nastawieni na osiągnięcie ograniczonych korzyści np. zarobków na utrzymanie (słaby endodynamizm) i na ograniczone rozrywki (słaby egzodynamizm). Chcą oni mieć korzyści i przyjemności według równej miary, tyle, ile im się należy, ile jest godziwe (sprawiedliwe), ile określają uznane przepisy i obyczaje. Zrównoważone sterowanie się statyków przejawia się jako wymaganie kompensacji bodźców przeciwstawnych: za poniesiony trud należy się przyjemność i przeciwnie, przyjemność musi być odpracowana, za grzech należy się odpowiednia pokuta, wymiarowi winy ma odpowiadać wymiar kary itp.

W związku z tym endodynamik uważa za słuszne to, co jest dla niego korzystne, egzodynamik to, co jest dla niego przyjemne, a statyk to, co odpowiada jego poczuciu sprawiedliwości. Dlatego też egzodynamicy nie chcą się wyrzec przyjemności, statycy przekonań, a endodynamicy korzyści.

W konsekwencji egzodynamik szuka zajęć będących dla niego zabawą, endodynamik zaś zajęć, w których widzi on dla siebie interes. Stryk szuka zajęć, w których praca w granicach obowiązku równoważy się z rozrywką w granicach przyzwoitości.

Niechęć statyków do naruszania równowagi między rozpraszaniem a gromadzeniem, przyjemnością a korzyścią, zabawą a interesem, można wyrazić jako pryncypialność, czyli przywiązanie do zasad (niechęć do naruszania zasad), określających tę równowagę. Im bardziej dynamiczny jest charakter, tym większe dopuszcza odchylenia od zasad w stronę rozpraszania bądź gromadzenia; skrajni egzodynamicy i skrajni endodynamicy nie uznają żadnych zasad. Dlatego też statyków cechuje moralność, natomiast im większy jest egzodynamizm, tym większy jest brak skrupułów w dążeniu do użycia, a im większy jest endodynamizm, tym większy jest brak skrupułów w dążeniu do zysku.

Zrównoważenie rozpraszania i gromadzenia oraz wynikające stąd przywiązanie do zasad wywołuje u statyków zamiłowanie do porządku (z tym że statykom chodzi o porządek dla porządku, a więc dla samej zasady). Egzodynamicy uznają porządek tylko o tyle, o ile sprzyja ich żądzy użycia (np. daje zadowolenie estetyczne), a endodynamicy – o ile jest dla nich użyteczny. Egzodynamicy rezygnują z porządku, jeżeli jest nieefektywny, a endodynamicy, jeżeli jest nieefektywny.

Nastawienie endodynamików na zdobywanie mocy socjologicznej (mocy zewnętrznej) w połączeniu z wydłużaniem życia sprawia, że ich postępowanie jest przezorne, wyrachowane i obliczone na daleką przyszłość. Na odwrót, nastawienie egzodynamików na doraźne użycie sprawia, że ich postępowanie jest nieopatrzne, lekkomyślne, żywiołowe, nacechowane brakiem przewidywania i związane tylko z chwilą bieżącą, a więc bardzo zmienne i kapryśne. Statycy, ze swoją skłonnością do trzymania się określonych zasad, przypisują im trwałość (jako że zmienność zasad jest w istocie brakiem zasad), stąd też postępowanie ich cechuje się ufnością; utrzymuje się ona u nich nawet wtedy, gdy zasady te są wyraźnie nietrwałe (wtedy staje się ona naiwnością).

W związku z chęcią użycia przedmiotem zainteresowań egzodynamika jest jego własna osoba (wygląd, strój, osobisty wdzięk itp.), podczas gdy nastawienie endodynamika na szukanie korzyści powoduje, że przedmiotem jego zainteresowania są instytucje (stowarzyszenia, przedsiębiorstwa, stronnictwa polityczne, organizacje międzynarodowe itp.) jako źródła potrzebnej mu mocy socjologicznej. Zainteresowania statyka są określone zasięgiem uznawanych przez niego zasad, toteż przedmiotem jego zainteresowań jest najbliższe otoczenie, rodzina, miejsce pracy, specjalność zawodowa itp. Nie odpowiada statykowi zwężenie zasięgu zainteresowań do własnej osoby, ponieważ zasady dotyczące tylko jednego osobnika przestają już być zasadami, ani też nadmierne rozszerzenie zasięgu zainteresowań, ponieważ utrzymywanie jednolitych zasad w wielkich instytucjach jest niemożliwe, na przykład, zasady panujące w miejscu pracy mogą być ujęte regulaminem, w którym wszystko jest jednoznaczne, podczas gdy w polityce państwowej, a tym bardziej międzynarodowej podobna sztywność zasad byłaby nie do pomyślenia.

Zainteresowania statyków dla najbliższego otoczenia przejawiają się jako domatorstwo, przywiązanie do rodziny, współpracowników, sąsiadów itp.; dlatego też statycy

niechętnie zmieniają zawód, miejsce pracy, mieszkanie, środowisko itp. U egzodynamików interesowanie się tylko własną osobą sprawia, że otoczenie, w jakim żyją i mieszkają, jest dla nich jedynie tłem a nie przedmiotem zainteresowań, toteż egzodynamiści nie przywiązują się do otoczenia i nie pragną mieć stałego domu. Ilustracją tego jest np. łatwość, z jaką artyści przenoszą się z teatru do teatru, z miasta do miasta, a nawet z kraju do kraju i prowadzą hotelowy tryb życia. Również i endodynamiści nie są domatorami, ale z odwrotnych przyczyn: ponieważ przedmiotem ich zainteresowań są rozległe instytucje, więc w ramach tych instytucji każde otoczenie uważają oni za swoje. W skrajnych przypadkach egzodynamiści nie mają domu nigdzie, a endodynamiści wszędzie.

Statycy poczuwają się do wspólnoty z otoczeniem wyznającym takie same zasady, są więc z nim solidarni. Natomiast dynamików cechuje indywidualizm, przy czym u egzodynamików jest to indywidualizm używania życia, a u endodynamików indywidualizm rządzenia.

Ponieważ organizacja każdej instytucji wymaga narzucenia określonych zasad, więc statycy czują się dobrze wobec konieczności przestrzegania rygorów organizacyjnych, są im posłuszni, zdyscyplinowani, karni. Jaskrawym przejawem karności statyków jest tzw. „owczy pęd”; statyk uważa, że skoro wszyscy otaczający go ludzie postępują w jakiś jednakowy sposób, to najwidoczniej kieruje tym jakaś zasada, a ponieważ statyk odczuwa potrzebę stosowania się do zasad, więc zaczyna robić to samo, co inni. Egzodynamiści buntują się przeciw zasadom organizacyjnym, ponieważ są one rygorami krępującymi ich w indywidualnym używaniu życia, dlatego też egzodynamiści znalazłszy się w ramach jakiejś organizacji przejawiają skłonności anarchistyczne; buntują się oni nie przeciw jakiejś określonej organizacji na rzecz innej organizacji, lecz przeciw wszelkiej organizacji. Natomiast endodynamikom odpowiada każda organizacja pod warunkiem, że chodzi o instytucje będące dla nich źródłem mocy socjologicznej, a więc instytucje przez nich kierowane. Endodynamiści są więc organizacyjni, ale organizacyjność ich jest przejawem żądzy władzy.

Statyków cechuje stałość poglądów; wszelka zmiana przekonań jest odstępstwem od wyznawanych zasad, dlatego też statycy ostro reagują na zmianę przekonań u otaczających ich ludzi, określając ją jako zdradę. Egzodynamików, wobec braku przywiązania do jakichkolwiek zasad, cechuje duża zmienność poglądów, co się potocznie określa jako chwiejność. Endodynamiści zmieniają poglądy równie łatwo, lecz u nich wynika to z chęci wykorzystywania sposobności do zwiększania mocy socjologicznej, jest to więc elastyczność poglądów (w zależności od koniunktury).

Statycy są prawdomówni, jako że prawdomówność jest zasadą określającą zgodność między tym, co się mówi, a tym, co się rzeczywiście wie. Wyraźnie występuje to u werdyków, mówiących prawdę bez względu na inne okoliczności. Dynamicy nie kierują się wymaganiami prawdomówności, jak zresztą żadnymi innymi zasadami. Przy tym egzodynamiści są symulantami, tj. mówią więcej niż wiedzą, przesadzają, koloryzują, „zgrywają się”, popadają w komedianstwo, krótko mówiąc popisują się, aby skupić na sobie uwagę innych i wywołać podziw, a przez to zaznać silniejszych wrażeń. Na odwrót, endodynamiści są dysymulantami, tj. mówią mniej niż wiedzą, skrywają swoje wiadomości, aby nie ujawniać swoich zamiarów i nie narażać się innym, a przez to nie popsuć swoich możliwości zdobywania mocy socjologicznej; aby i ewentualne wykrycie

kłamstwa nie zaszkodziło tym możliwościom, endodynamicy starają się ukrywać prawdę za pomocą niedomówień, a nie przez jej fałszowanie.

Endodynamicy starają się być dobrze poinformowani (wynika to z ich dalekowzroczności), natomiast innych informują ostrożnie i skąpo (co jest typowym sposobem postępowania dyplomatów). Statycy wiedzą tylko to, co do nich należy. Egzodynamicy mają informacje pobieżne i powierzchowne, ale przy informowaniu innych wykazują niezwykle pewność siebie.

Endodynamicy powstrzymują się od wygłaszania swoich poglądów; np. wybitni politycy publikują swoje pamiętniki przeważnie dopiero po upływie wielu lat od opisywanych wydarzeń. Egzodynamicy manifestują swoje poglądy hałaśliwie i narzucają je natrętnie innym; robią to często np. nowatorzy w sztuce.

O ile w pojęciu statyków kłamstwo jest w ogóle niedopuszczalne, to egzodynamicy nie krępują się w posługiwaniu się kłamstwem dla zapewnienia sobie przyjemności (lub dla obrony przed przykrością), a endodynamicy dla zapewnienia sobie zysku (lub dla uniknięcia strat).

Podobną rolę jak prawdomówność odgrywa u statyków szczerłość jako zasada zgodności między doznawanymi uczuciami a ich objawami: statycy objawiają to, co czują. U egzodynamików objawy uczuć są nadmierne, serdeczność ich jest przesadna, w rzeczywistości mniejsza niżby można było sądzić z ich zachowania; w ten sposób egzodynamicy rozpraszają posiadany nadmiar mocy koordynacyjnej. U endodynamików objawy uczuć są skąpe, serdeczność ich jest utajona i hamowana, w rzeczywistości większa niżby można było sądzić z ich zachowania; w ten sposób starają się oni unikać zużywania mocy koordynacyjnej, którą mają w niedomiarze. Dlatego też zachowanie się egzodynamików cechuje się egzaltacją, a zachowanie endodynamików opanowaniem. Egzodynamicy obrażają się łatwo, ale też szybko zapominają urazę, natomiast endodynamicy objawiają urazę powściągliwie, ale pamiętają ją bardzo długo. Obrażony statyk domaga się ekspiacji obrażającego i zadośćuczynienia w przepisanej formie, a nawet procesuje się, aby ten cel osiągnąć – w ten sposób przejawia się tkwiące w jego charakterze pragnienie równowagi między winą i karą, pragnienie, żeby stało się zadość zasadom. Egzodynamik nie mści się, łatwo bowiem zapomina urazę. Endodynamik nie mści się dla samej zemsty, a urazę pamięta jako ostrzeżenie przed czyjąś wrogością, z którego skorzysta przy odpowiedniej sposobności, ale jeżeli tego wymaga wzgląd na zdobywanie mocy socjologicznej, to bez trudności uzna dotychczasowego wroga za sojusznika.

Endodynamicy pomniejszają swoje sukcesy, a wyolbrzymiają niepowodzenia, gdyż mając ciągle na uwadze niedomiar mocy koordynacyjnej i związaną z tym konieczność zwiększania mocy socjologicznej, endodynamicy lepiej pamiętają to, czego im brakowało, niż to co osiągnęli. Poza tym skrywają sukcesy, aby nie przyciągać konkurentów do wykorzystywania tych samych źródeł mocy socjologicznej. Z tych względów zwycięzcy wodzowie piszą w swoich pamiętnikach przede wszystkim o tym, jak bliscy byli przegranej, milionerzy podkreślają, że zaczęli jako sprzedawcy gazet, kupcy narzekają z reguły na brak zysków itp. Natomiast u egzodynamików nadmiar mocy koordynacyjnej sprawia, że pomniejszają oni swoje niepowodzenia, a wyolbrzymiają sukcesy i rozgłaszają je, aby zwiększyć podziw otoczenia i w ten sposób zapewnić sobie doznawanie silniejszych wrażeń. Z tych względów aktorzy przesadzają w opowiadaniach o swoich występach jako uwieńczonych ogromnym powodzeniem, pamiętają najdrobniejsze

wzmianki pochwalne w recenzjach, otrzymane brawa, kwiaty itp. W odniesieniu do przyszłości endodynamicy planują swoje działania na daleką metę, organizują je spokojnie i starają się osiągać cel możliwie małymi środkami; w razie zagrożenia stają się jeszcze bardziej rozważni niż zwykle i oszczędzają energię na porę, gdy sami będą mogli uderzyć, a w razie porażki starają się ponieść jak najmniejsze straty. Egzodynamicy kierują się nieprzemyślanymi zrywami, w których jest więcej demonstracji niż skuteczności; w razie zagrożenia starają się pospiesznie używać życia póki jeszcze czas i stają się jeszcze bardziej lekkomyślni niż zwykle, co sprawia, że porażki ich przemieniają się w katastrofy. Statycy reagują na spotykające ich sukcesy i niepowodzenia tylko z punktu widzenia trwałości zasad. Przerazają ich zarówno wielkie niepowodzenia, jak i wielkie sukcesy, ponieważ wywracają im ustalony porządek. Z wielu dziejących się dokoła niego wydarzeń statyk wybiera tylko fragmenty odpowiadające uznawanym przezeń zasadom, nie interesuje się tym, skąd się jakaś sprawa bierze i do czego prowadzi. Na przykład, w czasach, gdy zatargi honorowe załatwiano za pomocą pojedynków, pojedynkujący się statyk nie wnikał w sensowność samej instytucji pojedynków ani w skutki, jakie pojedynków może mieć dla niego i jego rodziny; myślał jedynie o tym, że musi się stać zadość samej zasadzie postępowania według wymagań „honoru”. Podobnie odnoszą się statycy do wszelkiego rodzaju przepisów. Stwierdzenie „zgodności z przepisami” bądź „naruszenia przepisów” jest dla statyka okolicznością rozstrzygającą; skąd się wziął sam przepis i do czego prowadzi jego przestrzeganie w konkretnym przypadku, statyka to nie obchodzi. Statycy podkreślają przede wszystkim długotrwałość swojej działalności, wyliczają, ile lat i gdzie pracowali, byli na wojnie, przetrwali w małżeństwie, mieszkali itp. Trwanie jest dla nich wyrazem spełniania się jakiejś zasady, która narzucała niezmiennność i do której przez tak długi czas potrafili się dostosować. Samą długotrwałość („wieloletni pracownik”, „trzydzieści lat służby”, „dwudziestopięciolecie małżeństwa” itp.), traktują jako coś chwalebne bez względu na to, czy była ona pasmem sukcesów czy niepowodzeń.

Do zjednywania sobie innych ludzie stosują środki wynikające z dynamizmu ich własnego charakteru. Na przykład, chcąc uzyskać coś od wpływowych osób egzodynamik stara się podobać (za pomocą takich środków jak uroda, elegancja, błyskotliwość, pochlebstwo itp.), statyk dowodzi swojej słuszności (np. przez odwoływanie się do poczucia sprawiedliwości kontrahenta, powoływanie się na przepisy prawne i rozmaite zasady, z których ma wynikać, co mu się od kontrahenta należy), a endodynamik proponuje w zamian pewne korzyści (np. udzielenie poparcia w sprawie, na której zależy kontrahentowi, udział w zyskach lub po prostu łapówkę).

Interesujący jest też stosunek różnych charakterów do stroju. W pojęciu endodynamików strój powinien być użyteczny, trwały i nie absorbujący ich uwagi, skierowanej na sprawy szerszego znaczenia. Dla egzodynamików strój jest przedmiotem niezwykle dużej troski – mogą oni wiele czasu spędzać przed lustrem sprawdzając, w czym jest im „do twarzy”. Strój jest dla nich ozdobą mającą uwydatnić ich osobisty urok. Są uczuleni na punkcie wyłączności ich stroju, jako że starają się zwracać na siebie uwagę jego oryginalnością, a nawet ekstrawagancją. Dla stroju, który się rozpowszechnił (a więc stał się obowiązującą zasadą), tracą wszelkie zainteresowanie i szukają nowego, jakiego jeszcze nikt inny nie nosi. Dla statyków strój, podobnie jak wszystko inne, musi być przejawem zgodności z ustalonymi zasadami. Strojem statyków jest uniform w naj-

ogólniejszym tego słowa znaczeniu – może nim być mundur, garnitur, kostium itp., przyjęty lub obowiązujący w danym środowisku lub narzucony przez panującą modę.

Endodynamik jest nastawiony na zarabianie pieniędzy, a wydaje je tylko o tyle, o ile musi. Egzodynamik jest nastawiony na wydawanie pieniędzy, a zarabia je tylko o tyle, o ile musi. Dla statyka zarabianie i wydawanie pieniędzy stanowi normalne oscylowanie dokoła stanu równowagi między rozpraszaniem i gromadzeniem. Endodynamik chce zdobywać, aby mieć. Egzodynamik chce mieć, aby wydawać.

Styl życia egzodynamików można by określić ogólnie jako epikureizm; tę postawę życiową wyrażają takie powiedzenia jak np. „carpe diem”, „raz się żyje”, „jakoś to będzie” itp. Przykładami typowych egzodynamików nogą być następujące postacie historyczne: Alcybiades, Horacy, Owidiusz, Kaligula, Neron, Heine, Salome, Messalina. Znakomicie ujętą literacką postacią egzodynamika jest Dorian Grey („Portret Dorian Greya” Oskara Wilde’a). Można tu również wymienić postacie Carmen, Cyrana de Bergerac i don Juana.

Postawę życiową statyków można określić jako rzetelność. Wyrażają ją liczne przysłowia jak np. „suum cuique”, „jak Kuba Bogu tak Bóg Kubie”, „bez pracy nie ma kołaczy” itp. Przykłady historyczne postaci statyków: Sokrates, Arystydes, Cincinnatus, Seneka itp. Dobrą ilustrację literacką charakteru statyka stanowi postać Phileasa Fogg’a (Juliusz Verne „Podróż naokoło świata w 80 dniach”) oraz postać Javerta (Wiktor Hugo „Nędznicy”). Statykami są również Winicjusz i Ligia w „Quo vadis” Sienkiewicza.

Styl życia endodynamików można by określić jako makiawelizm; postawę życiową endodynamików wyrażają takie powiedzenia jak „cel uświęca środki”, „wszystko dobre, co się dobrze kończy”, „divide et impera” itp. Przykłady historyczne endodynamików: Temistokles, Juliusz Cezar, Cromwell, Richelieu, Talleyrand. W literaturze charakter typowego endodynamika przedstawił G. B. Shaw w postaci Burgessa („Candida”).

Omówione przejawy dynamizmu ludzkiego charakteru są zestawione w tabl. 14–2.

Zestawienie przejawów dynamizmu charakteru ludzkiego

Rodzaj dynamizmu	Egzodynamizm	Statyzm	Endodynamizm
Klasa charakteru	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
Nastawienie	Rozpraszenie (rozrzutność)	Utrwalanie (oszczędność)	Gromadzenie (chciwość)
Cel	Chęć użycia	Sprawiedliwość	Korzyść
Zajęcie	Zabawa	Praca w granicach obowiązku i rozrywka w granicach przyzwoitości	Interes
Upodobanie	Efektowność (efekciarstwo)	Porządek (pedanteria)	Użyteczność (utilitaryzm)
Postępowanie	Nieopatrność (lekkomyślność)	Ufność (naiwność)	Przezorność (wyrachowanie)
Zasięg przewidywań	Teraźniejszość	Bliska przyszłość	Daleka przyszłość
Zasięg zainteresowań	Własna osoba	Bliższe otoczenie	Instytucje
Przywiązanie do domu	Nie ma domu nigdzie	Domatorstwo	Ma dom wszędzie
Stosunek do otoczenia	Indywidualizm używania życia	Solidarność	Indywidualizm rządzenia
Stosunek do organizacji	Nieorganizacyjność (anarchizm)	Karność („owczy pęd”)	Organizacyjność (żądza władzy)
Stosunek do zasad	Brak zasad	Pryncypialność	Brak zasad
Stosunek do moralności	Brak skrupułów w dążeniu do użycia	Moralność	Brak skrupułów w dążeniu do zysku i władzy

TABLICA 14–2 D.C.

Rodzaj dynamizmu	Egzodynamizm	Statyzm	Endodynamizm
Przywiązanie do poglądów	Zmienność (chwiejność)	Stalość (sztywność)	Elastyczność (koniunkturalność)
Sposób informowania	Symulacja – mówi więcej, niż wie (komedianstwo)	Prawdomówność – mówi to, co wie (weredyzm)	Dysymulacja – mówi mniej, niż wie (krętaćstwo)
Dopuszczalność kłamstwa	Dla zapewnienia przyjemności lub dla obrony przed przykrością	Niedopuszczalne	Dla zapewnienia zysku lub dla uniknięcia strat
Objawianie uczuć	Egzaltacja	Szczerość	Opanowanie
Przedmiot wspomnień	Sukcesy	Długotrwałość	Niepowodzenia
Sposób zjednywania innych	Podobanie się	Udawanie swojej słuszności	Udzielanie korzyści
Sposób ubierania się	Oryginalny	Przepisowy	Praktyczny
Stosunek do pieniędzy	Wydawanie (zarabianie z konieczności) – chce mieć, aby wydawać	Wydawanie odpowiednio do zarobków	Zarabianie (wydawanie z konieczności) – chce zdobywać aby mieć
Styl życia	Epikureizm („carpe diem”)	Rzetelność („suum cuique”)	Makiawelizm („cel uświęca środki”)

Zestawienie w tabl. 14–2 sporządziliśmy, aby dać czytelnikowi przejrzysty przegląd przejawów dynamizmu charakteru ludzkiego. Nie należy traktować werbalnie poszczególnych wyrazów użytych w takiej czy innej rubryce tablicy. Wyrazy te mogą mieć dla różnych osób rozmaite odcienie znaczeniowe, zostały bowiem przez nas wzięte z języka potocznego, gdzie nawarstwiały się w sposób nie pozbawiony pewnej przypadkowości w miarę rozpoznawania przejawów ludzkiego charakteru. Gdyby w porę spostrzeżono, że są to przejawy jednego z parametrów charakteru, to najprawdopodobniej powstałaby już dawno nazwa tego parametru. Właśnie dlatego zestawiliśmy tak wiele określeń, aby w dalszym toku rozważań uwolnić się od balastu powtarzania ich wszystkich i operować

nazwą „dynamizm charakteru”, a w szczególności nazwami „endodynamizm”, „statyzm” itd., jako utrafiającymi w cały zespół przejawów omawianego parametru charakteru, a więc w istotę rzeczy, nie zaś w jej fragmenty czy zewnętrzne pozory. Na przykład z faktu, że ktoś uprawia zawód artystyczny, niekoniecznie wynika, że jest on egzodynamikiem; w zawodzie tym spotyka się również często statyków, którym chodzi w sztuce o potwierdzenie wyznawanych przez nich zasad, jak i endodynamików, którym chodzi o to, żeby na uprawianiu sztuki zarabiać. Postępowanie artystów podawaliśmy jako ilustrację egzodynamizmu w takim sensie, że egzodynamik nadaje swojej chęci użycia formę artystyczną bez względu na jakiegokolwiek zasady oraz bez względu na to, czy mu za to płacą czy nie.

Należy też przestrzec czytelnika przed możliwością pomyłek przy odróżnianiu endodynamików od egzodynamików. Charaktery endodynamiczne i charaktery egzodynamiczne są wzajemnie przeciwstawne, ale jedne i drugie są dynamiczne, w odróżnieniu od charakterów statycznych. Najłatwiej jest odróżnić dynamików od statyków, ale z tego nie wynika jeszcze, czy jakiś dynamik jest endodynamikiem czy egzodynamikiem. Powierzchowne traktowanie takich cech jak brak zasad, zdolność do kłamstwa, brak zamiłowania do porządku itp., może prowadzić do błędnych ocen, ponieważ przytoczone cechy mają podobne pozory przy wręcz przeciwnej motywacji.

Dla uwydatnienia różnic podaliśmy w zestawieniu cechy bardzo wyraziste. Jednakże charaktery skrajnie endodynamiczne i skrajnie egzodynamiczne spotyka się rzadko (por. wykres na rys. 14–2). W życiu codziennym każdy ma do czynienia przeważnie z endostatykami, statykami i egzostatykami.

Omawiane przejawy nie są perswazyjne, tzn. nie można nikogo namówić, żeby postępował kierując się innym dynamizmem niż ten, który ma, np. nie można lichwiarza namówić, żeby był rozrzutny, a domatora, żeby wyruszył w świat na poszukiwanie przygód. Natomiast wchodzą w grę zmiany dynamizmu z biegiem czasu, o tym jednak będzie mowa poniżej.

Jakkolwiek przy omawianiu tych spraw operowanie klasami charakteru jest bardzo dogodne, to jednak musimy tu przypomnieć, że dynamizm jest parametrem ciągłym, mogącym przybierać wszelkie wartości, a jedynie dla uproszczenia sprawy i uwydatnienia skrajności ograniczyliśmy się do trzech (ewent. pięciu) klas charakteru (podobnie jak wzrost ludzki może się wyrażać najrozmaitszymi liczbami, chociaż dla uproszczenia posługujemy się tylko trzema określeniami: wysoki, średni, niski). Łatwo stwierdzić, że każdy z przytoczonych przez nas przejawów może występować we wszystkich stopniach pośrednich.

Czytelnikom lubującym się w aforyzmach możemy podać kilka porównań. Na przykład, endodynamizm to jak jazda pod górę (aby dysponować możliwością zjeżdżania), egzodynamizm to jazda z góry („używanie” natychmiastowe), statyzm zaś to jazda po równinie. Albo: charakter jest jak soczewka, a mianowicie: endodynamizm – soczewka zbierająca, egzodynamizm – soczewka rozpraszająca, statyzm – płaska szyba. Albo wreszcie: ludzkość jest jak kasyno gry, w którym egzodynamików reprezentują gracze, statyków krupierzy, a endodynamików właściciel kasyna; w rezultacie egzodynamicy mają zabawę, krupierzy zatrudnienie, a właściciel zyski.

Nie należy się doszukiwać, które z podanych klas charakteru są „wyższe”, „lepsz”, które zaś „niższe”, „gorsze”. Dzielenie charakterów na „lepsz” i „gorsze” pod względem

dynamizmu jest bezprzedmiotowe. Dla danego osobnika jego własny charakter jest „najlepszy”, jako że każdy dąży do tego, co mu dyktuje właśnie jego dynamizm. Dla ludzi stanowiących środowisko danego osobnika charakter jego może być równie „zły”, jak i „dobry”, zależnie od stopnia, w jakim ten charakter odpowiada potrzebom środowiska.

Źle jest, gdy endodynamicy wyzyskują innych, gdy statycy narzucają szablon i skostniałość, gdy egzodynamicy działają rozkładowo na organizację środowiska.

Z drugiej jednak strony zbiorowiska ludzkie zawdzięczają endodynamikom kierownictwo, statykom wypełnianie obowiązków, a egzodynamikom to, co nazywamy potocznie „barwą” lub „smakiem” życia.

Wkładem statyków jest systematyczna praca, ale dzięki endodynamikom praca ta staje się celowa, a dzięki egzodynamikom – przyjemna.

Egzodynamicy wnoszą ferment, bez którego życie statyków stałoby się szare, oschłe i ponure. Bez endodynamików statycy staliby się rzeszą pozbawioną przewodnictwa. Statycy wnoszą przywiązanie do siedzib i do tradycji, stabilizację i patriotyzm – społeczeństwa pozbawione statyków są społeczeństwami bez ojczyzny.

Wybitni endodynamicy są politykami, władcami, wodzami, organizatorami, kierownikami, przemysłowcami, kupcami, itp., statycy – mędrcami, uczonymi, itp., egzodynamicy – artystami.

Dynamizm charakteru oprócz szczytów ma także swoje niziny, w których endodynamicy są lichwiarzami i paserami, statycy – tępyimi biurokratami, a egzodynamicy – włóczęgami i prostytutkami (płci obojga).

Nie należy utożsamiać dynamizmu charakteru z rzeczywiście uprawianym zawodem, gdyż na wybór zawodu wpływa nie tylko charakter, lecz także wiele okoliczności zewnętrznych. Zdarzało się, że tron odziedziczył egzodynamicz, wodzem został mianowany statyk, itp., a prostytutki – oprócz egzodynamiczek uprawiających ten proceder z upodobania – bywały też statyczki zarabiające w ten sposób na utrzymanie oraz endodynamiczki, które w prostytutce znalazły jedyną drogę prowadzącą do kariery (znakomicie przedstawił to G. B. Shaw w „Profesji pani Warren”).

Może się komuś nasunąć spostrzeżenie, że liczbowo statycy stanowią w społeczeństwach znaczną większość, wobec której endodynamicy i egzodynamicy, zwłaszcza skrajni, są dość nielicznymi grupami, i że wobec tego trudno mówić o jakiejś równorzędności ich roli w społeczeństwie.

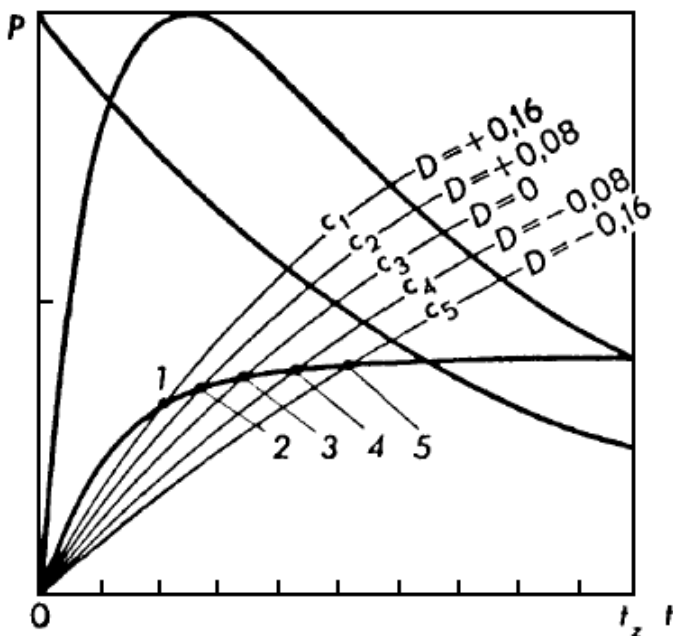
W takich sprawach kryterium liczbowe jest nieistotne. W każdej armii jest tylko jeden wódz i stosunkowo niewielu oficerów, a przecież nieliczność tej grupy nie zmniejsza jej znaczenia.

W społeczeństwie każdy charakter ma swoją rolę do spełnienia. W endodynamikach statycy znajdują przywódców; w statykach endodynamicy znajdują wykonawców. W egzodynamikach statycy znajdują artystów w szerokim znaczeniu tego słowa; w statykach egzodynamicy znajdują widzów i słuchaczy.

Gdyby podzielić całą ludzkość na dwie części tak, żeby w jednej z nich znalazły się charaktery o wszelkich stopniach endodynamizmu, a w drugiej charaktery o wszelkich stopniach egzodynamizmu, to można by powiedzieć, że endodynamiczna połowa ludzkości stworzyła *cywilizację*, a egzodynamiczna połowa ludzkości stworzyła *kulturę*.

Obecnie zajmiemy się zagadnieniem zmienności dynamizmu z upływem czasu.

Rysunek 14-6 przedstawia przebieg krzywej mocy całkowitej P i krzywej mocy jałowej P_0 , powtórzony z rys. 13-4 i 13-5. Ponadto na rys. 14-6 została zaznaczona krzywa starzenia i rodzina krzywych rozbudowy o różnych wartościach współczynnika rozbudowy C .



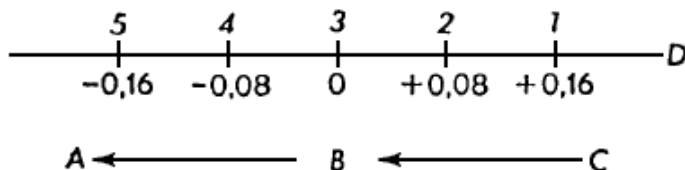
Rys. 14-6. Uzasadnienie zmienności dynamizmu

Do układu o niepowstrzymywanej rozbudowie odnosiłaby się któraś spośród krzywych c_1, c_2, c_3 itd., podanych na rys. 14-6 (lub z krzywych pośrednich, pominiętych na rys. 14-6 dla przejrzystości wykresu). Jedną z tych krzywych (krzywa c_3 na rys. 14-6) została narysowana tak, że jej współczynnik rozbudowy C jest równy współczynnikowi starzenia A krzywej starzenia a . A więc gdyby rozbudowa przebiegała według krzywej c_1 (lub innej zbliżonej), to układ przejawiałby charakter egzodynamiczny (ponieważ $C > A, n > 1, D > 0$). Przy przebiegu rozbudowy według krzywej c_3 byłby to charakter statyczny ($C = A, n = 1, D = 0$), a według krzywej c_5 (lub innej zbliżonej) – charakter endodynamiczny ($A > C, n <$

1, $D < 0$). We wszystkich tych przypadkach układ zachowałby jednakowy dynamizm w ciągu całej swojej egzystencji.

Dla układu o powstrzymywanej rozbudowie otrzymuje się przebieg rozbudowy określony punktami 1, 2, 3 itd. (rys. 14–6), przy czym, jak widać, z upływem czasu punkty tego przebiegu występują na krzywych c coraz mniej stromych. Oznacza to, że układ rozpoczyna egzystencję od dużego egzodynamizmu, po czym egzodynamizm maleje aż do zera, staje się więc statyzmem, a następnie przechodzi w endodynamizm coraz bardziej wzrastający (rys. 14–7). Według oznaczeń klas charakteru zmiany zachodzą w kierunku

$$C \rightarrow BC \rightarrow B \rightarrow AB \rightarrow A$$



Rys. 14–7. Kierunek zmian dynamizmu

W zastosowaniu do przebiegu życia ludzkiego należałoby więc oczekiwać kolejnego występowania takich przejawów, jakie omówiliśmy w związku z tabl. 14–2, a więc że dzieci będą przejawiać egzodynamizm, dorośli – statyzm, a starcy – endodynamizm.

Łatwo stwierdzić, że istotnie w charakterze dzieci występują wszystkie przejawy egzodynamizmu. Wiadomo powszechnie, że dzieci mają skłonność do rozpraszania energii, są rozrzutne (posiadane pieniądze wydają natychmiast na słodycze), chcą się tylko bawić (do tego celu wymyślono dla nich zabawki) i buntują się, gdy im się tego zabrania, nie uznają żadnych zasad i nie mają skrupułów moralnych, mają upodobanie do jaskrawych kolorów, nie znoszą przyuczania do porządku, są nieopatrne i lekkomyślne, żyją tylko teraźniejszością nie przewidując żadnych konsekwencji swojego postępowania, interesują się przede wszystkim własną osobą (egoizm dziecięcy), wyłamują się z wszelkiej organizacji, są kapryśne, lubią się popisywać i fantazjować (upodobanie do bajek), kłamią bez zająknienia, objawiają swoje uczucia w sposób przesadny, pyszną się swoim ubraniem itp.

W wieku dojrzałym ludzie stabilizują się, stają się oszczędni, odróżniają co jest godziwe i sprawiedliwe, stają się pryncypialni, obowiązkowi i przyzwoici, nabywają upodobania do porządku, kierują się zaufaniem do zwierzchników, zakładają sobie dom, interesują się rodziną i najbliższym otoczeniem, poczuwają się do solidarności ze współpracownikami, są zdyscyplinowani, cenią stałość poglądów, prawdomówność i szczerłość, pod względem stroju starają się upodobnić do innych, dbają o równowagę zarobków i wydatków.

Ludzie starsi zabiegają o korzyści, starają się utrzymywać znajomość z osobami wpływowymi, nabierają przeświadczenia, że zasadami nie należy się kierować zbyt rygorystycznie, przejawiają większą elastyczność poglądów odpowiednio do koniunktury, cenią tylko to, co jest użyteczne, są przezorni i wyrachowani, przewidują na dalszą metę (zabezpieczenie na starość), odczuwają potrzebę znaczenia w swoim środowisku, zaczynają się interesować szerszymi sprawami niż własny dom, starają się mniej pracować jako wykonawcy cudzych poleceń, a więcej rządzić, mają coraz mniejszą skłonność do zwierzeń, uznają dopuszczalność kłamstwa dla osiągnięcia korzyści, są opanowani, ubierają się w sposób praktyczny i wygodny itp.

Dla uwydatnienia kierunku przemian dynamizmu cechy wymienione w tabl. 14-2 podano w kolejności $C - B - A$, dzięki czemu czytanie poziome podanych tam cech pozwala śledzić przemiany każdej z nich z biegiem życia.

Przebieg zmian dynamizmu zależy od wartości stosunku C/A na początku egzystencji układu samodzielnego, a więc od dynamizmu początkowego. Im mniejszy jest egzodynamizm początkowy układu, tym wcześniej wystąpi przejście poprzez statyzm do endodynamizmu. Natomiast im większy jest egzodynamizm początkowy, tym później układ dochodzi do statyzmu, a nawet może go wcale nie osiągnąć, jeżeli tymczasem nastąpi koniec egzystencji układu samodzielnego.

Tak na przykład, w stosunku do dzieci uważanych przez wychowawców za „trudne” z powodu ich niekarności, lekkomyślności itp. (a więc skrajnie egzodynamicznych) można się spotkać z narzekaniami, że o wiele dłużej niż inne „nic mogą się ustatkować” (a więc stać się statykami).

Bywają też dzieci uważane za „łatwe” (o małym egzodynamizmie), które wcześniej niż inne stają się obowiązkowe i karne (wczesny statyzm), w związku z czym są przez wychowawców stawiane rówieśnikom za wzór do naśladowania (za co często otrzymują od rówieśników etykietkę „lizusów”). Jeszcze przed osiągnięciem wieku dojrzałego zaczynają przejawiać skłonności do przewodzenia innym, np. jako działacze w organizacjach młodzieży, a w następnych latach dochodzą zwykle do stanowisk kierowniczych (przejście do endodynamizmu).

Wydaje się, że można by wyciągnąć stąd użyteczne wnioski w zakresie wpływu wychowania na kształtowanie się charakteru. Wychowawcy (rodzice, nauczyciele), jako ludzie będący na ogół w średnim wieku, są przeważnie statykami, toteż ich wysiłki zmierzają w istocie do przekształcania egzodynamicznych wychowanków w statyków. W końcu im się to udaje, ale ulegają złudzeniu, jeśli wyobrażają sobie, że to wpływ ich metod wychowawczych doprowadza młodzież do „ustatkowania”. W rzeczywistości każdy egzodynamik wcześniej czy później musiałby stać się statykiem; jak mówi przysłowie: „nie pchaj rzeki, sama płynie”. Dążąc do przyspieszenia statyzmu w rozwoju charakteru wychowanków wychowawcy trudzą się daremnie, gdyż perswazje i upomnienia są oddziaływaniem na korelator, podczas gdy dynamizm charakteru jest czynnikiem rozbudowy, a więc działania homeostatu. Dlatego, gdy nauczyciel pyta ucznia: „kto stłukł szybę?”, odpowiada mu milczenie, ponieważ zapytanemu uczniowi bardziej zależy na

tym, żeby przez wskazanie winowajcy nie narazić się środowisku rówieśników, które popiera jego egzodynamizm, niż na prawdomówność wpajanej przez nauczyciela, który mu ten egzodynamizm tłumi. Zamiast tłumić egzodynamizm wychowanków lepiej jest wpływać na dobór bodźców odpowiednich dla tego stadium rozwoju charakteru. Tak na przykład, zamiast tępić u dziewcząt skłonność do jaskrawych strojów i zmuszać je do noszenia szkolnych mundurków, aby im wybić z głowy marzenia o elegancji, nauczycielki zrobiłyby lepiej ucząc je, na czym polega prawdziwa elegancja.

Zmianami dynamizmu z biegiem życia objaśnia się też dlaczego starzy ludzie dziwią się nieraz, jak mogło im się niegdyś podobać to, co obecnie wydaje im się zupełnie nieatrakcyjne.

Ponieważ charakter ludzki wchodzi w stadium statyzmu w wieku średnim, więc wśród ludzi dorosłych najliczniejsi są statycy. Pewne odchylenia na rzecz endostatyków bądź egzostatyków w poszczególnych narodach można wyjaśnić różnicami w dynamizmie początkowym, dziedzicznym z pokolenia na pokolenie wskutek zawierania małżeństw między osobnikami z tego samego narodu, a więc o zbliżonym typie przebiegu zmian dynamizmu. Jest przy tym interesujące, że w ciepłym klimacie mieszkają przeważnie narody egzodynamiczne, w chłodnym zaś endodynamiczne, co można wyjaśnić tym, że do trudnych warunków życia na północy lepiej są przystosowani endodynamicy jako nastawieni na zdobywanie mocy socjologicznej, a więc lepiej umiejący kształtować otoczenie dla swoich potrzeb. Tak na przykład, szczególnie liczni są endodynamicy i endostatycy w Stanach Zjednoczonych A.P. a także w Anglii (z niewielkim odchyleniem na rzecz endostatyków); przeważnie endostatyczni są Holendrzy oraz Szwedzi (z odchyleniem na rzecz statyków); wśród Niemców najliczniejsi są statycy; w Austrii obok statyków liczni są również egzostatycy; na południu Francji przeważają egzostatycy, na północy zaś oraz w Belgii jest również wielu statyków; we Włoszech, zwłaszcza południowych, w Hiszpanii, Meksyku, Ameryce Środkowej i Południowej przeważają egzostatycy, przy czym dość liczni są również egzodynamicy, Polacy są przeważnie egzostatykami.

Rozróżnień z punktu widzenia dynamizmu można się również dopatrzeć w wyznaniach religijnych. Tak na przykład, spośród chrześcijańskich, narody egzodynamiczne są przeważnie katolickie, natomiast narody endodynamiczne są przeważnie protestanckie.

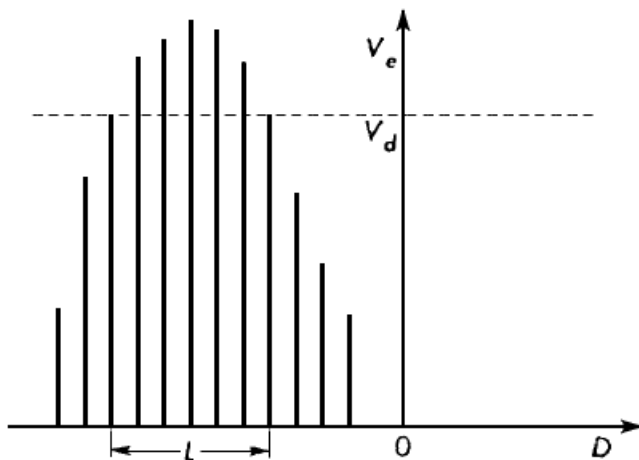
15. Szerokość charakteru

Przy podziale bodźców na pożądane i niepożądane otrzymuje się zgodnie z rozważaniami w rozdz. 9 dwie następujące możliwości. Bodziec jest pożądany, gdy wywołuje emocję odkłócającą, wobec czego powstaje refleksja wzmacniająca. Bodziec jest niepożądany, gdy wywołuje emocję zakłócającą, wobec czego powstaje refleksja osłabiająca.

Emocja okaże się odkłócająca bądź zakłócająca w zależności od aktualnej struktury homeostatu, określającej aktualny dynamizm układu samo-

dzielnego. A zatem od aktualnego dynamizmu będzie zależeć, czy układ potraktuje dany bodziec jako pożądany czy też jako niepożądany. Wskutek tego jeden i ten sam bodziec może być pożądany dla pewnego układu samodzielnego, a niepożądany dla innego, a nawet może być pożądany dla jednego i tego samego układu w pewnym stadium jego egzystencji, a niepożądany w innym stadium.

Spośród wielu różnych bodźców działających w różnych chwilach na układ samodzielnny tylko te bodźce spowodują reakcje, dla których potencjał estymacyjny przekroczy potencjał decyzyjny (rys. 15–1), to zaś nastąpi



Rys. 15–1. Objasnienie pojęcia szerokości charakteru

przy bodźcach dostatecznie silnych (duży potencjał rejestracyjny) bądź przy bodźcach wywołujących silne emocje odklócające (a w konsekwencji duży potencjał refleksyjny). Wynika stąd, że chociaż aktualny dynamizm układu jest określony jedną wartością liczbową, to jednak zachowanie się układu będzie obejmować pewien zakres możliwości, a nie tylko jedną z nich odpowiadającą aktualnemu dynamizmowi. Inaczej mówiąc, układ będzie się zachowywał tak, jak gdyby traktował bodźce z pewnego zakresu jako pożądane, a bodźce spoza tego zakresu jako niepożądane, czyli tak jak gdyby się sterował na pewien zakres dynamizmu, a nie na jedną określoną wartość liczbową dynamizmu. Zakres ten będziemy nazywać *szerokością charakteru* L .

Na podstawie zachowania się układu można by też określać jego szerokość charakteru jako stosunek liczby bodźców pożądaných do liczby wszystkich możliwych bodźców.

Dla ilustracji tego pojęcia rozpatrzmy następujący przykład. Przypuśćmy, że proponuje się komuś objęcie stanowiska administracyjnego w kraju liczącym 10 milionów mieszkańców, przy czym w grę wchodzi wszystkie możliwości: od stanowiska szefa rządu kierującego wszystkimi 10 milionami ludzi aż do stanowiska, na którym nie ma się ani jednego podwładnego. Przyjmujemy dla uproszczenia, że według zasad organizacyjnych tego kraju wyższe stanowisko jest określone liczbą podwładnych dziesięciokrotnie większą niż stanowisko bezpośrednio niższe, co daje 8 możliwości do wyboru. Im bardziej endodynamiczny jest kandydat, tym wyższe wybierze stanowisko w dążeniu do zapewnienia sobie dużej mocy socjologicznej. Przypuśćmy, że jest on endostatkiem, który reflektuje na stanowisko określone liczbą podwładnych nie mniejszą niż 100, ale nie większą niż 1000. A zatem w tym przypadku 2 bodźce na 8 możliwych byłyby potraktowane jako pożądane, można by więc określić szerokość charakteru kandydata jako $2 : 8 = 0,25$. O innym kandydacie, który byłby skłonny przyjąć także stanowisko zarówno o 10 000 jak i 10 podwładnych, co daje łącznie 4 możliwości, moglibyśmy powiedzieć, że szerokość jego charakteru wynosi $4 : 8 = 0,5$, czyli jest dwukrotnie większa niż u pierwszego kandydata.

Można by wymienić wiele innych przykładów postępowania zawartego w granicach dających się określić liczbowo.

Tak na przykład, egzodynamiczny śpiewak uważa, że może występować tylko jako solista, a w najgorszym razie w duecie. Natomiast egzostatyk wolałby się tak nie ekspozować, ale też nie chciałby występować w tak licznych zespołach, że udział jego stałby się niezauważalny, i dlatego najlepiej odpowiadają mu występy w kilkuosobowym zespole kameralnym. Statyk najchętniej występowałby w kilkudziesięcioosobowym chórze, w którym jednostka się nie liczy, a źródłem jego zadowolenia jest poddanie się obowiązującym wszystkim regułom. Miarą szerokości charakteru jest tu stosunek zakresu, którego dolna i górna granica jest określona liczbą członków zespołu odpowiadającą upodobaniom danego śpiewaka, do największej liczby członków zespołu, mogącej występować w praktyce.

Podobnie można by zamiłowanie egzodynamiczów do wędrówek określić w kilometrach oddalenia od domu, przy czym okazałoby się, że – obok trampów, dla których włóczenie się w odległościach poniżej 500 kilometrów nie jest żadną atrakcją, oraz ludzi nie wytykających nosa poza granice rodzinnego miasta są osobnicy, dla których 1 kilometr to za blisko, a 50 kilometrów za daleko. Są też złodzieje, którzy nie poważają się na okradzenie banku, ale i nie zniżają się do wyciągnięcia komuś portmonetki z kieszeni. Dzieląc pożądany zakres, określony w kilometrach czy złotychkach, przez liczbę odpowiadającą największej praktycznej możliwości można by obliczyć szerokość charakteru danego osobnika.

Dla dalszych rozważań pojęcie szerokości charakteru dogodniej jednak będzie interpretować w nawiązaniu do mocy układu samodzielnego. Im

większą część mocy całkowitej P stanowi moc asekuracyjna P_s , tym mniejsza jest moc koordynacyjna P_k , a więc tym mniejsze układ ma możliwości zwiększania mocy zewnętrznej P_e i tym bardziej zagrożona jest jego egzystencja w razie zmniejszenia się mocy zewnętrznej P_e , toteż tym łatwiej jest zakłócana równowaga funkcjonalna układu i tym bardziej intensywne jest działanie homeostatu w przywracaniu równowagi. Prowadzi to do powstawania dużych potencjałów refleksyjnych, wskutek czego nawet przy nie najbardziej korzystnych bodźcach potencjał korelacyjny może wystarczyć do wywołania decyzji i reakcji. A zatem im większy jest stosunek P_s/P , tym więcej bodźców układ potraktuje jako pożądane, wobec tego stosunkiem tym można się posłużyć do określania szerokości charakteru

$$L = \frac{P_s}{P} \quad (15.1)$$

Ponieważ egzystencja układu jest niemożliwa, gdy moc asekuracyjna P_s jest większa od mocy całkowitej P , więc największą możliwą szerokość charakteru L otrzymuje się w przypadku, gdy $P_s = P$. Szerokość charakteru wynosi wówczas $L = 1$, co oznacza, że układ potraktuje wszystkie bodźce jako pożądane. Mówiąc językiem potocznym, układ będzie „nie-wybredny”.

Biorąc pod uwagę wzór (13.1) można napisać

$$L = \frac{P_0 + P_r}{P} \quad (15.2)$$

Wprowadzając pojęcie *tolerancji*

$$T = \frac{P_0}{P} \quad (15.3)$$

i pojęcie *podatności*

$$M = \frac{P_r}{P} \quad (15.4)$$

można wyrazić szerokość charakteru wzorem

$$L = T + M \quad (15.5)$$

Ponieważ moc jałowa P_0 nie może być większa od mocy całkowitej P , więc największą możliwą tolerancję otrzymuje się w przypadku, gdy $P_0 = P$. Zgodnie ze wzorem (15.3) tolerancja wynosi wówczas $T = 1$.

Moc robocza P_r nie może być większa od mocy dyspozycyjnej P_d , wobec czego największą podatność otrzymuje w przypadku, gdy $P_r = P_d$. Wówczas

$$M = \frac{P_d}{P}$$

Po uwzględnieniu wzoru (12.3)

$$M = 1 - \frac{P_0}{P}$$

a po uwzględnieniu wzoru (15.3).

$$M = 1 - T$$

stąd

$$T + M = 1$$

czyli, po uwzględnieniu wzoru (15.5),

$$L = 1$$

zgodnie z poprzednim wnioskiem.

Biorąc pod uwagę wzór (13.3) można przedstawić wzór (15.2) w postaci

$$L = \frac{P_0 + rP_s}{P} \quad (15.6)$$

a po uwzględnieniu wzoru (13.5)

$$L = \frac{P_0 + \frac{rP_0}{1-r}}{P} \quad (15.7)$$

skąd po przekształceniach

$$L = \frac{P_0}{P} \cdot \frac{1}{1-r} \quad (15.8)$$

czyli – zgodnie ze wzorem (15.3)

$$L = T \frac{1}{1-r} \quad (15.9)$$

W odróżnieniu od wzoru (15.5) wyrażającego szerokość charakteru jako sumę tolerancji i podatności otrzymaliśmy wzór mający postać iloczynu tolerancji przez czynnik określony wartością współczynnika zasilania r , wyrażający wpływ podatności na szerokość charakteru.

Z podzielenia równania (15.4) przez równanie (15.1) przy uwzględnieniu wzoru (13.2) otrzymuje się

$$r = \frac{M}{L} \quad (15.10)$$

A zatem współczynnik zasilania r określa udział podatności M w szerokości charakteru L .

Po podstawieniu wyrażeń (12.2) i (11.9) wzór (15.3) przybierze postać

$$T = \frac{w}{va} \quad (15.11)$$

Ze wzoru tego wynika, że tolerancja jest określona tylko właściwościami samego układu. Jest ona tym większa, im większa jest stratność w i im mniejsza jest moc jednostkowa v . Ponadto tolerancja jest tym większa, im mniejsza jest jakość tworzywa a . Ponieważ jakość tworzywa maleje z upływem czasu, więc tolerancja wzrasta.

Dla początku egzystencji $a = a_0$, wobec czego tolerancja początkowa

$$T_0 = \frac{w}{va_0}$$

W końcu egzystencji $P = P_0$, wobec czego, zgodnie ze wzorem (15.3), tolerancja końcowa $T_z = 1$.

Tolerancja określa zakres bodźców, w którym zachowanie się układu samodzielnego nie zależy od tego, w jakim stopniu bodziec odpowiada dynamizmowi układu (niemniej, zależy od tego działanie homeostatu, a w szczególności wartość potencjału refleksyjnego wywołanego przez dany bodziec, ale w całym zakresie tolerancji potencjał refleksyjny jest wystarczająco duży do wywołania decyzji). Inaczej mówiąc, taka sama decyzja powstanie bez względu na to, czy bodziec jest dla układu bardzo korzystny, czy tylko wystarczająco korzystny. Z okoliczności, że czynnik $\frac{1}{1-r}$ we wzorze (15.9) zależy tylko od współczynnika zasilania r , wynika, że podatność jest określona warunkami otoczenia, w którym egzystuje dany układ samodzielny.

Jak o tym już była mowa poprzednio, współczynnik zasilania r jest tym większy, im mniejsza jest moc zewnętrzna P_e . Jeśli wyrazić współczynnik zasilania r wzorem (13.12), to wzór (15.9) przybierze postać

$$L = T \frac{1}{1 - \frac{P_0}{P_e}} \quad (15.12)$$

Ze wzorów (15.12) i (15.5) wynika, że im większa jest moc zewnętrzna P_e , tym mniejsza jest szerokość charakteru L i tym mniejsza jest podatność M . Gdy moc zewnętrzna P_e wzrasta do nieskończoności, wówczas szerokość charakteru maleje do wartości równej tolerancji T , a podatność M maleje do zera.

Im większa jest moc jałowa P_0 przy niezmienniej mocy zewnętrznej P_e , tym większa jest szerokość charakteru L i tym większa jest podatność M .

Podatność określa zakres bodźców (ponad zakres tolerancji), w którym zachowanie się układu samodzielnego można wymusić z zewnątrz. Układ stawia opór czynnikom zewnętrznym wymuszającym zachowanie się układu zbyt różniące się od zachowania odpowiadającego dynamizmowi układu. Im większa jest podatność, tym mniejszy jest ten opór, tym łatwiej więc spowodować, że układ zareaguje na bodziec niepożądany tak, jak gdyby to był bodziec pożądany. Zgodnie ze wzorem (15.12) środkiem wymuszania jest zmniejszanie mocy zewnętrznej P_e .

Na przykład, ktoś posiadający cenny przedmiot, do którego jest bardzo przywiązany, nie sprzedaje go za żadną cenę (bardzo mała podatność), jeżeli jest bogaty (bardzo duża moc zewnętrzna), natomiast sprzedaje go za każdą cenę (bardzo duża podatność), jeżeli nie ma środków utrzymania (bardzo mała moc zewnętrzna).

Wymuszanie zachowania się układu w granicach tolerancji jest bezprzedmiotowe, gdyż, zgodnie ze wzorem (15.3), tolerancja nie zależy od mocy zewnętrznej P_e ; reakcja na bodziec pożądany nastąpi bez względu na to, czy układ jest do tego zmuszany czy nie.

Tolerancja ma wpływ na rozstrzyganie rozterek. Im większa jest tolerancja, tym częściej zdarza się, że bodźce wywołujące rozterkę mieszczą się w granicach tolerancji. Wówczas układ samodzielny traktuje je jako pożądane, tj. każdy z tych bodźców pobudza homeostat do zwiększania potencjału refleksyjnego. Ponieważ wiele bodźców wchodzi tu w grę jako pożądanych, więc mogą powstać liczne obiegi refleksyjne, w wyniku których rozterka albo nie zostanie rozstrzygnięta lub też rozstrzygnięcie jej nastąpi pod wpływem drobnych okoliczności, sprawiających że przy którymś z obiegów refleksyjnych potencjał estymacyjny przekroczy potencjał decyzyjny. Natomiast przy małej tolerancji może się o wiele częściej zdarzać, że tylko jeden bodziec znajdzie się w granicach tolerancji i zostanie potraktowany jako pożądany, inne zaś znajdują się poza granicami tolerancji i zostaną potraktowane jako bodźce niepożądane, a wówczas rozterka szybko się rozstrzyga.

U wszelkiego rodzaju dyktatorów spotyka się daleko idącą nietolerancyjność, której zawdzięczają oni, że ich postępowanie jest nacechowane pewnością decyzji (co bynajmniej nie jest równoznaczne z trafnością decyzji).

Podstawiając wyrażenie (15.11) do , wzoru (15.12) otrzymamy

$$L = \frac{w}{va} \frac{1}{1 - \frac{P_0}{P_e}} \quad (15.13)$$

a po uwzględnieniu wzoru (12.2)

$$L = \frac{w}{va} \frac{1}{1 - \frac{wc}{P_e}} \quad (15.14)$$

Wzór ten wyraża szerokość charakteru za pomocą iloczynu dwóch czynników, z których pierwszy określa tolerancję, drugi zaś wpływ podatności na szerokość charakteru.

Ze wzoru (15.14) można wysnuć szereg interesujących wniosków.

Moc jednostkowa v wpływa tylko na tolerancję. Tolerancja jest tym większa, im mniejsza jest moc jednostkowa układu samodzielnego.

Stratność w wpływa zarówno na tolerancję, jak i na podatność. Tolerancja i podatność są tym większe, im większa jest stratność układu samodzielnego.

Ponadto można określić przebieg szerokości charakteru z upływem czasu. Jeśli uważać moc jednostkową v i stratność w za stałe, to szerokość charakteru będzie zależna od jakości tworzywa a (starzenie), ilości tworzywa c (rozbudowa) i mocy zewnętrznej P_e (warunki otoczenia).

Jak wynika ze wzorów (15.11) i (15.14), jakość tworzywa a wpływa tylko na tolerancję. Z upływem czasu jakość tworzywa maleje, a tolerancja wzrasta.

Jeśli przyjąć dane z rozpatrywanego uprzednio przykładu: $w = 1$, $v = 4$, to wzór (15.11) przybierze postać

$$T = \frac{1}{4a}$$

wobec czego dla początkowej jakości tworzywa $a_0 = 1$ tolerancja początkowa wyniesie $T_0 = 0,25$. Obliczając tolerancję T dla innych wartości a , odczytanych z rys. 12–2, otrzymamy przebieg zależności $T = f(t)$ (krzywa T na rys. 15–2).

Ilość tworzywa c wpływa tylko na podatność – zgodnie ze wzorem (15.14). Z upływem czasu ilość tworzywa wzrasta i podatność również wzrasta.

Przy stałej mocy zewnętrznej, np. $P_e = 1,5$, wzór (15.12) przybierze postać

$$L = T \frac{1}{1 - \frac{P_0}{1,5}}$$

Podstawiając do tego wzoru wartości P_0 odczytane z rys. 13–1 (krzywa P'_0) oraz wartości T obliczone powyżej otrzymamy przebieg zależności $L = f(t)$ (krzywa L na rys. 15–2).

Obliczając wartości różnicy $L - T$ otrzymamy przebieg zależności $M = f(t)$ (krzywa M na rys. 15–2).

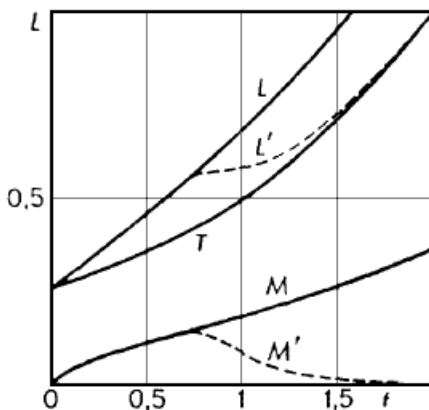
Jak widać, szerokość charakteru osiąga wartość $L = 1$ (przy $T = 0,74$ i $M = 0,26$) w chwili $t = 1,55$, będącej końcem egzystencji układu (rys. 13–1).

Rozpatrzmy teraz przypadek, gdy moc zewnętrzna P_e zacznie od pewnej chwili wzrastać. Przypuśćmy na przykład, że w czasie od 0 do 0,75 moc zewnętrzna pozostaje stała $P_e = 1,5$, a następnie w odstępach czasu co 0,25 podwaja się. Wówczas dla $t = 1$, $P_e = 3$, co przy $P_0 = 0,39$ (rys. 13–1) i $T = 0,5$ (rys. 15–2) daje szerokość charakteru

$$L' = 0,5 \frac{1}{1 - \frac{0,39}{3}} = 0,58$$

i podatność

$$M' = 0,58 - 0,5 = 0,08$$



Rys. 15–2. Zmienność szerokości charakteru

Obliczając L' i M' dla następnych wartości P_e i P_0 otrzymamy przebiegi $L' = f(t)$ i $M' = f(t)$ przedstawione krzywymi kreskowymi na rys. 15–2. Jak widać, ze wzrostem mocy zewnętrznej P_e podatność maleje, szerokość charakteru wzrasta wolniej niż przy stałej mocy zewnętrznej, a egzystencja układu przedłuża się niemal do teoretycznego czasu $t_z = 2$. W końcu egzystencji układu na szerokość charakteru $L' = 1$ składa się prawie wyłącznie tolerancja wynosząca około $T = 1$, podczas gdy podatność jest bliska $M' = 0$.

Potwierdzenie powyższych wniosków nietrudno znaleźć obserwując zachowanie się ludzi. Wiadomo na przykład, że ludzie bardzo żywotni (duża moc jednostkowa ν) są mniej wyrozumiali (mała tolerancja T) od ludzi ospałych i słabowitych. Znany jest też brak wyrozumiałości (mała tolerancja T) i krnąbrność (mała podatność M) dzieci (duża jakość tworzywa a i mała ilość tworzywa c), a zwłaszcza tzw. „dzieci miłości”, odznaczających się dużą żywotnością (duża moc jednostkowa ν). Skłonność do grymaszenia i krnąbrność (mała podatność M) występuje najwyraźniej u dzieci rozpieszczonych, nieobciążonych żadnymi obowiązkami (mała moc robocza P_r , duża moc zewnętrzna P_e). Buntowniczość cechująca młodzież maleje z wiekiem (podatność M wzrasta z ilością tworzywa c). Ludzie zdobywający powodzenie, np. władzę, majątek itp. (duża moc zewnętrzna P_e stają się trudni we współżyciu, nieustępliwi (mała podatność M). Natomiast ludzie żyjący w niedostatku, zapracowani (mała moc zewnętrzna P_e , duża moc robocza P_r , duża moc asekuracyjna P_s) są ustępliwi i ulegli (duża podatność M). Starzy ludzie na łożu śmierci (mała jakość tworzywa a) stają się obojętni na wszystko (tolerancja wzrasta do $T = 1$), godzą się na rzeczy, którym się dotychczas sprzeciwiali, rozdają majątek, przebaczą wrogom, apelują do pozostałych przy życiu o zgodne współżycie itp.

Wprowadzone tu pojęcia pozwalają ujawnić wieloznaczność takich wyrażen potocznych jak „siła charakteru”, „upór” itp., polegające na nieodróżniania dynamizmu od szerokości charakteru. Tak na przykład, „siła charakteru” w wytrwałym dążeniu do kariery jest przejawem endodynamizmu, co nie wyklucza podatności przejawiającej się jako niechęć do nadmiernego ryzyka i ustępowania przed przemocą. „Siła charakteru” polegająca na nieustraszonej obronie własnych przekonań jest przejawem statyzmu przy małej podatności. Uczciwość z obawy przed karą jest przejawem dużej podatności, natomiast uczciwość wynikająca z przestrzegania zasad moralnych jest przejawem statyzmu. Tchórzostwo jest przejawem dużej podatności, ale gdy polityk porzuca sprawę jego zdaniem przegraną, to jest to przejaw endodynamizmu. Upór pomimo perswazji jest przejawem małej tolerancji, natomiast upór pomimo represji jest przejawem małej podatności.

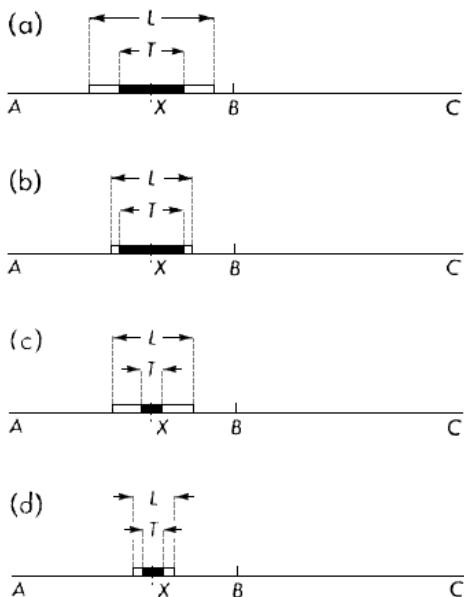
Ponieważ pewne czynniki (moc jednostkowa v , jakość tworzywa a) wpływają tylko na tolerancję, inne zaś (ilość tworzywa c) wpływają tylko na podatność, więc mogą istnieć rozmaite skojarzenia tych składników szerokości charakteru. Jeśli ograniczyć się tylko do rozróżnienia przypadków skrajnych, to otrzymuje się cztery następujące typy charakteru z punktu widzenia jego szerokości (rys. 15–3):

- a) tolerancyjny podatny,
- b) tolerancyjny niepodatny,
- c) nietolerancyjny podatny,
- d) nietolerancyjny niepodatny.

Z przykładów literackich można wskazać powieść „Podróż naokoło świata w 80 dniach”, w której Verne przedstawił w osobie Phileasa Fogg’a charakter tolerancyjny niepodatny, a w osobie inspektora Fixa charakter nietolerancyjny niepodatny. Jest interesujące, że Dumas w swoich „Trzech muszkietierach” dał kolekcję złożoną ze wszystkich czterech typów: d'Artagnan jest tolerancyjny niepodatny, Aramis jest tolerancyjny podatny, Athos jest nietolerancyjny niepodatny, Porthos zaś nietolerancyjny podatny.

Zachowanie się układu samodzielnego wobec zmian mocy zewnętrznej P_e można przewidzieć na podstawie następującego rozważania.

W przypadku zmniejszenia się mocy zewnętrznej P_e wystąpi w układzie samodzielnym zapotrzebowanie na dużą moc koordynacyjną P_k , potrzebną do zwiększenia mocy zewnętrznej P_e . Wobec zakłócenia, jakim jest zmniejszenie się mocy zewnętrznej P_e , homeostat spowoduje wzrost mocy wewnętrznej P_i układu, kosztem energii nagromadzonej w akumulatorze. Ten wzrost mocy może trwać tylko przez czas ograniczony zasobem energii w akumulatorze, ale w tym przejściowym okresie układ będzie miał moc większą niż średnia moc całkowita P , toteż zgodnie ze wzorami (15.3)



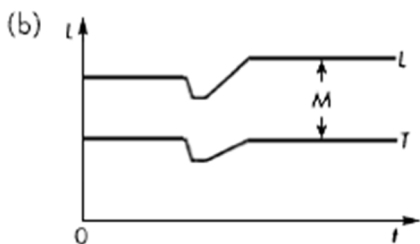
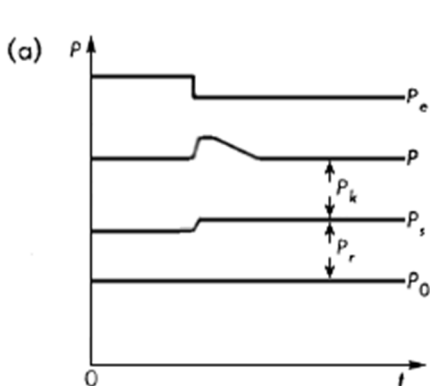
Rys. 15–3. Charaktery o różnych tolerancjach i podatnościach: a) duża tolerancja i duża podatność; b) duża tolerancja i mała podatność; c) mała tolerancja i duża podatność; d) mała tolerancja i mała podatność

i (15.4) zmaleje tolerancja T i podatność M , a więc i szerokość charakteru L . Po tym okresie przejściowym, tj. po wyczerpaniu się zasobu energii w akumulatorze, moc układu musi zmaleć do wartości równej mocy całkowitej P , wskutek czego tolerancja T wzrośnie do poprzedniej swojej wartości. Z tych samych przyczyn nastąpi również wzrost podatności M , z tym że stanie się ona większa niż poprzednio, ponieważ przy trwałym zmniejszeniu mocy zewnętrznej P_e nastąpi również trwały wzrost mocy roboczej P_r – zgodnie ze wzorem (15.4). Omawiane przebiegi zmian mocy są przedstawione na rys. 15–4a, a przebiegi zmian szerokości charakteru na rys. 15–4b.

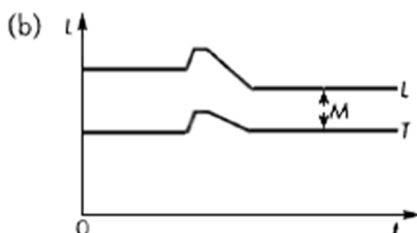
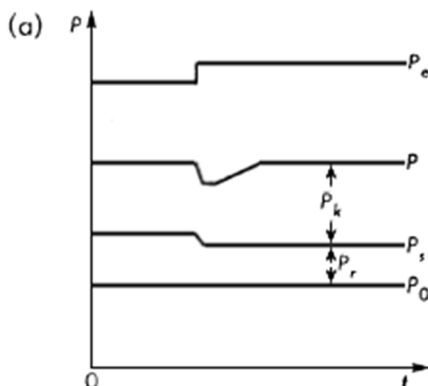
Ilustracją tych przebiegów mogą być przykłady zachowania się ludzi, którzy wskutek niepowodzenia, np. utraty posady lub majątku, stają się niewyrozumiali dla innych (mała tolerancja T) i agresywni (mała podatność M). Z czasem wzrost niewyrozumiałości zanika, agresywność zaś ustępuje miejsca lęklivości. Dlatego właśnie weteranów wojennych nie bierze się pod uwagę przy organizowaniu nowej wojny pomimo doświadczenia, jakiego nabyli – przerażenie doznane w stoczonych bitwach pozbawiło ich trwale zaciekłości i uczyniło podatnymi na uczucie lęku.

W przypadku zwiększenia się mocy zewnętrznej P_e zmiany mocy i szerokości charakteru mają przeciwny przebieg. Wobec zmniejszenia się mocy roboczej P_r utrzymywanie dużej mocy koordynacyjnej P_k przestaje być potrzebne, skoro moc zewnętrzna P_e wzrosła. Stanowi to odklócenie, wskutek czego homeostat zmniejsza zużycie energii z akumulatora. Trwa to przez okres przejściowy, w ciągu którego energia gromadzi się w akumulatorze, ograniczony pojemnością akumulatora. Po tym okresie przejściowym, tj. po naładowaniu się akumulatora, moc układu wzrośnie do wartości równej mocy całkowitej P , wskutek czego tolerancja T zmaleje do poprzedniej swojej wartości. Z tych samych przyczyn zmaleje również podatność M , z tym że stanie się ona mniejsza niż poprzednio, ponieważ przy trwałym zwiększeniu mocy zewnętrznej P_e nastąpi również trwale zmniejszenie mocy roboczej P_r – wzór (15.4). Omawiane przebiegi zmian mocy są przedstawione na rys. 15–5a, a przebiegi zmian szerokości charakteru na rys. 15–5b.

Dla ilustracji tych przebiegów można przytoczyć przykłady zachowania się ludzi, których spotkało nieoczekiwane powodzenie, np. zaszczytny awans, otrzymanie dużego spadku, wygrana na loterii itp. Początkowo stają się wyrozumiali i współczujący, urządzają przyjęcia, chętnie dają prezenty (duża tolerancja T) i łatwo spełniają żądania innych (duża podatność M), z czasem jednak wzrost wyrozumiałości zanika, a na miejsce uczynności pojawia się nieustępliwość. Takie samo jest również tło niewdzięczności.



Rys. 15–4. Wpływ zmniejszenia mocy zewnętrznej na szerokość charakteru



Rys. 15–5. Wpływ wzrostu mocy zewnętrznej na szerokość charakteru

Nawet niewielkie zmiany zachodzące w otoczeniu wywołują fluktuację mocy zewnętrznej, powodując przejściowy niewielki wzrost szerokości charakteru po zwiększeniu się mocy zewnętrznej i niewielkie zmniejszenie szerokości charakteru po zmniejszeniu się mocy zewnętrznej.

Doceniają to przemysłni petenci, którzy wybierając się do jakiegoś dygnitarza starają się uprzednio wywiedzieć, czy nie jest zmęczony po podróży, czy nie miał sprzeczki z żoną, czy nie spotkała go nagana od jeszcze wyższego dygnitarza itp., nie chcą bowiem trafić na przejściowe zmniejszenie szerokości charakteru dygnitarza, który by wskutek tego mógł okazać mniejsze zrozumienie dla ich sprawy.

W przypadkach, w których jest to możliwe, interesanci starają się, za pomocą drobnych prezentów, zaproszenia na dobrą kolację itp., wywołać przejściowy wzrost szerokości charakteru urzędnika mogącego pomóc im w załatwieniu sprawy.

16. Poziom charakteru

W rozważaniach, w których odgrywały rolę elementy korelacyjne, zajmowaliśmy się ogólnym przypadkiem, gdy liczba elementów korelacyjnych jest większa niż 2, nie interesując się poza tym, czy liczba tych elementów jest duża czy mała. Obecnie zajmiemy się wpływem liczby elementów korelacyjnych na sterowanie się układów samodzielnych.

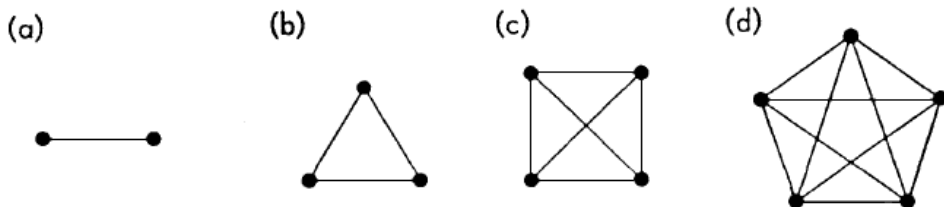
Gdyby przewodność korelacyjna była równa zeru, to sam fakt powstawania potencjału rejestracyjnego w rejestratorach nie miałby żadnego wpływu na sterowanie się układu samodzielnego. Dopiero istnienie określonej przewodności korelacyjnej, umożliwiające przepływ dostatecznie dużej mocy korelacyjnej między rejestratorami i estymatorami, może sprawić, że w estymatorach pojawi się potencjał estymacyjny, który po przekroczeniu potencjału decyzyjnego spowoduje działanie efektorów (reakcję).

Gdyby przewodność korelacyjna była wystarczająco duża do spowodowania reakcji, lecz jednakowa dla wszystkich dróg łączących rejestratory z estymatorami, to moc korelacyjna rozpyływałaby się jednakowo po wszystkich drogach; przy zbyt małej mocy korelacyjnej nie zadziałałby żaden efektor, a przy wystarczająco dużej mocy korelacyjnej zadziałałyby wszystkie efekторы na raz. Układ zachowywałby się tak, jak gdyby miał tylko jeden rejestrator i tylko jeden estymator, byłby więc zdolny do przetwarzania informacji w ilości zaledwie 1 bita.

Aby układ samodzielny mógł przetwarzać informacje w ilości wielu bitów, drogi przepływu mocy korelacyjnej powinny mieć różne przewodności korelacyjne. Stan taki może powstać w wyniku uprzednich przepływów mocy korelacyjnej, zwiększających w różnym stopniu przewodność korelacyjną poszczególnych dróg, czyli w wyniku powstania rejestratorów rozmaitych skojarzeń.

Liczba zarejestrowanych skojarzeń jest tym większa, im więcej elementów korelacyjnych zawiera korelator. Łatwo stwierdzić (rys. 16–1), że między 2 elementami może powstać tylko 1 skojarzenie, między 3 elementami 3 skojarzenia, między 4 elementami 6 skojarzeń. Ogólnie liczbę skojarzeń Z między N elementami można wyrazić wzorem

$$Z = \frac{N(N-1)}{2} \quad (16.1)$$



Rys. 16–1. Liczba skojarzeń w zależności od liczby elementów

Na przykład, dla $N = 5$ liczba możliwych skojarzeń wynosi $Z = 10$, dla $N = 6$ $Z = 15$ itd.

Przy dużej liczbie elementów N jedynka w liczniku powyższego wzoru odgrywa znikomą rolę, można więc wzór (16.1) zastąpić wzorem przybliżonym

$$Z = \frac{N^2}{2} \quad (16.2)$$

Na przykład, dla $N = 100$ otrzymalibyśmy $Z = 5000$ (zamiast 4950 według wzoru 16.1), dla $N = 1000$ $Z = 500\,000$ (zamiast 499\,500) itd.

Jak z tego wynika liczba możliwych skojarzeń jest w przybliżeniu proporcjonalna do kwadratu liczby elementów korelacyjnych. Liczba możliwych skojarzeń byłaby najmniejsza w przypadku, gdyby każdy rejestrator był skojarzony tylko z jednym estymatorem z osobna, i wynosiłaby $Z = N/2$; na przykład, przy $N = 1000$ elementów korelacyjnych liczba skojarzeń $Z = N/2 = 500$, zamiast $Z = N^2/2 = 500\,000$, gdy możliwe są skojarzenia wszystkich elementów korelacyjnych między sobą.

Mogłoby się wydawać, że oprócz liczby elementów korelacyjnych zasadniczą rolę powinien odgrywać także ich rozdział, tj. ile wśród nich jest rejestratorów, a ile estymatorów; na przykład, można by przypuszczać, że połowę elementów korelacyjnych powinny stanowić rejestratory, połowę zaś estymatory. W istocie jednak rozdział elementów korelacyjnych nie wpływa na zakres sterowania się układów samodzielnych, natomiast może je ułatwiać bądź utrudniać.

Jako dość skrajny przypadek weźmy pod uwagę układ samodzielny zawierający bardzo wiele rejestratorów i tylko jeden estymator, wskutek czego układ taki byłby zdolny tylko do wybierania jednej z dwóch możliwości: jest reakcja – nie ma reakcji. Nawet przy tym najuboższym z mo-

żliwych repertuarze reakcji układ mógłby wywołać wiele pożądaných dla siebie zmian w otoczeniu, jeżeli będzie stosował tę jedyną rozporządzalną reakcję w najodpowiedniejszych sytuacjach, przy czym ocenę, jakie sytuacje są najodpowiedniejsze, zapewni mu dokładne rozpoznawanie sytuacji właśnie dzięki posiadaniu wielu rejestratorów.

Sposób ten jest wykorzystywany do porozumiewania się z osobami ciężko chorymi, np. sparaliżowanymi, zdolnymi tylko do zamykania i otwierania oczu. Osobom tym zadaje się mnóstwo pytań, na które otrzymuje się odpowiedź „tak” (zamknięcie oczu) lub „nie” (oczy pozostają otwarte), co wystarcza np. do sporządzenia nawet bardzo szczegółowego testamentu.

Również w odwrotnym przypadku, tj. gdy układ zawiera tylko jeden rejestrator, a bardzo wiele estymatorów, sterowanie jest możliwe dzięki temu, że przy wielu różnych reakcjach jedyny posiadany rejestrator pozwala stwierdzić, która z tych reakcji okazała się najodpowiedniejsza.

Postępowanie takie jest znane pod nazwą „metody prób i błędów” polegającej, jak wiadomo, na tym, że z braku dokładnego rozpoznania wykonuje się rozmaite czynności sprawdzając ich skutki za pomocą tylko dwóch ocen: „tak” (dobrze) lub „nie” (źle) i odpowiednio do wyniku oceny dobiera się następne czynności. Najlepiej ilustruje to zabawa dziecięcą, w której szukający ukrytego przedmiotu porusza się w rozmaitych kierunkach otrzymując od współuczestników informację „ciepło” przy zbliżaniu się do tego przedmiotu, a informację „zimno” przy oddalaniu się od niego.

A zatem liczba skojarzonych elementów korelacyjnych N , bez względu na to, jaka część tej liczby przypada na rejestratory, a jaka na estymatory, charakteryzuje zdolność układu samodzielnego do sterowania się. W związku z tym, liczbę skojarzonych elementów korelacyjnych będziemy traktować jako parametr charakteru i nazywać *poziomem charakteru* N .

Liczbę N_0 elementów korelacyjnych, między którymi już na początku egzystencji układu samodzielnego istnieją rejestraty skojarzeń, będziemy nazywać *poziomem pierwotnym* $N = N_0$.

Jeżeli na początku egzystencji układu samodzielnego nie istnieją rejestraty żadnych skojarzeń, to poziom pierwotny $N_0 = 0$.

W miarę pojawiania się rozmaitych bodźców powstają rejestraty skojarzeń, którymi zostaje objęta coraz większa liczba elementów korelacyjnych, a więc poziom N wzrasta. Wzrost ten jest osłabiony derejestracją dawniejszych skojarzeń.

Gdyby rejestraty skojarzeń objęły liczbę N_g wszystkich elementów korelacyjnych, to układ osiągnąłby najwyższy możliwy dla siebie poziom,

tj. *poziom graniczny* N_g .

Jeżeli pojawiające się bodźce dotyczą skojarzeń, których rejestraty już istnieją w korelatorze, to liczba skojarzonych elementów korelacyjnych, a więc i poziom, nie wzrastają. Bodźce takie jednak, zwiększając przewodność korelacyjną, przeciwdziałają derejestracji istniejących już rejestratów a więc obniżaniu się poziomu z upływem czasu.

Dopóki korelator zawiera niewielką liczbę rejestratów skojarzeń (niski poziom), jest bardzo prawdopodobne, że następne bodźce wywołają nowe skojarzenia, tj. z nieskojarzonymi dotychczas elementami korelacyjnymi. W miarę wzrostu liczby rejestratów skojarzeń coraz częściej będą się zdarzać bodźce dotyczące istniejących już rejestratów, a tylko niektóre bodźce będą wprowadzać nowe skojarzenia.

Prawdopodobieństwo pojawienia się bodźców wywołujących nowe skojarzenia jest tym większe, im większa jest nadwyżka liczby wszystkich elementów korelacyjnych ponad liczbę elementów korelacyjnych już skojarzonych. Inaczej mówiąc, możliwości dalszego wzrostu poziomu N są tym większe, im większa jest różnica poziomu granicznego i poziomu aktualnego $N_g - N$.

Podobnie dla początkującego zbieracza motyli niemal każdy motyl wzbogaca jego kolekcję, później jednak coraz mniej okazji mu w niej brakuje i coraz trudniej je znajdować. Im więcej wiadomości zdobył studiujący literaturę jakiegoś działu wiedzy tym rzadziej zdarzy mu się znaleźć nowe dla niego wiadomości w każdej następnej publikacji.

Ponadto wzrost poziomu jest tym większy im większa jest *względna częstość bodźców* σ , tj. stosunek liczby bodźców, pojawiających się w jednostce czasu, do liczby wszystkich elementów korelacyjnych N_g .

Powyższe okoliczności można wyrazić równaniem

$$d(N_g - N) = -\gamma\sigma(N_g - N)dt \quad (16.3)$$

przy czym γ jest współczynnikiem proporcjonalności, który będziemy nazywać *przyswajalnością*.

Znak minus po prawej stronie równania oznacza, że z upływem czasu t różnica $N_g - N$ maleje.

Równanie (16.3) rozwiązuje się podobnie jak równanie (2.42)

$$\int_{N_g - N_0}^{N_g - N} \frac{d(N_g - N)}{N_g - N} = -\gamma\sigma \int_0^t dt \quad (16.4)$$

skąd

$$N = N_g - (N_g - N_0) e^{-\gamma \sigma t} \quad (16.5)$$

W chwili początkowej $t = 0$ poziom charakteru jest równy poziomowi pierwotnemu N_0 .

Gdy czas t dąży do nieskończoności, poziom charakteru dąży do poziomu granicznego N_g .

Dla przykładu przypuśćmy, że układ samodzielny zawiera $N_g = 1000$ elementów korelacyjnych, a w początku jego egzystencji istnieją rejestraty skojarzeń obejmujących $N_0 = 200$ elementów korelacyjnych, przy czym iloczyn $\gamma \sigma$ ma taką wartość, że $e^{-\gamma \sigma} = 0,5$. Wówczas zgodnie ze wzorem (16.5)

$$N = 1000 - 800 \cdot 0,5^t$$

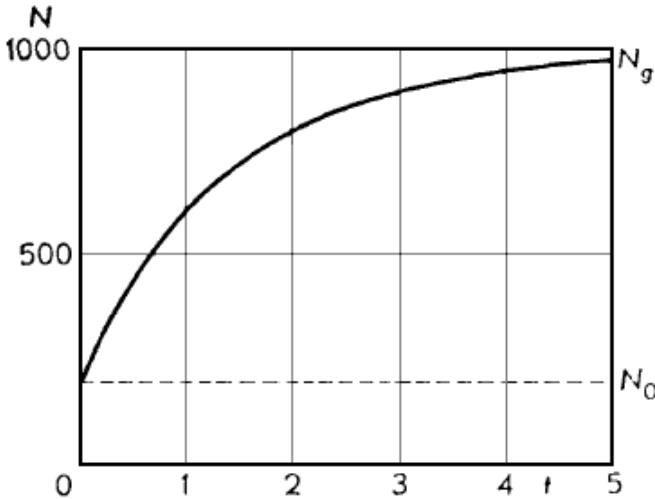
Po upływie czasu $t = 1$ $N = 1000 - 800 \cdot 0,5 = 600$, po upływie czasu $t = 2$ $N = 1000 - 800 \cdot 0,5^2 = 800$ itd. Przebieg obliczonej w ten sposób zależności $N = f(t)$ jest przedstawiony na rys. 16–2. Wzór (16.5) wskazuje, że im wyższy jest poziom pierwotny N_0 i poziom graniczny N_g , tym wyższy może być poziom aktualny N .

Przyswajalność γ można zinterpretować jako wielkość określającą, jaka część bodźców działających na układ samodzielny wywołuje na tyle duży wzrost przewodności korelacyjnej, że powstałe w ten sposób rejestraty skojarzeń mogą odgrywać rolę w późniejszych procesach korelacji.

Przypuśćmy, że dopiero jeżeli przewodność korelacyjna drogi skojarzenia przekroczy pewną wartość krytyczną G_k , to rejestrat skojarzenia będzie wpływać na rozptył mocy korelacyjnej (rejestrat skuteczny), natomiast poniżej G_k rejestrat pozostanie praktycznie bez wpływu na rozptył mocy korelacyjnej. Wobec tego przyswajalność γ będzie tym większa, im więcej bodźców spowoduje wzrost przewodności korelacyjnej ponad przewodność krytyczną G_k .

Z powiązania wzorów (7.4) i (8.7) otrzymuje się

$$G_g = \frac{G_0}{1 - \alpha(V_r + V_h)G_0} \quad (16.6)$$



Rys. 16–2. Zmienność poziomu aktualnego

Przewodność graniczna G_g spowodowana działaniem bodźca, wzrośnie przy odpowiednio dużym współczynniku rejestracji α , dużym potencjale rejestracyjnym V_r i dużym potencjale refleksyjnym V_h . A zatem tym więcej bodźców wywoła skuteczne rejestraty skojarzeń, czyli poziom tym bardziej wzrośnie, w im większym stopniu (duże α) spełniony jest warunek, żeby środowiskiem korelacyjnym była substancja, w której przepływ mocy korelacyjnej wywołuje wzrost przewodności korelacyjnej (rozdz. 8), im silniejsze są bodźce (duże V_r) i im bardziej są one pożądane (duże V_h).

Poziom pierwotny N_0 , poziom graniczny N_g i współczynnik rejestracji α są cechami samego układu samodzielnego, a w szczególności jego korelatora.

W fizjologii przypuszczano początkowo, że organizmy rozpoczynają życie z poziomem pierwotnym równym zero („tabula rasa”), a dopiero z czasem poziom ich wzrasta w miarę pojawiania się bodźców i powstawania rejestratów ich skojarzeń. Obecnie uważa się, że organizmy nowo narodzone mają pewien poziom pierwotny w wyniku dziedziczności, dzięki czemu podstawowe czynności niezbędne do życia organizmy te potrafią wykonywać bez uprzedniego ich uczenia się. Jest raczej zadziwiające, że zajmując się tymi sprawami zaczynano od założenia przypadku szczególnego ($N_0 = 0$) zamiast logiczniejszego przypuszczenia, że organizmy rozpoczynają życie od jakiegoś odziedziczzonego rozkładu przewodności korelacyjnej i to nawet różnego u poszczególnych osobników.

Na temat liczby elementów korelacyjnych (poziom graniczny N_g), jaką dysponują różne organizmy, trudno coś bliższego powiedzieć poza stwierdzeniem zgodności poglądów, że mózg ludzki jest korelatorem o największej spotykanej dotychczas liczbie elementów korelacyjnych; pogląd ten pozostaje w zgodności z faktem, że w przyrodzie człowiek odznacza się największą zdolnością sterowania. Liczbę elementów korelacyjnych człowieka (zakończeń nerwowych w mózgu) ocenia się na ok. 10^{10} , jest to jednak ocena zbyt mało dokładna, aby już obecnie można było sprawdzić związek między indywidualnymi różnicami właściwości poszczególnych ludzi a różnicami ich liczby elementów korelacyjnych.

Im niższy jest poziom organizmów, tym trudniej jest przekazywać im informacje szczegółowe (a więc zawierające wiele bitów), ponieważ z braku dostatecznej liczby skojarzeń informacje takie są dla nich nierozróżnialne. Można, na przykład, nastraszyć psa strzelbą, jeżeli zna związane z tym niebezpieczeństwo, ale nie można nią nastraszyć mrówki, a tym bardziej bakterii.

Wydaje się, że pojęcie poziomu najbardziej odpowiada temu, co się potocznie nazywa „inteligencją”.

Stosowany w psychologii (ściślej: w psychometrii) „iloraz inteligencji”, określany stosunkiem najniższego wieku, w którym zwykle otrzymuje się już trafne odpowiedzi na wybrane pytania testowe, do rzeczywistego wieku badanego osobnika, stanowi w zasadzie statystyczną metodę reprezentacji do pośredniego określania stosunku liczby skojarzeń badanego osobnika do przeciętnie spotykanej liczby skojarzeń podobnych osobników, a więc stosunku poziomu tego osobnika do poziomu przeciętnego.

Przy rozpatrywaniu wpływu współczynnika rejestracji mogą wchodzić w grę dwie następujące możliwości. Współczynnik rejestracji może być duży, gdy środowisko korelacyjne jest substancją, w której przy danej mocy korelacyjnej wzrost przewodności korelacyjnej jest duży. Wówczas rejestraty skojarzeń łatwo powstają w każdym miejscu środowiska korelacyjnego.

Odpowiada to łatwości, z jaką pewni ludzie zapamiętują wiadomości z różnych dziedzin, nie przejawiając do żadnej z nich szczególnego zamięłowania. Właściwość ta bywa nazywana „pojętnością”, a stan, do którego ona prowadzi, „erudycją”. Poziom powstający w wyniku tego rodzaju skojarzeń bywa określany jako „ogólna inteligencja”.

Inna możliwość polega na tym, że duży współczynnik rejestracji jest wynikiem nierównomierności rozmieszczenia elementów korelacyjnych. Jeżeli pewna grupa rejestratorów jest zagęszczona, to wskutek małych odstępów między tymi rejestratorami przewodność pierwotna między nimi jest większa niż między innymi rejestratorami. Dzięki temu bodźce, pobudzające receptory związane z grupą zagęszczonych rejestratorów, wywołują szczególnie duży wzrost przewodności korelacyjnej dróg łączących

take rejestraty, czyli powstawanie wyraźnych rejestratów skojarzeń między bodźcami, a przez to wzrost poziomu.

Wydaje się, że wpływem nierównomierności rozmieszczenia elementów korelacyjnych można wyjaśnić istotę talentów. Jeśli pewna grupa rejestratorów, np. dotyczących bodźców muzycznych, jest zagęszczona, to przewodności korelacyjne między tymi rejestratorami są od początku większe. Wskutek tego od razu pierwsze bodźce, np. wysłuchanie nowego utworu muzycznego, wywołują przepływ dużej mocy korelacyjnej, co z kolei prowadzi do jeszcze większego wzrostu przewodności korelacyjnej, a więc szybkiego zapamiętania usłyszanego utworu, oraz do powstawania wielu skojarzeń w danej grupie rejestratorów. W świetle tych wyjaśnień stają się też zrozumiałe często spotykane przypadki, gdy ludzie o pewnych szczególnych uzdolnieniach są mniej niż przeciętnie uzdolnieni pod innymi względami (z powodu rzadszego rozmieszczenia innych rejestratorów przewodności korelacyjne między nimi są małe, w związku z czym do wytworzenia rejestratów skojarzeń potrzebne są silniejsze i wielokrotnie powtarzane bodźce), a wskutek tego ogólna inteligencja jest niższa.

Jakkolwiek cyfrowe maszyny matematyczne nie są układami samodzielnymi, można mówić o ich poziomie jako o właściwości ich korelatorów. Maszyny tego rodzaju mają poziom graniczny (tzw. „pojemność pamięci”) określony liczbą bitów największej ilości informacji, jakie maszyna mogłaby zarejestrować.

Poziom pierwotny maszyny cyfrowej jest równy zeru. Po zakodowaniu programu maszyna otrzymuje poziom początkowy określony liczbą bitów ilości informacji zawartej w programie. Poziom aktualny maszyny przybiera rozmaite wartości w miarę powstawania rejestratów przy wykonywaniu obliczeń. Po wykonaniu zadań objętych programem usuwa się wszystkie rejestraty za pomocą derejestracji wymuszonej, wskutek czego poziom maszyny staje się znów poziomem pierwotnym (równym zeru).

Współczynnik rejestracji α jest w maszynach cyfrowych wystarczająco duży, żeby przewodność graniczna G_g za każdym razem przekroczyła przewodność krytyczną G_k . Wskutek tego już przy jednokrotnym pojawieniu się bodźców powstają rejestraty skuteczne.

Od otoczenia zależne są następujące czynniki: potencjał rejestracyjny V_r (jako zależny od natężenia bodźców), potencjał refleksyjny V_h (jako zależny nie tylko od właściwości homeostatu, lecz także od rodzaju bodźców), względna częstość bodźców σ i czas t . Z przeprowadzonych poprzednio rozważań wynika, że im większe są V_r , V_h , σ i t , tym szybciej powstają rejestraty skojarzeń, a więc tym szybciej wzrasta poziom. Dzięki zależności tych czynników od otoczenia wpływ ich jest łatwiej sprawdzalny niż wpływ poprzednio omówionych czynników (N_0 , N_g , α).

Potwierdzenie wniosków co do wpływu tych czynników można znaleźć obserwując u różnych ludzi proces przyswajania nowych wiadomości. Wiadomo, że proces ten przebiega szybciej, gdy komunikaty mają postać silnych bodźców, np. głośno wydawanych rozkazów w wojsku (duże V_r), gdy podawane wiadomości odpowiadają zamię-

waniom uczącego się (duże V_h), gdy są często powtarzane (duże σ) i gdy czas uczenia się jest dostatecznie długi (duże t). Spotykana nieraz zawodność stosowania zbyt silnych bodźców, np. krzyku lub znudzenie z powodu przewlekłego nauczania, można objaśnić okolicznością, że towarzyszące temu emocje zakłócające prowadzą do refleksji osłabiających (zmniejszenie V_h), wskutek czego wynik nauczania jest niezadowalający.

Jak to jest widoczne na rys. 16–2, egzystencja układu samodzielnego zaczyna się przy poziomie pierwotnym N_0 , po czym poziom wzrasta najpierw szybko, następnie zaś coraz wolniej, dążąc do poziomu granicznego N_g . Poziom końcowy jest wyznaczony przez praktyczny czas egzystencji układu samodzielnego.

W przebiegu zależności $N = f(t)$ mogą występować nieregularności spowodowane zmianami w otoczeniu, a nawet możliwe jest obniżenie się poziomu wskutek przeważania derejestracji np. przy oddziaływaniu zbyt słabych bodźców lub zmniejszeniu się ich częstości.

Obniżanie się poziomu obserwuje się np. w zjawisku wtórnego analfabetyzmu; ludzie, którzy nauczyli się niegdyś czytania i pisanie, lecz polem nie korzystali z tej umiejętności przez wiele lat, tracą ją wskutek derejestracji.

Poziom graniczny określa potencjalne możliwości układu samodzielnego, natomiast zachowanie się układu jest zależne od poziomu aktualnego. W związku z tym układ samodzielny o niskim poziomie granicznym może mieć w późniejszym stadium swojej egzystencji wyższy poziom aktualny niż inny układ samodzielny o wyższym poziomie granicznym, lecz we wcześniejszym stadium egzystencji.

Na przykład, człowiek dorosły i dziecko mogą mieć podobny poziom graniczny, ale poziom aktualny u dziecka jest niższy niż u dorosłego wychowanego w podobnych warunkach. Choć człowiek ma znacznie wyższy poziom graniczny niż pies, to jednak niemowlę ma niższy poziom aktualny niż dwuletni pies.

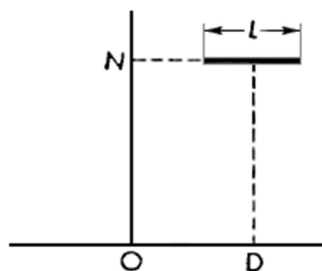
17. Ewolucja charakteru

W wyniku rozważań przeprowadzonych w rozdz. 14, 15 i 16 otrzymaliśmy trzy parametry charakteru: dynamizm D , szerokość L i poziom N . W sterowaniu się układu samodzielnego poziom umożliwia rozróżnianie rozmaitych bodźców i reakcji, dynamizm umożliwia ocenę ich użyteczności, szerokość zaś określa zakres ich dopuszczalności.

Z upływem czasu dynamizm przesuwają się od egzodynamizmu poprzez statyzm do endodynamizmu, szerokość wzrasta, poziom również wzrasta (jeżeli powstawanie nowych skojarzeń jest szybsze niż zanikanie dawnych).

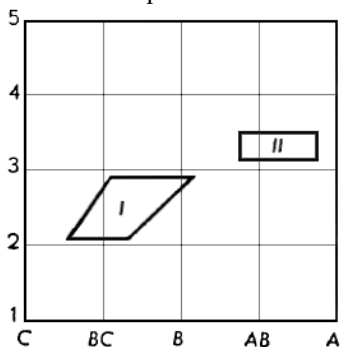
Jeżeli z przebiegów tych parametrów w zależności od czasu: $D = f(t)$, $L = f(t)$, $N = f(t)$ wyeliminować czas t , to wszystkie trzy parametry charakteru można przedstawić na jednym wykresie charakteru (rys. 17-1).

Do poglądowych porównań charakterów ludzkich nie są konieczne dokładne oceny ilościowe, toteż podobnie do podziału dynamizmu na pięć klas A , AB , B , BC , C , można również przyjąć podział poziomu na pięć klas oznaczonych liczbami 1, 2, 3, 4, 5 (wyższe liczby oznaczają wyższy poziom). Wprawdzie jest to skala ocen dość zgrubna, ale o wystarczającej przydatności (podobnie zgrubną skalę ocen stosuje się w szkołach do kwalifikowania postępów uczniów, przy czym okazała się ona wystarczająca do tego celu). Można by np. przyjąć orientacyjnie, że poziom 1 oznacza analfabetów, poziom 2 ludzi o niższym wykształceniu, poziom 3 ludzi o średnim wykształceniu, poziom 4 ludzi o wyższym wykształceniu, poziom 5 elitę ludzi wybitnych.



Rys. 17-1. Wykres charakteru

Wówczas wykres charakteru przedstawi się jako *kwadrat charakteru* (rys. 17-2). Można na nim przedstawić charakter określonego osobnika za pomocą odcinka (podobnie jak na rys. 17-1). Jeśli zrezygnować z zaznaczania szerokości, wykreślne przedstawienie charakteru sprowadza się do podania punktu określającego dynamizm i poziom.



Rys. 17-2. Kwadrat charakteru

Zmiany charakteru z biegiem życia można przedstawić za pomocą krzywej $N = f(D)$.

Wykres charakteru może być również przydatny do przedstawiania charakteru grup ludzi w postaci pola obejmującego punkty określające charakter poszczególnych osobników. Na przykład, zespół uczniów w szkole średniej można by przedstawić w postaci pola I, a zebranie maklerów giełdowych w postaci pola II, rys. 17-2. W podobny sposób można przedstawić charakter dużych społeczności, a nawet narodów. Jest to niewątpliwie droga do zobiektywizowania dyskusji i sporów na temat „charakteru narodowego”, zazwyczaj toczących się na podłożu emocjonalnym (w celu wykazania, który naród jest „lepszy”).

Obecnie rozpatrzmy zagadnienie wpływu wywieranego na charakter układu samodzielnego przez czynniki zewnętrzne. W grę wchodzi tu czynniki energetyczne i czynniki informacyjne.

Rolę zewnętrznych czynników energetycznych można wyrazić w postaci zmian mocy zewnętrznej P_e . W wyniku rozważań w rozdz. 15 otrzymaliśmy, że ze wzrostem mocy zewnętrznej P_e maleje podatność M , a więc i szerokość L ; na odwrót, jeżeli moc zewnętrzna P_e maleje, to podatność M i szerokość L wzrastają. Tolerancja T nie zależy od mocy zewnętrznej. Na dynamizm zmiany mocy zewnętrznej P_e nie wpływają, dopóki moc asekuracyjna P_s nie przekracza mocy całkowitej P (tj. dopóki moc robocza P_r nie przekracza mocy dyspozycyjnej P_d). Dopiero gdy moc zewnętrzna P_e zmaleje tak, że moc całkowita P przestaje wystarczać na pokrycie mocy asekuracyjnej P_s (wskutek czego moc robocza P_r staje się zbyt mała do zapewnienia mocy jałowej P_0), homeostat zaczyna się przedstawiać na inny stan równowagi funkcjonalnej powstrzymując coraz bardziej rozbudowę układu, wskutek czego maleje współczynnik rozbudowy C , a w konsekwencji również współczynnik dynamizmu n i dynamizm D . Jak stąd wynika, zmianę dynamizmu można wymusić tylko przez zmniejszanie mocy zewnętrznej, przy czym będzie to zmiana dynamizmu w kierunku od egzodynamizmu poprzez statyzm do endodynamizmu, czyli przyspieszenie naturalnego procesu zmian dynamizmu. Jeżeli zmniejszenie mocy zewnętrznej będzie zbyt duże lub zbyt raptowne, to pomimo działania homeostatu układ nie zdoła utrzymać się w równowadze funkcjonalnej i ulegnie dezorganizacji.

Przykładem takich procesów jest zachowanie się rozbitek na morzu w miarę ubywania zapasów żywności, a więc zmniejszenia się mocy zewnętrznej. Najpierw zaczynają oni stosować coraz surowsze zasady (stazyzm) w racjonowaniu żywności, a gdy ratunek nie nadchodzi, wywiązuje się walka o resztki żywności, a więc o moc zewnętrzną (endodynamizm).

U dzieci stale niedożywionych lub chorowitych obserwuje się objawy przedwczesnej dojrzałości (przyspieszone przechodzenie od egzodynamizmu do statyzmu, a następnie – jeżeli dożyją – do endodynamizmu). Wiadomo, że najbardziej zachłanni na władzę są dyktatorzy, którzy mieli ciężkie dzieciństwo. Nie bez powodu też milionerzy powołują się na to, że za młodu byli czyścibutami lub sprzedawcami gazet.

Rola zewnętrznych czynników informacyjnych polega na wpływie rozmaitych bodźców na układ samodzielny. Im więcej pojawia się różnych bodźców, tym szybciej wzrasta poziom charakteru. Co się tyczy wpływu

bodźców na dynamizm, to trzeba rozróżniać następujące trzy grupy bodźców.

Do pierwszej z nich zaliczymy *bodźce przypadkowe*. Dzięki działaniu homeostatu (dynamizm) i korelatora (rejestraty motywacyjne) układ samodzielny będzie odróżniać wśród nich bodźce pożądane od niepożądanych, a ich skojarzenia zostaną zarejestrowane, zwiększając liczbę motywacyjnych rejestratów ofensywnych i defensywnych, wskutek czego dynamizm i szerokość (tolerancja) będą się coraz bardziej uwydatniać.

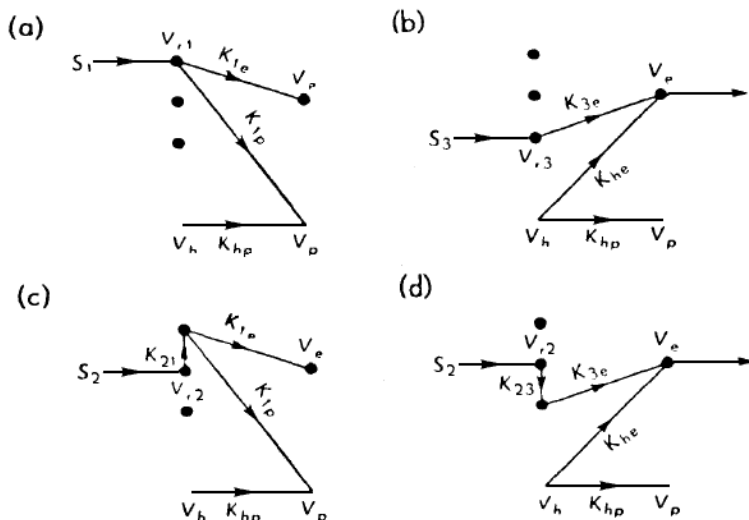
Drugą grupę stanowią *bodźce sprowokowane*, tj. wywołane korzystnymi reakcjami układu. Będą to z reguły bodźce pożądane, toteż przyczynią się do zwiększenia motywacyjnych rejestratów ofensywnych, wobec czego dynamizm i szerokość (tolerancja) jeszcze bardziej się uwydatnią. W ten sposób ujawni się *charakter rzeczywisty* układu samodzielnego.

Bodźcami przypadkowymi są np. zdarzenia na ulicy, wiadomości z prasy informacyjnej, rozmowy słyszane mimo woli itp. Natomiast bodźcami sprowokowanymi są artykuły z gazet umyślnie wybieranych jako propagujących poglądy odpowiadające danemu czytelnikowi, sceny z ulubionych filmów lub powieści, rozmowy na ulubione tematy itp.

Trzecią grupę stanowią *bodźce narzucone*, tj. spowodowane przez inne układy samodzielne w celu wywołania zmian w zachowaniu się danego układu samodzielnego. Bodźce narzucone mogą wywierać wpływ na ewolucję charakteru w sposób przedstawiony na rys. 17–3. Przypuśćmy, że spośród trzech bodźców S_1 , S_2 , S_3 bodziec S_1 jest traktowany przez określony układ samodzielny jako niepożądany, a bodziec S_3 jako pożądany. Zgodnie z rozważaniami z rozdz. 9 na temat motywacji oznacza to, że – przy pojawieniu się bodźca S_1 – między miejscami, w których występuje potencjał rejestracyjny V_{r1} i potencjał perturbacyjny V_p (rys. 17–3a), występuje znaczna przewodność korelacyjna sprawiająca, że do estymatora dopływa tylko pewna część mocy korelacyjnej, a mianowicie moc K_{1e} , wskutek czego potencjał estymacyjny V_e jest zbyt mały do wywołania reakcji. Niepożądany bodziec S_1 może nawet spowodować reakcje przeciwdziałające jego występowaniu. Natomiast – przy pojawieniu się bodźca S_3 – między miejscami, w których występuje potencjał rejestracyjny V_{r3} i potencjał estymacyjny V_e (rys. 17–3b), występuje znaczna przewodność korelacyjna sprawiająca, że do estymatora dopływa suma mocy korelacyjnych K_{3e} i K_{he} , wskutek czego potencjał estymacyjny staje się wystarczająco duży do wywołania reakcji R . Co do bodźca S_2 przypuśćmy, że

jest to bodziec pożądany i powinien wywoływać reakcję R , ale początkowo nie dochodzi do tego z braku rejestratów motywacyjnych dotyczących bodźca S_2 .

Przypuśćmy, że bodziec S_2 zaczyna się pojawiać wraz z bodźcem S_1 . Zgodnie z rozważaniami z rozdz. 8 wytworzy się rejestrat skojarzenia bodźców S_1 i S_2 . Ponieważ bodziec S_1 jest niepożądany, więc jeżeli z czasem pojawi się sam tylko bodziec S_2 , to wprowadzie popłyń moc K_{21} (rys. 17–3c) ale tylko jej część K_{1e} popłyńie w kierunku estymatora, co – podobnie jak przy występowaniu samego bodźca S_1 – nie spowoduje reakcji R , a może spowodować reakcje przeciwdziałające występowaniu bodźca S_2 . Jak widać, bodziec S_2 , zamiast jako pożądany, będzie traktowany przez układ samodzielny jako bodziec niepożądany. Układ samodzielny nie będzie się więc zachowywać zgodnie ze swoim rzeczywistym charakterem lecz z *charakterem pozornym*, wywołanym przez bodźce narzucone (skojarzenie niepożądanego bodźca S_1 z bodźcem S_2 , zapobiegające ujawnieniu się, że bodziec S_2 jest w istocie pożądany).



Rys. 17–3. Krystalizacja charakteru

Taki stan będzie trwać, dopóki nie zdarzy się, że bodziec S_2 wywoła reakcję R . Może do tego dojść w dwojaki sposób. Jedna możliwość polega na jednoczesnym pojawieniu się bodźców S_2 i S_3 i wywołanie przez to rejestratu skojarzenia tych bodźców, wskutek czego popłyńie moc ko-

relacyjna K_{23} (rys. 17–3d), która następnie jako moc K_{3e} zsumuje się z mocą K_{he} i wywoła reakcję R . Druga możliwość polega na tym, że bodziec S_3 , który jako pożądany może się pojawiać częściej niż bodziec S_2 zwalczany skutek skojarzenia go z niepożądanym bodźcem S_1 , za każdym pojawieniem się zwiększa przewodność korelacyjną rejestratu skojarzenia bodźców S_2 i S_3 , aż wystąpi stan, gdy pojawienie się samego bodźca S_2 spowoduje, że moc K_{23} zrówna się z mocą K_{21} , a nawet stanie się od niej większa. Gdyby rejestrat skojarzenia bodźców S_1 i S_2 oraz rejestrat skojarzenia bodźców S_2 i S_3 powstawały wyłącznie w wyniku bodźców przypadkowych, to nawet przy małych mocach korelacyjnych K_{23} i K_{21} wystąpienie przewagi mocy K_{23} nad mocą K_{21} wystarczyłoby do wywołania reakcji R , a więc do potraktowania bodźca S_2 jako pożądanego, czyli charakter rzeczywisty ukształtowałby się dość wcześnie i bez trudności. Jednakże skojarzenie bodźców S_1 i S_2 zostało wywołane przez bodźce narzucone (silne lub często powtarzane), wobec czego bodziec S_2 wywołuje znaczną moc korelacyjną K_{21} , toteż i moc K_{23} musi być duża, aby doszło do jej przewagi nad mocą K_{21} . Dopiero wówczas nastąpi przejście ze stanu przedstawionego na rys. 17–3c do stanu przedstawionego na rys. 17–3d, przy czym będzie to przejście raptowne, gdyż potencjał perturbacyjny V_p zmaleje zamiast wzrosnąć, a więc potencjał refleksyjny V_h wzrośnie zamiast zmaleć, skutek czego szybko nastąpi reakcja R , a zanikną reakcje zwalczające bodziec S_2 . Jak wynika z tych rozważań, w obu przypadkach nastąpi raptowne przejście od charakteru pozornego do charakteru rzeczywistego, z tą tylko różnicą, że w pierwszym z tych przypadków nastąpi to od razu (skutek silnego skojarzenia bodźców S_2 i S_3), w drugim zaś po dłuższym przygotowaniu (pojawianie się bodźca S_3 aż do wystąpienia dostatecznie silnego skojarzenia bodźców S_2 i S_3). Przejście od charakteru pozornego do charakteru rzeczywistego będziemy nazywać *krystalizacją charakteru* (nawiązując do zjawiska krystalizacji w roztworach przesyconych, gdy drobny wstrząs lub przedostanie się pyłów z powietrza powoduje raptowne strącenie się całego nadmiaru rozpuszczonej substancji).

Z bodźcami narzucenymi mamy najczęściej do czynienia w procesach wychowawczych, w których ogranicza się wychowanków tylko do lektury na wybrane tematy, wpaja się w nich z góry wyznaczone poglądy itp., uniemożliwiając im zapoznanie się z innymi tematami i poglądami (np. w klasztorze nie ma bodźców z kabaretu, w wojsku nie ma bodźców z giełdy itp.). W taki sposób może powstać charakter pozorny, z czego dany

osobnik nie zdaje sobie sprawy i zwalcza w sobie to, co w istocie odpowiada jego charakterowi rzeczywistemu (powstawanie kompleksów).

Krystalizacja charakteru wystąpi, gdy osobnik o charakterze pozornym zostanie przez kogoś uświadomiony o swoim charakterze rzeczywistym (zgodnie z twierdzeniem psychoanalitików, że wyleczenie kompleksu polega na jego ujawnieniu).

W braku takiego uświadomienia krystalizacja charakteru odwleka się aż do chwili, gdy skutek bodźców przypadkowych powstaną wreszcie rejestraty dostatecznie silnych skojarzeń odpowiadających charakterowi rzeczywistemu, a wówczas do spowodowania krystalizacji charakteru wystarczy nawet drobny bodziec (np. jedno usłyszane lub przeczytane zdanie). Proces krystalizacji charakteru odbywa się w jednej chwili, jest olśnieniem wynikającym ze zrozumienia, kim się naprawdę jest, czemu towarzyszy uczucie ulgi (emocja odkłócająca).

Alegoryczny przykład krystalizacji charakteru przedstawił Andersen w bajce o brzydkim kaczątku, które sobie uświadomiło, czym jest, gdy zobaczyło, jak wygląda łabędź.

Niezwykle wyraźny przebieg miała krystalizacja charakteru Emila Zegadłowicza; wychowany jako statyk, i skutek tego przejawiający pozorny charakter statyczny w początkowym okresie swojej twórczości literackiej, wykrył nagle jako wyraźny egzodynamik i zaszokował swoich czytelników napisanymi z pasją „Zmoramami”.

Bardzo trafny obraz krystalizacji charakteru znajduje się w komedii Pagnola „Pan Topaz”. W odczuciu wielu widzów sztuka ta przedstawia losy prostolinijnego i naiwnego nauczyciela, który popadłszy w środowisko aferzystów prześcignął ich znacznie pod względem sprytu i zasięgu organizowanych przez siebie afer. Natomiast w istocie był on endodynamikiem o statycznym charakterze pozornym, a zetknięcie ze środowiskiem aferzystów spowodowało jedynie krystalizację charakteru.

Na zjawisku krystalizacji charakteru polegają też nawrócenia. Od nawróceń stanowiących przejście od dynamizmu pozornego do rzeczywistego (np. gdy pozorny endodynamik staje się rzeczywistym statykiem) należy odróżniać nawrócenia odbywające się bez zmiany dynamizmu. Z reguły chodzi tu o statyków, którzy od zasad wpojonych im przez pewne środowisko odeszli do zasad innego środowiska po dłuższym w nim przebywaniu, nie przestając być nadal statykami. Jako przykład można przytoczyć nawrócenie Winicjusza z sienkiewiczowskiego „Quo vadis”. Wynikło ono z zastąpienia wpływu środowiska pogańskiego przez wpływ środowiska chrześcijańskiego, przy czym Winicjusz był i pozostał statykiem.

Nie mają związku z krystalizacją charakteru rzekome „nawrócenia” bogatych wyzyskiwaczy, którzy pod wpływem przykrych przeżyć stali się przejściowo ludźmi dobrotliwymi („Noc wigilijna” Dickensa, „Nawrócony” Prusa). Wynikają one ze zmniejszenia (rzeczywistego lub urojonego) mocy socjologicznej i polegają na raptownym zwiększeniu się podatności (o czym była mowa w rozdz. 15). Nic dziwnego, że po ponownym wzroście mocy socjologicznej lub wyjaśnieniu się, że zmniejszenie mocy socjologicznej było złudzeniem, wszystko jest znów po dawnemu, „nawrócenie” znika.

ZAKOŃCZENIE

Odnoszenie wniosków wysnutych w przedstawionej tu teorii układów samodzielnych do jakichkolwiek tworów rzeczywistych może wchodzić w grę jedynie pod warunkiem, że twory te mogą być uważane za układy samodzielne w znaczeniu podanym w tej teorii.

Mogą się w związku z tym nasuwać komuś wątpliwości, czy koncepcja układu samodzielnego, traktowanego jako układ fizyczny, którego zachowanie się jest całkowicie zdeterminowane, może obejmować również człowieka jako istotę obdarzoną „wolną wolą”, dzięki czemu może on kierować swoim postępowaniem.

Postaramy się okazać, że i to kapitalne zagadnienie daje się zinterpretować za pomocą aparatu pojęciowego tej teorii.

Najpierw zapytajmy, co to jest kierowanie własnym postępowaniem. Odpowiedź na to pytanie łatwo otrzymać po uprzednim wyjaśnieniu, kiedy występuje niemożność kierowania własnym postępowaniem. Posługując się przyjętą przez nas terminologią można powiedzieć, że niemożność ta występuje w układach, w których możliwa jest co najwyżej korelacja w obiegu reakcyjnym. Wówczas reakcje układu są zależne wyłącznie od procesów zachodzących w korelatorze, a więc są wymuszane przez bodźce z otoczenia.

Dzieje się tak w automatach, nawet jeżeli są wyposażone w maszynę matematyczną. Ta właśnie zależność między bodźcami a reakcjami została wysunięta jako argument przeciw tym cybernetykom, którzy w działaniu maszyn matematycznych chcieli widzieć zrealizowany technicznymi środkami odpowiednik ludzkiego myślenia. Ani powoływanie się na to, że maszyna modyfikuje swoje reakcje dzięki jej zaprogramowaniu ani też wprowadzenie zmienności programu realizowanej przez samą maszynę na zasadach statystycznego traktowania bodźców, nie obalało tego argumentu, a tylko rozszerzało sprawę na bodźce przeszłe i co najwyżej wprowadzało czynnik przypadkowości. Czynniki ten, uniemożliwiający przewidywanie

zachowania się maszyny, miał imitować nieprzewidywalność zachowania się człowieka.

Okoliczność, że w układzie samodzielnym występuje również obieg refleksyjny, sprawia, że na korelator wpływa także homeostat, dzięki czemu nie tylko otoczenie, lecz i sam układ samodzielny wpływa na swoje postępowanie, czyli nim kieruje, co nie przeszkadza że jest to układ zdeterminowany, gdyż i homeostat zachowuje się tak, jak to wynika z jego fizycznych właściwości.

Jeśli więc w odniesieniu do człowieka kierowanie własnym postępowaniem nazywać „wolną wolą”, to jest to konwencja terminologiczna nie pozostająca w sprzeczności z traktowaniem człowieka jako układu samodzielnego, a więc fizycznie zdeterminowanego.

Jak się wydaje, człowiek doszedł do przeświadczenia o posiadaniu „wolnej woli” na trzech drogach: 1) z introspekcji, 2) z oświadczeń innych ludzi, 3) z obserwacji zachowania się innych ludzi.

Introspekcja dostarczyła człowiekowi wyobrażeń rozmaitych możliwych sposobów postępowania i ich wyboru. Dla procesów tego rodzaju podaliśmy interpretację przy omawianiu rozterek i ich rozstrzygania, wskazując na rolę, jaką w tym odgrywa korelacja w obiegu refleksyjnym.

Oświadczenia innych ludzi nie wnoszą do sprawy nic nowego, jako również oparte na ich własnej introspekcji. Zgodność tych oświadczeń ze sobą daje się objaśnić podobieństwem struktury poszczególnych ludzi jako układów samodzielnych, a więc i podobieństwem roli obiegu refleksyjnego.

Co się tyczy obserwacji zachowania innych ludzi, to – wobec różnic ich reakcji na praktycznie jednakowe bodźce – stała się ona podstawą przypuszczenia, że oprócz wpływu bodźców wchodzi w grę jeszcze jakiś inny czynnik w swym organizmie ludzkim. I to przypuszczenie pozostaje w zgodzie z omówioną powyżej rolą obiegu refleksyjnego.

Jak widać, żadna z wymienionych dróg nie przynosi niczego, co nie dałoby się objaśnić w ramach koncepcji układu samodzielnego.

Niemniej, zarówno ta sprawa, jak i wiele innych, poruszonych w przykładach mających ilustrować teorię w toku jej wykładu, należą do specjalistów zajmujących się wiedzą o człowieku w szczególności, a o organizmach i maszynach w ogólności. Poruszenie ich w tej książce jest jedynie próbą wskazania możliwości pogłębienia tej wiedzy w oparciu o teoretyczną koncepcję układów samodzielnych.

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA.....	7
I. POJĘCIA PODSTAWOWE	11
1. WSTĘP	11
2. SPRZĘŻENIA.....	18
3. INFORMACJE	35
4. UKŁADY SAMODZIELNE.....	47
II. PRZEBIEGI INFORMACYJNE	60
5. REJESTRACJA	60
6. ESTYMACJA	67
7. KORELACJA	69
8. REJESTRATY I KORELATY.....	84
9. MOTYWACJA.....	105
10. OBIEGI KORELACYJNE.....	119
III. PRZEBIEGI ENERGETYCZNE.....	130
11. STARZENIE SIĘ I ROZBUDOWA UKŁADÓW SAMODZIELNYCH.....	130
12. MOC JAŁOWA.....	138
13. MOC ROBOCZA	152
IV. CHARAKTER	167
14. DYNAMIZM CHARAKTERU	167
15. SZEROKOŚĆ CHARAKTERU	187
16. POZIOM CHARAKTERU.....	200
17. EWOLUCJA CHARAKTERU	208
ZAKOŃCZENIE	215