



**POLITECHNIKA RADOMSKA**  
**im. K. PUŁASKIEGO**

Marek GAWRYSIAK

**EDUKACJA METATECHNICZNA**

Wprowadzenie do celów i treści kształcenia  
ogólnotechnicznego

**Recenzenci:**

dr hab.inż. **Bogdan BRANOWSKI** prof.nadzw.

dr hab. Stanisław **DYLAK**

**Marek Gawrysiak** (ur. 1946), inżynier mechanik, doktor habilitowany nauk technicznych, profesor nadzwyczajny w Politechnice Białostockiej i Politechnice Radomskiej. Zajmuje się mechatroniką (integracja mechaniki z elektroniką i informatyką), robotyką, metodyką konstruowania i dydaktyką techniki.

**Redaktor naukowy**

prof.dr hab. **Henryk Bednarski**

*Redaktor*

*Barbara Jaworska-Wójcik*

*Redaktortekniczny*

*Małgorzata Kowalska*

*Korektor*

*Maria Palys*

*Skład i łamanie*

*Jolanta Wydra*

*Projekt okładki*

*Andrzej Brzegowy*

**Biblioteka Główna  
Politechniki Białostockiej**



1024129

© **Copyright by Politechnika Radomska,  
Wydawnictwo, 26-600 Radom, ul. Malczewskiego 20A,  
tel. (048) 360-08-96**

ISSN 0867-8138

Wyd. I

Druk: Zakład Poligraficzny Politechniki Radomskiej

Zam Nr 13/98

# Spis treści

Przedmowa.....	5
Rozdział 1. Wprowadzenie.....	8
Rozdział 2. Metatechnika - ogólna nauka o technice.....	18
Rozdział 3. Podstawowe założenia edukacji metatechnicznej.....	35
Rozdział 4. Wiedza techniczna i wiedza o technice.....	54
Rozdział 5. Technika jako triada operand-operator-operacja.....	62
Rozdział 6. Nauka, technika, nauki techniczne, technologia.....	67
Rozdział 7. Nauki techniczne a pedagogiczne - bliższe sobie niż się wydaje.....	85
Rozdział 8. Technika i nauki techniczne jako źródło inspiracji dydaktycznych ....	91
Rozdział 9. Dydaktyka komputacjonalistyczna czy konstruktywistyczna?.....	107

## 4

Rozdział 10.	
Szkoła fraktalna?.....	118
Rozdział 11.	
Konstruowanie systemów dydaktycznych.....	127
Rozdział 12.	
Wprowadzenie do techniki maszyn.....	158
Rozdział 13.	
Maszyny i urządzenia do przetwarzania materiałów.....	164
Rozdział 14.	
Maszyny i urządzenia do przetwarzania energii.....	185
Rozdział 15.	
Maszyny i urządzenia do przetwarzania sygnałów (informacji).....	192
Rozdział 16.	
Wnioski z przykładów.....	206
Rozdział 17.	
Co to są zadania techniczne i na czym polega ich rozwiązywanie? . . . .	217
Rozdział 18.	
Nauczyciel o kompetencjach metatechnicznych.....	223
Rozdział 19.	
Zakończenie.....	235
Literatura.....	241
Słowniczek terminów.....	246

# PRZEDMOWA

## Czym jest ta książka?

Jest to wprowadzenie do techniki ogólnej i jej dydaktyki; przede wszystkim do techniki jako przedmiotu kształcenia ogólnego, niezawodowego, do techniki wzbogaconej o pozatechniczne współzależności powstawania i stosowania systemów technicznych. Takie podejście do techniki chcę nazwać *meta-technicznym*, a kształcenie w tym zakresie - *edukacją metatechniczną*, ponieważ jego cele i treści są szersze niż klasycznie rozumianej dydaktyki techniki. Edukacja metatechniczna swym zasięgiem wykracza poza czysto instrumentalny, przyrodniczy i politechniczny wymiar techniki. Książka ta jest przedstawieniem podstawowych założeń, przykładów celów i treści takiej edukacji. Jest także ukazaniem źródeł inspiracji dydaktycznych, jakie tkwią w technice i naukach technicznych. Książka nie jest systematycznym przedstawieniem podstaw techniki ani jej dydaktyki.

Wprowadzać w technikę i jej dydaktykę można różnie. Można postępować „od ogółu do szczegółu”, od abstrakcyjnej istoty techniki i nauk technicznych do przedstawienia podstawowych technik konstruowania, wytwarzania i eksploataowania urządzeń technicznych; innymi słowy - od pokazania całej techniki i nauk technicznych w formacie „kieszonkowym”. W taki sam sposób można podejść do dydaktyki. Ale można też wprowadzać w technikę i jej dydaktykę inaczej: „od szczegółu do ogółu”, od codziennych, każdemu dostępnych narzędzi i zjawisk technicznych; od oczywistych skojarzeń tych zjawisk ze zjawiskami edukacyjnymi; od ukazania pozatechnicznych aspektów techniki. Ta druga droga bywa zwykle ciekawsza, bardziej zachęcająca do poznania. I na tej ciekawości poznawczej polega właśnie istota wprowadzenia. Brak jej bowiem z reguły przy systematycznym przedstawieniu podstaw. Nie oznacza to wcale, że nie omawiam tu podstawowej wiedzy technicznej i dydaktycznej. Oznacza tylko, że celem tej monografii jest: po pierwsze - w miarę przystępne *zapoznanie* czytelnika z pozatechnicznymi aspektami techniki i tym, co można nazwać metatechnicznym podejściem do techniki i jej dydak-

tyki; po drugie zaś - *zachęcenie* do stosowania tego podejścia. Czy mi się to udało, osądzi czytelnik.

Książka ta jest także próbą pokazania olbrzymiej dydaktycznej roli techniki, przedstawieniem jej najważniejszych dydaktycznych aspektów. Chcę w niej pokazać, że technika może twórczo inspirować pedagogikę, że celem dydaktyki techniki jest nie tylko ułatwianie przyswajania wiedzy czysto technicznej, ale także pokazywanie użyteczności tej wiedzy w procesach przyswajania wiedzy pozatechnicznej: humanistycznej, przyrodniczej, matematycznej, społecznej czy ekonomicznej.

### Dla kogo jest ta książka?

Dla wszystkich, których interesuje technika w najszerszym rozumieniu tego słowa. Przede wszystkim dla tych, którzy mają do czynienia jednocześnie z techniką i dydaktyką. A więc dla szeroko rozumianych nauczycieli techniki: dla tych, którzy nauczają techniki jako przedmiotu kształcenia ogólnego w szkołach ogólnokształcących i tych, którzy nauczają różnych przedmiotów technicznych w średnich i wyższych uczelniach technicznych; dla inżynierów zdobywających kwalifikacje pedagogiczne i dla pedagogów próbujących podwyższyć swe kwalifikacje techniczne. Przede wszystkim zaś dla studentów i absolwentów kierunku wychowania technicznego.

Nie mniej ważną grupą adresatów są ci, którzy kierują edukacją ogólną i decydują o jej przyszłych celach.

### Skąd wzięła się ta książka?

Z moich refleksji i przemyśleń, inspirowanych studiowaniem literatury technicznej, filozoficznej i pedagogicznej, a także praktyką dydaktyczną, badawczą i konstruktorską w Katedrze Automatyki i Mechatroniki Politechniki Białostockiej oraz w Katedrze Wychowania Technicznego Politechniki Radomskiej.

Technika => filozofia techniki => pedagogika => metatechnika. Tak w skrócie wyglądała moja droga do tej książki. Pisać o sprawach dotyczących kilku dyscyplin naukowych, a taki mam zamiar, wymaga odwagi bycia dyletantem. Specjaliści uznają dyletantyzm za grzech, generaliści (może nie zawsze) - za cnotę. Być dyletantem znaczy więc zaliczać się do generalistów, czyli tych, co to podobno wiedzą nic o wszystkim, w przeciwieństwie do specjalistów, co to podobno wiedzą wszystko o niczym.

Pedagogów i psychologów chciałbym prosić o wyrozumiałość, gdy napotkają pojęcia lub uproszczenia odbiegające od kanonów literatury pedagogicznej i psychologicznej. Moim wytłumaczeniem może być to, że różnorodne materiały, z jakich korzystałem podczas opracowywania poniższego tekstu,

nie były zwykle materiałami źródłowymi, ale raczej interpretacjami mającymi na celu pobudzić laika do własnej refleksji na dany temat, co zresztą miało miejsce w moim przypadku.

Wszystkim, którzy przyczynili się do powstania tej książki, składałam serdeczne podziękowania. Szczególnie należą się one panom recenzentom: prof. dr. hab. inż. Bogdanowi Branowskiemu z Zakładu Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Poznańskiej oraz dr. hab. Stanisławowi Dylakowi z Zakładu Technologii Kształcenia Uniwersytetu im. A.Mickiewicza. Ich cenne krytyczne uwagi w niemały sposób wpłynęły na ostateczną redakcję książki.

*Marek Gawrysiak*

Białystok, maj 1997

## Rozdział 1. Wprowadzenie

### *Dlaczego edukacja techniczna o charakterze metatechnicznym?*

Na technikę patrzy się bardzo różnie. Różnie się też odczuwa jej rolę w społeczeństwie. Dlatego przekonująca odpowiedź na pytanie o potrzebę edukacji technicznej o charakterze ogólnym, metatechnicznym zależy nie tylko od samej racjonalności argumentacji, ale także od osoby, która te argumenty przytacza. Te same słowa zwykle brzmią różnie w różnych ustach. Jeżeli przedstawiciel techniki czy nauk technicznych mówi, że technika jest ważna, a rola wiedzy technicznej w edukacji niezastąpiona, to jego słowa często wydają się być czystą retoryką, absolutyzowaniem techniki, pachnieć zawodową propagandą czy wręcz banałem. Te same słowa o technice, ale w ustach przedstawiciela nauk humanistycznych, brzmią bardziej wiarygodnie dla szerokiej rzeszy kształcących się lub kształtujących politykę edukacyjną. I dlatego poszukiwanie argumentów, przemawiających za potrzebą edukacji technicznej o charakterze metatechnicznym, zaczniemy od wybitnych przedstawicieli nauk humanistycznych.

Znakomity francuski historyk, F. Braudel [1992, s. 277], w swym niezwykłym dziele o kulturze materialnej, gospodarce i kapitalizmie XV-XVIII wieku, pisze o technice tak:

*„ Wszystko jest techniką: gwałtowny wysiłek, ale również cierpliwy i monotony napór ludzi na świat zewnętrzny; raptowne przeobrażenia, które zbyt pochopnie nazywamy rewolucjami (jak proch armatni, żegluga dalekomorska, druk, młyny wodne i wiatraki, początki mechanizacji), ale również powolne ulepszenia sposobów pracy i narzędzi oraz te niezliczone gesty, w których nie ma nic odkrywczego: marynarz napinający liny, górnik drążący sztolnię, chłop kroczący za pługiem, kowal przy kowadle... Wszystkie ich ruchy są owocem nagromadzonej wiedzy. ”*



A w innym miejscu [s. 359] tak:

*„... technika jest królową: to ona zmienia świat”.*

Znany niemiecki filozof kultury, O. Spengler [1932, s. 7], formułuje to jeszcze mocniej:

*„Technika jest taktyką całego życia. Jest ona wewnętrzną formą postępowania w walce, która jest równoznaczna z życiem”.*

Francuski badacz nauki i techniki J.J. Salomon [1985], wyjaśniając jak i dlaczego technika zaczęła oznaczać jeden i ten sam proces społeczny - choć na przestrzeni dziejów znaczyła różne rzeczy dla różnych ludzi - cytuje właśnie Braudela oraz socjologa i antropologa M. Maussa. Antropologiczna definicja techniki tego ostatniego odwołuje się do czynności i działań zarówno w społeczeństwach starożytnych i tradycyjnych, jak i tych, które dziś określa się jako rozwinięte. Brzmi ona tak:

*„To, co nazywam techniką, to działanie tradycyjne, które stało się skuteczne. ”*

Braudel (cyt. za [Salomon 1985, s. 232]). dodaje do tego aspekt edukacyjny:

*„... innymi słowy to, co umożliwia rzutowanie działań człowieka lub pokolenia ludzkiego na pokolenie następne, to rodzaj szkolenia trwającego od zarania świata.”*

Aspekt edukacyjny widzi w technice także amerykański filozof L. Mumford [1988, s. 457], gdy pisze:

*„W księdze wiedzy cieśla, kowal, garncarz i wieśniak zapisali wiele stron, choć brak na tych kartach ich podpisu. W tym sensie technika była w każdej epoce stałym narzędziem dyscypliny i wychowania. ”*

Powyższe cytaty świadczą jednoznacznie o ogromnej roli techniki w naszym życiu codziennym. Wydawać by się więc mogło, że potrzeba edukacji ogólnotechnicznej nie budzi wątpliwości. Dlaczego, wobec tego, technika jest niedoceniana w kształceniu ogólnym?

## *Dlaczego technika nie jest doceniana w kształceniu ogólnym?*

Roła techniki w kształceniu ogólnym jest niedoceniana. Przykładem może być „Koncepcja programu kształcenia ogólnego w polskich szkołach”, opracowana przez MEN w 1991 r. [Koncepcja 1991]. Jako jeden z ważnych celów kształcenia, wymienia ona umiejętności współistnienia ze środowiskiem naturalnym naszej planety (roz.IV, str.4). Nie wspomina zaś zupełnie o tym, że istniejemy w świecie, który staje się coraz bardziej techniczny, a więc sztuczny. Tę sztuczną część naszego świata coraz więcej osób przyjmuje jako coś naturalnego i podchodzi do niej bezmyślnie lub emocjonalnie. Najbardziej widocznym tego przejawem jest powszechne „obwinianie” techniki, a nie jej użytkowników, za zanieczyszczanie środowiska.

U źródeł niedoceniania roli techniki leży przede wszystkim tradycyjne pojmowanie wiedzy uniwersalnej i budowanego na niej kształcenia ogólnego. Tę tradycyjną wiedzę i konieczność jej zmiany bardzo trafnie ujmuje francuski socjolog i historyk G. Neave [1996, s. 40]:

*„Przez około 400 lat, od okresu Renesansu, podstawa, na której spoczywała idea wiedzy uniwersalnej miała charakter filozoficzny; opierała się na studiowaniu ogólnych warunków życia człowieka, na tradycji uświęconej przez języki klasyczne, na historycznych studiach społeczeństw, analizowaniu wierzeń, stawianiu pytań egzystencjalnych, a w końcu na studiach nad utrzymaniem spójności społecznej, sztuką władców i rządów. Wiedza miała charakter uniwersalny, wywodząc się z humanizmu. Idąc za Arystotelesem, można powiedzieć, że człowiek był odpowiednim przedmiotem studiów człowieka.*

*Odkąd koncepcja humanistyczna ustąpiła miejsca produkcji i wymianie jako procesowi, który reguluje życie i szczęście konsumentów, sama humanistyka nie reprezentuje już uniwersalizmu. Została ona raczej potraktowana jako lokalne zjawisko narodowej lub lokalnej swoistości, ucieleśnionej w ramach literatury, zachowań społecznych i przeszłych osiągnięć danego rejonu. Umiejętności, których dostarcza humanistyka, nie mają charakteru operacyjnego i z tego powodu nie nadają się do zastosowania bez dalszego konkretnego treningu. Co więcej, ludzie posiadający tę wiedzę są głównie związani z krajowym, a nie z globalnym rynkiem pracy. Krótko mówiąc, technika jest uniwersalna, wartości mają charakter lokalny. ”*

Tradycyjne wyobrażenia o kształceniu ogólnym nadal bronią się przed tym, aby „kulturę” wzniosłych wartości nauczania nie przyćmić „cywilizacją” przyziemnych potrzeb technicznych. Wyrazem tego może być fałszywie stawiana alternatywa: technika czy etyka.

Co należy więc zrobić, aby upowszechnić świadome, racjonalne podejście do techniki? Dlaczego i jaka technika powinna być przedmiotem kształcenia ogólnego? Poniżej spróbujemy odpowiedzieć na tak postawione pytania.

### *Dlaczego technika powinna być przedmiotem kształcenia ogólnego?*

Odpowiedź na tak postawione pytanie można ująć w następujących punktach:

- Ogromny wpływ techniki na rozwój jednostki i społeczności jest faktem niezaprzeczalnym. Wpływ ten jest tak duży, że staje się oczywisty, nieświadomy. Jest on zwykle niezauważalny, bo jest pośredni. Przypomina to sytuację, kiedy szukamy czegoś po najróżniejszych zakamarkach a to (czytaj technika) leży na samym wierzchu. Dlatego rola kształcenia ogólnotechnicznego wydaje się być nie do przecenienia. Oczywiście kształcenia dotyczącego bardziej tego, co nazywa się kulturą techniczną niż techniką. Kształcenie ogólnotechniczne nie jest bowiem kształceniem zawodowym. Pomaga ono uczniowi wytworzyć obraz możliwości technicznych, jakie oferuje mu cywilizacja; pomaga zrozumieć dlaczego te a nie inne kierunki rozwoju techniki należy popierać; jakie skutki dla jednostki i społeczeństwa mogą mieć nowości techniczne.
- Doskonalenie techniki jest sprawą nie tylko jej twórców-profesjonalistów. Urządzenia techniczne tworzą bowiem nieliczni, użytkują zaś wszyscy. To także oświecanie i przysposabianie użytkowników techniki w to, co moglibyśmy nazwać użytkową wiedzą o technice lub kulturą techniczną. Zaczynać się to powinno w szkole podstawowej i mieć stałe miejsce w szkole średniej ogólnokształcącej.
- Technika integruje różne dziedziny wiedzy. Łączy w sobie pierwiastki matematyczne, przyrodnicze, ekonomiczne, społeczne. Jej cele i oddziaływania mają charakter społeczny, ekonomiczny, polityczny, a nawet duchowy. Wszystko to powinno być brane pod uwagę nie tylko podczas tworzenia systemów technicznych, ale także - a może przede wszystkim - podczas ich użytkowania. A to ostatnie dotyczy nas wszystkich. Czy istnieje bardziej ogólny przedmiot niż właśnie technika, integrujący w sobie pierwiastki matematyczne, przyrodnicze, społeczne, ekonomiczne i humanistyczne? Czy istnieje inny przedmiot, który ze swej natury oferuje większy konglomerat wiedzy i umiejętności, niezbędnych do nabywania potrzebnych dziś kwalifikacji i kompetencji zawodowych?
- Technika ma ogromny potencjał dydaktyczny. Stanowić może źródło wielu inspiracji dydaktycznych. Powszechnie spotykane, najważniejsze czynności techniczne, projektowanie i konstruowanie, są nie tylko doskona-

łym, nieświadomym procesem uczenia się, lecz także i grą, i zabawą. Nie należy o tym zapominać. Dydaktyczny potencjał gier i zabaw jest ogromny, lecz nie wykorzystywany, zwłaszcza w kształceniu młodzieży i dorosłych. Do matematyki, fizyki i innych nauk przyrodniczych jest bliżej przez technikę niż odwrotnie – od tych nauk do techniki. I wcale nie chodzi tu o absolutyzowanie techniki przy jednoczesnym niedocenianiu matematyki i nauk przyrodniczych. W życiu codziennym technika „absolutyzuje” się sama. Wiadomo przecież, że przeciętnemu uczniowi fizyka jawi się bardzo często abstraktem, czymś trudnym i nieznanym, technika zaś konkretem, czymś znanym, łatwiejszym, codziennym. Wiadomo też, że jedną z podstawowych reguł nauczania-uczenia się jest postępowanie od konkretnego do abstraktu, od łatwego do trudnego, od znanego do nieznanego. Może więc należałoby uczyć matematyki i fizyki przez technikę, a nie odwrotnie, jak to ma miejsce obecnie. Nauczanie matematyki i fizyki mogłyby na tym tylko zyskać.

- Technika jest bezpośrednio powiązana z podstawowymi czynnościami życiowymi człowieka. Tym się właśnie wyróżnia jako przedmiot nauczania w szkole ogólnokształcącej. Inne przedmioty są powiązane pośrednio. Nie stało się jeszcze oczywistym w naszych szkołach ogólnokształcących, że ranga przedmiotu techniki jest taka sama jak np. matematyki czy fizyki. Próby wprowadzenia pewnych elementów wykształcenia technicznego w postaci majsterkowania na przedmiocie „praca-technika”, ukierunkowane na zastosowanie nauczanie fizyki czy, tak modne ostatnio, zastępowanie techniki informatyką, są półśrodkami. Umiejętności majsterkowania, znajomość podstaw fizyki stosowanej czy obsługi komputera nie wystarczą bowiem dla oświecenia technicznego (kultury technicznej). Obserwowane zafascynowanie informatyką, prowadzące często do wniosku, żeby technikę zastąpić informatyką, jest ogromną redukcją tej pierwszej. Technika przetwarzania informacji jest bowiem tylko częścią techniki. A gdzie przetwarzanie materiału i energii? Przecież sygnały, jako nośniki informacji, zawsze pojawiają się w postaci zmiany materiału lub energii.
- Rośnie przepaść między wykształceniem naukowo-technicznym a moralno-etycznym. Jest często wynikiem nieświadomości, że nauka i technika ma charakter wybitnie uniwersalny, a etyka raczej lokalny. Nie oznacza to automatycznie, że należy nauczać więcej etyki. Raczej powinno się ukazywać etyczne aspekty nauki i techniki, szczególnie techniki, ponieważ jest ona mniej neutralna etycznie niż nauka. Prawa matematyki, fizyki czy biologii same w sobie są neutralne, dopiero użycie ich przez technikę może stwarzać problemy natury moralnej.

## *Jaka technika powinna być przedmiotem kształcenia ogólnego?*

Wykształcony człowiek powinien umieć wytworzyć sobie obraz możliwości technicznych, jakie oferuje nam cywilizacja; nauczyć się rozumieć dlaczego i w jaki sposób należy popierać te a nie inne kierunki rozwoju techniki; jakie skutki dla jednostki i społeczeństwa mogą mieć nowości techniczne. Chodzi tu o *wiedzę orientacyjną, zdolność wydawania sądów i dyskusowania* o podstawowych zasadach budowania, działania i stosowania systemów technicznych. Chodzi o wiedzę o społecznych współzależnościach ich powstawania, stosowania i - co staje się coraz bardziej ważne - likwidowania; wiedzę o tym, że rozwój techniki to dalsze utechniczanie (inżynierowanie) systemów socjobiologicznych [Walentynowicz 1984], Jednym słowem o świadomość, że istota techniki leży poza techniką [Heidegger 1954]. Wiedzę tego rodzaju można nazywać *kulturą techniczną, oświeceniem technologicznym* [Ropohl 1985] lub, bardziej naukowo, *metatechniką*, ponieważ obejmuje także aspekty pozatechniczne.

Takie ogólne kształcenie techniczne ważne jest przede wszystkim dla tych, którzy nie będą pracować w zawodach technicznych. Powinno ono jednak także znaleźć miejsce w kształceniu technicznym zawodowym, ponieważ ogólna wiedza techniczna jest czymś innym niż streszczeniem wiedzy poszczególnych dyscyplin technicznych.

Wynikające z powyższych celów treści przedmiotu ogólnotechnicznego nie mają do tej pory odpowiednika w żadnej ze szczegółowych nauk technicznych. Technika ogólna, zwana także technologią ogólną, znajduje się w dopiero powijkach. Jest to dyscyplina podstawowa, która nie tylko w sposób podsumowujący usiłuje traktować wszystko to, co jest wspólne poszczególnym działom techniki, ale także wyraźnie przedstawia systemowe powiązania między techniką, środowiskiem i społeczeństwem. Jeżeli popatrzeć na poszczególne nauki techniczne, to widać, że stanowią one niezbyt przejrzysty zbiór technologii szczegółowych, którym niestety brakuje systematycznego uogólnienia - technologii ogólnej, rozumianej jako ogólna nauka o technice. Stąd biorą się trudności określenia treści przedmiotu ogólnotechnicznego.

Wiadomo jednak, że nie powinny to być tylko treści politechniczne (specjalistyczna wiedza z różnych technik), ale także metatechniczne (ogólna wiedza o technice). Obok aspektu praktyczno-pragmatycznego, przedmiot ogólnotechniczny powinien uwzględniać *społeczny, ekonomiczny, ekologiczny i etyczno-moralny* aspekt techniki. Chodzi więc o połączenie ogólnej filozofii techniki ze szczegółową wiedzą o konkretnych obiektach technicznych; o powiązanie działaniowego aspektu techniki z jej aspektem rzeczowym. Taki sposób proponuje np. Ropohl [1979], gdy za pomocą dwóch centralnych pojęć - systemu działaniowego i systemu rzeczowego - próbuje połączyć ele-

menty nauk humanistycznych i społecznych z elementami nauk przyrodniczych i technicznych w jeden system socjotechniczny.

### ***Cele tej książki***

Ogólnym celem tej monografii jest wprowadzenie czytelnika w istotę, cele i treści edukacji technicznej o charakterze *metatechnicznym*. Dotychczasowa edukacja techniczna ma bowiem charakter wybitnie politechniczny: instrumentalny, bezpośredni i specjalistyczny. Zbyt mało jest w niej elementów ogólnotechnicznych i pozatechnicznych, ułatwiających zrozumienie istoty techniki i jej skutków pośrednich, szczególnie kulturowych, które są zbyt często niedoceniane. Harmonijne połączenie elementów wiedzy politechnicznej, ogólnotechnicznej i pozatechnicznej jest właśnie jednym z podstawowych celów edukacji metatechnicznej.

Pierwszy z celów szczegółowych ma charakter *multidyscyplinary*. Chodzi o wyodrębnienie i przedstawienie - z różnych perspektyw dyscyplinarnych (nauk matematyczno-przyrodniczych, nauk technicznych, filozofii techniki, techniki systemowej, dydaktyki) - podstawowej wiedzy, która mogłaby być jądrem naukowej wiedzy ogólnotechnicznej, czyli metatechniki. W ten sposób chcemy uzupełnić dotychczasowy warsztatowy język poszczególnych dyscyplin technicznych przez ogólny język naukowy, który powinien służyć nie tylko bardziej precyzyjnemu opisowi problemów technicznych, ale także porozumiewaniu w różnych obszarach wiedzy.

Drugi z celów szczegółowych ma charakter *metodologiczny*. Polega on na opracowaniu ogólnych modeli opisowych techniki, które mogłyby służyć zarówno nauczaniu, jak i badaniom naukowym. Wiadomo bowiem, że problemy szczegółowe, ze względu na swe znaczenie, mogą być właściwie definiowane, przedstawiane, wykładane, analizowane i rozwiązywane dopiero wtedy, gdy został opracowany obszerny szkielet porządkujący, w który dadzą się one wpasować. Poza tym w nauczaniu i badaniach naukowych ważne jest nie tylko samo rozwiązywanie problemów, ale także identyfikowanie problemów istotnych. Dlatego naukowy cel tej książki polega nie na analizowaniu poszczególnych istniejących koncepcji nauczania techniki, ale raczej na próbie stworzenia pewnego *schematu heurystycznego*, który służyłby zarówno analizowaniu istniejących, jak i poszukiwaniu i synteze możliwych koncepcji edukacji technicznej.

Trzeci z celów szczegółowych ma charakter *interdyscyplinary*. Chodzi o pokazanie, że nauki techniczne i pedagogiczne są bliższe sobie niż się powszechnie uważa. Chcemy wykazać, że dydaktyczna rola techniki jest olbrzymia. Oprócz obiektów (przedmiotów) techniki, dydaktyce mogą bowiem

z powodzeniem służyć także metody i procedury opracowane w ramach nauk technicznych.

## *Struktura książki*

Monografia ta składa się z 19 rozdziałów o zróżnicowanej objętości. W rozdziale pierwszym, wprowadzającym, określiliśmy nasz problem w trzech aspektach. Zaczęliśmy od przyczyn niedoceniań roli techniki w kształceniu ogólnym, następnie przedstawiliśmy najważniejsze argumenty, przemawiające za szerszym jej wprowadzeniem do kształcenia ogólnego, a na koniec naszkicowaliśmy najważniejsze cele i treści edukacji technicznej o charakterze metatechnicznym.

Pozostałe rozdziały książki można podzielić na cztery części. Część pierwszą tworzą rozdziały od 2. do 6. Spróbujemy w nich ująć podstawy edukacji metatechnicznej. Zaczniemy od zdefiniowania pojęcia metatechniki. Następnie przedstawimy najważniejsze pozatechniczne aspekty techniki, jej związki z filozofią i etyką, jej wymiar kulturowy, społeczny i ekonomiczny. Zrobimy to w rozdziale drugim.

W rozdziale trzecim przedstawimy główne założenia edukacji metatechnicznej. Zaczniemy od celów nowoczesnej edukacji i roli, jaką powinna w niej zajmować edukacja metatechniczna. Przybliżymy podstawowe pojęcie w określaniu celów nowoczesnej edukacji - pojęcie zdolności (capability) oraz związane z tym edukację dla różnych zdolności. Scharakteryzujemy istotę edukacji metatechnicznej w porównaniu do politechnicznej oraz podstawowy warunek wprowadzenia tej pierwszej, jakim jest zmiana punktu patrzenia na technikę: z dotychczas powszechnie panującego paradygmatu scjencyficznego na technologiczny (metatechniczny).

Rozdział czwarty charakteryzuje rodzaje wiedzy technicznej i wiedzy o technice. Czyni to z różnych punktów widzenia, wyróżniając audiowizualno-fenomenologiczne, praktyczno-pragmatyczne, metodyczno-analityczne, naukowe (inżyniersko-przyrodnicze), socjokonomiczne i etyczne-moralne składniki tej wiedzy. Wprowadza pojęcia wiedzy obiektowej (deklaratywnej) i metodycznej (proceduralnej).

Rozdział piąty wprowadza czytelnika w istotę techniki. Czyni to za pomocą modelu myślowego, który ujmuje technikę jako triadę operand-operator-operacja. Model ten ułatwia analizowanie i rozumienie dowolnych systemów technicznych z różnych istotnych punktów widzenia, zarówno technicznych jak i pozatechnicznych.

Podczas charakteryzowania wiedzy technicznej mamy zawsze do czynienia z pojęciami nauki, techniki, technologii, nauk technicznych, przyrodniczych; z ich wzajemnym powiązaniem i nie zawsze jednakowym rozumieniem. Poję-

cia te zmieniają się w czasie, nabierają nowych treści i obejmują nowe zakresy. Ewolucji tej nie zatrzyma się przez żadne definiowanie. Jeżeli więc nie można oczekiwać ostatecznych definicji tych pojęć, to przynajmniej próbujemy w miarę jednoznacznie rozumieć ich istotę. I to jest właśnie treścią rozdziału szóstego.

Część druga obejmuje rozdziały od 7. do 11. Przedstawia ona techniczne źródła inspiracji edukacyjnych. Wprowadza nas do tej części rozdział siódmy, wskazujący na ogromną bliskość nauk technicznych i pedagogicznych z punktu widzenia celu, metody badawczej, kryteriów podejmowania badań, oraz powiązania z potrzebami życia praktycznego.

Rozdział ósmy przedstawia najważniejsze inspiracje dydaktyczne, jakie można znaleźć w naukach technicznych, szczególnie w automatyce, robotyce, nauce konstruowania i inżynierii produkcji. I tak, projektowanie zostanie przedstawione jako metoda nauczania; konstruowanie jako proces uczenia się, jako samodzielne studiowanie, jako rozwiązywanie problemów, oraz jako gra i zabawa; uczenie się jako najwyższa forma regulacji.

Trzy z tych inspiracji wydają się tak ważne, że poświęcamy im oddzielne rozdziały. W rozdziale dziewiątym zajmiemy się inspiracją wywodzącą się z robotyki. Komputacjonalizm - jeden z najpowszechniejszych paradygmatów dzisiejszej nauki - zostanie zastosowany do pokazania alternatywy: dydaktyka komputacjonalistyczna czy konstruktywiczna? W rozdziale dziesiątym - inspirowanym przez nowoczesną inżynierię produkcji - elastyczne systemy produkcyjne i pojęcie fabryki fraktałnej posłużą do analizy podobieństwa między industrializacją a scholaryzacją społeczeństw oraz do odpowiedzi na pytanie czy metody pedagogiczne zmieniły świat w takim samym stopniu jak metody techniki. W rozdziale jedenastym - inspirowanym przez naukę konstruowania - pokażemy, że tworzenie procesu nauczania można traktować jako czynność konstrukcyjną i proces przetwarzania informacji, porządkowany i koncentrowany na cele, treści, metody, środki i wyniki nauczania. Ustalanie tych cech i zdobywanie potrzebnych informacji mogą przebiegać podobnie jak podczas melodycznego rozwiązywania problemów konstrukcyjnych w technice.

Część trzecia obejmuje rozdziały od 12. do 17. Próbuje ona sprecyzować cele i treści edukacji metatechnicznej na przykładzie techniki maszyn. Wychodząc od najprostszych narzędzi pokazuje, w jaki sposób można rozwinąć pewne ogólne punkty widzenia, które umożliwiają przegląd i panowanie nad różnorodnością dzisiejszych maszyn i urządzeń technicznych. W części tej prezentujemy wiedzę, która pomaga łatwo zrozumieć istotę dowolnego obiektu technicznego. I tak, rozdział 12. wprowadza nas w metatechniczny i dydaktyczny sposób przedstawiania techniki maszyn. Trzy kolejne rozdziały przedstawiają cele i treści edukacyjne trzech podstawowych grup maszyn: maszyn do przetwarzania materiałów (roz. 13), przetwarzania energii (roz. 14)



i przetwarzania informacji (roz. 15). Wnioski z tego przedstawienia są treścią rozdziału 16. Rozdział 17. próbuje dać odpowiedź na pytanie: co to są zadania techniczne i na czym polega ich rozwiązywanie?

Część czwarta, obejmująca tylko jeden rozdział (18), poświęcona jest kompetencjom zawodowym nauczyciela techniki jako przedmiotu kształcenia ogólnego. Na tle istniejącego kierunku „wychowanie techniczne” rozważane są racjonalne sposoby kształcenia nauczyciela techniki propagującego edukację metatechniczną.

W ten sposób osiągniemy w miarę pełny obraz naszych rozważań, które podsumujemy w rozdziale ostatnim (19). Zrobimy wtedy rachunek, jak dalece udało się nam przyczynić do rozwoju wiedzy metatechnicznej i pedagogicznej oraz do odkrycia nowych problemów, obszarów i zadań badawczych, które bez multi- i interdyscyplinarnego podejścia nie stałyby się widoczne.

## Rozdział 2.

### Metatechnika - ogólna nauka o technice

*„Ponieważ istotą techniki nie jest nic technicznego, ...”*

M. Heidegger<sup>1</sup>

Łatwiej uprawiać technikę niż rozumieć jej sens pozatechniczny. Powstawaniu maszyn i innych wytworów techniki zawsze towarzyszyły i towarzyszyć będą problemy nie tylko natury czysto technicznej, ale także np. filozoficznej, metodologicznej czy etycznej. Pytania o istotę techniki, jej funkcje, stosunek do człowieka i społeczeństwa, stosunek człowieka do techniki, istotę procesu konstruowania, użytkowania i likwidowania wytworów techniki, czy specyfikę wiedzy technicznej, dotyczą nie tylko specjalistów o konstruowania, wytwarzania i użytkowania maszyn, ale także nas wszystkich, ponieważ wszyscy dziś jesteśmy użytkownikami maszyn i urządzeń technicznych. Pytania te biorą się z refleksji, których źródłem jest technika. Refleksje takie można nazwać metachnicznymi. Ich podstawowym sensem powinna być wszechstronnie rozumiana jakość życia ludzi i ich los [Walentynowicz 1984].

W rozdziale tym spróbujemy ukazać najważniejsze pozatechniczne problemy techniki. Posłużymy się przy tym pojęciem metatechniki, które najpierw zdefiniujemy i sprecyzujemy. Następnie spróbujemy przedstawić najważniejsze pozatechniczne aspekty techniki: jej związki z filozofią i etyką, jej wymiar kulturowy, społeczny i ekonomiczny.

#### *Dlaczego metatechnika?*

Całość techniki i nauk technicznych jest coraz trudniej ogarnąć. Najczęściej widzimy poszczególne maszyny, budowle, procesy i dyscypliny techniczne. Brakuje systematycznego uogólnienia w postaci techniki ogólnej, w której podsumowane byłoby to, co jest wspólne wszystkim dyscyplinom technicznym, a ponadto przedstawione zostałyby wyraźnie współzależności systemowe między techniką, środowiskiem i społeczeństwem. Coraz bardziej oczywi-

---

<sup>1</sup> Heidegger M.: Die Frage nach der Technik, in: Heidegger M., *Vorträge und Aufsätze*, Pfullingen 1954, s. 39.

ste staje się bowiem cytowane na początku stwierdzenie Heideggera, że istota techniki nic jest niczym technicznym, że leży' poza techniką. Dlatego potrzebny pewien rodzaj *metajęzyka* czy *metateorii techniki*, swego rodzaju techniki techniki, która mogłaby służyć jako *metatechnika* - ogólna nauka o technice.

Technika zmienia się. Jeszcze do niedawna centralnym pojęciem techniki było pojęcie *narzędzia*. Od niedawna takim pojęciem staje się pojęcie *systemu*. Rozpowszechniło się ono nie tylko w technice, ale i w innych naukach, generując nowy sposób myślenia: myślenie systemowe. W myśleniu systemowym ważne jest nie tylko samo narzędzie (system), jego element)' (podsystemy) i ich własności, ale także narzędzie jako element (podsystem) systemu o wyższej hierarchii, oraz, a raczej przede wszystkim, wzajemne powiązania (relacje) między tymi systemami. System to układ elementów powiązanych przez funkcję, własności, relacje i hierarchie.

### *Co znaczy „metatechnika”?*

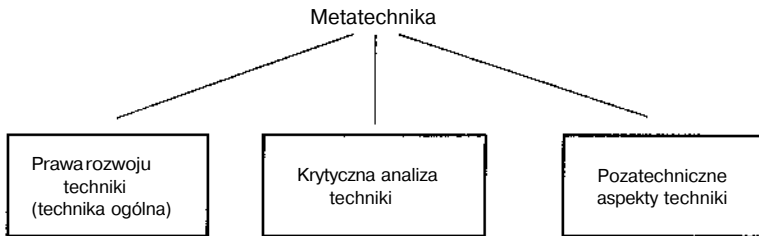
Przedrostek „meta-” to zwykle pierwszy człon wyrazów złożonych, Wskazuje on zwykle na następstwo lub zmienność czegoś; na wykraczanie poza coś i na nadrzędność nad czymś. Może oznaczać naukę czy dyscyplinę wyższego stopnia, metodologię, teorię, system określonej nauki (dedukcyjnej) [Kopaliński 19701/

Najbardziej znanym słowem z tym przedrostkiem jest „metafizyka”, jedno z podstawowych pojęć filozofii.. Dzieje pojęcia metatechniki można przyrównać do dziejów pojęcia metafizyki. Uczniowie Arystotelesa nazwali metafizyką to, co napisał on po fizyce (przyrodzie). Najpierw była więc fizyka, a po niej dopiero pierwsza filozofia (metafizyka). Podobnie można powiedzieć o technice i metatechnice. Najpierw była technika, a dopiero znacznie później pojawiła się refleksja o technice, czyli to, co możemy już nazywać metatechnika.

Słowo „metatechnika” może być używane w różnych znaczeniach (rys. 2.1). Generalnie można mu nadać znaczenie ogólnej teorii (albo filozofii) techniki, ze szczególnym wyobrażeniem trzech aspektów: (1) praw rozwoju techniki (techniki ogólnej czy techniki techniki), (2) krytycznej analizy techniki, oraz (3) pozatechnicznych aspektów techniki i ich roli w świecie technicznym (rys. 2.1) [Gawrysiak 1995a].

Powstanie pojęcia metatechniki można wiązać z ogromnymi zmianami, jakie obserwujemy w naukach technicznych. Technika przestaje być ograniczana do czystej analizy i syntezy' produktów technicznych. Coraz ważniejszy staje się ekonomiczny, środowiskowy, społeczny i humanistyczny kontekst tworzenia, użytkowania i eliminowania produktów technicznych. W centrum zainteresowań techniki stają metody planowania, konstruowania i oceniania.

Nowe podejścia, takie jak inżynieria systemów, metodologia konstruowania, analiza wartości, menedżment, strategiczne planowanie zakładów i wartościowanie techniki, wyszły na wspólny plan, który wskazuje na nowe rozumienie techniki. To powoduje rozszerzenie zakresu techniki o podejście systemowe z uwzględnieniem aspektów czasu, kwalifikacji, metod i wartości. Według Ropohla [1991] wszystko to razem prowadzi do nowej podstawowej dyscypliny w naukach technicznych, którą proponuje on nazwać techniką ogólną albo metatechniką.



Rys.2.1. Podstawowe znaczenia słowa „metatechnika”

Spotyka się także inne rozumienie słowa „metatechnika”. Stonier [1987] przez metatechnikę rozumie technikę, która dotyczy ogromnego obszaru istniejącej techniki (meta-technology is a technology which affects a large sector of existing technology). Jako klasyczny przykład podaje silnik parowy, którego pierwotnym przeznaczeniem było pompowanie wody z kopalń. Stał się on podstawą szerokiej klasy maszyn energetycznych, mogących współpracować z większością istniejących urządzeń mechanicznych. Podobnie komputer, pierwotnie przeznaczony do wykonywania obliczeń matematycznych, może współpracować ze wszystkimi rodzajami maszyn energetycznych i technologicznych, tworząc maszyny „inteligentne”, które są w stanie „uczyć się” operacji wykonywanych obecnie przez człowieka-operatora.

### *Filozofia technika*

Filozofia niewiele miejsca poświęca technice. Wynika to prawdopodobnie z niskiego intelektualnego prestiżu techników u przedstawicieli nauk humanistycznych. U tych ostatnich dominuje bowiem, jak twierdzi Birnbacher [1995, s. 647],

*„... obraz inżyniera bliski obrazowi ograniczonego majsterkowicza, którego „instrumentalny rozum” pyta zawsze tylko o środki, a nie o cele, i którego bezkrytyczny entuzjazm wręcz sam się doprasza, aby go nadużyć w celach przestępczych”. Należy jednak zauważyć, że to nie cele, lecz środki dopro-*

wadziły do zmiany społeczeństwa i środowiska, które w istocie stało się wytworzonym technicznie „sztucznym” światem.”

Z drugiej strony od dawna panuje przekonanie, że technicy powinni poszerzać przede wszystkim humanistyczny horyzont swego zawodu. Chodzi tu przede wszystkim o wniesienie treści humanistycznych do aktualnych problemów technicznych oraz o analizowanie problemów technicznych metodami humanistycznymi [Bańka 1981].

Inżyniera, który konstruuje maszynę, interesuje przede wszystkim jej zamierzone działanie (funkcja) i służąca temu działaniu struktura techniczna. Filozofa interesuje przede wszystkim sama istota maszyny i jej pozatechniczna rola. Chce on znaleźć integralne uzasadnienie wszystkich zjawisk nietechnicznych, związanych z maszyną.

Filozofia techniki powstała także z dążenia inżynierów, aby siebie i przedmiot swojej działalności poddać refleksji, tak jak ma to miejsce z innymi rodzajami działalności człowieka. Aby dojść w ten sposób do „samozrozumienia” i odnaleźć zaufanie do siebie i swojej pracy. Dla twórcy techniki filozofia jest spełnieniem funkcji emancypacyjnej. Filozofia uzmysławia mu jego miejsce w systemie socjo-ekonomiczno-politycznym, pokazuje przestrzeń wolności, działania i odpowiedzialności inżyniera w tym systemie. Inżynier przez swoją pracę wzbogaca ludzkie poznanie. Za filozoficznymi wywodami inżyniera, nawet gdy są one idealistyczne, kryją się zwykle problemy rzeczowe i, bardzo często, postawa humanistyczna. Jest to bardzo cenne dla dalszej owocnej pracy w tym obszarze.

Zarówno filozof, jak i inżynier chcą więc wiedzieć:

- Na czym polega istota techniki, jej funkcja społeczna i istota nauk technicznych?

- Jakie są wzajemne oddziaływania między maszyną, techniką, człowiekiem i społeczeństwem?

- W czym leży istota konstruowania, wytwarzania, użytkowania i likwidowania wytworów techniki?

Filozofii techniki przypisuje się dwie funkcje: apologetyczną i „oczywistą”. Dla funkcji apologetycznej charakterystyczny jest optymizm (technofilia) i pesymizm (technofobia). Stąd biorą się dwa główne kierunki filozofii techniki:

- akceptujący w pełni technikę, racjonalizujący i idealizujący ją jako jedyny czynnik rozwoju społecznego - technika jako *błogosławieństwo*; oraz

- odrzucający, demonizujący i irracjonalizujący ją jako wroga ludzkości - technika jako *przekleństwo*.

Funkcja „oczywista” wynika z faktu, że praca technika, inżyniera i naukowca w obszarze techniki przynosi nowe problemy teoretyczno-poznawcze,

światopoglądowe, metodologiczne, historyczne i etyczne, których rozwiązania nie są tak oczywiste jak rozwiązania techniczne.

Dzisiejszy rozwój techniki, głównie z powodu swej globalności, coraz bardziej ujednolica i monopolizuje ludzkie zachowania i style życia. Ale nie należy tego oceniać tylko negatywnie, ponieważ [Birnbacher 1995, s. 662]:

*„Ta sama racjonalność techniczna, która wiele przedracjonalnych i przednaukowych obrazów świata degraduje i czyni folklorem, niesie także dozą oświecenia (podkr. autora). Narzucany przez empiryczną techniką przymus myślenia poddawanego empirycznej kontroli, konkretnego i intersubiektywnie powtarzanego, może przyczynić się do pojawienia się pytań o racjonalne uprawianie systemów wiary i struktur społeczno-politycznych oraz do prób zastąpienia autokratycznych postaw posłuszeństwa i poddaństwa przez demokratyczne zasady krytyki i kontroli. ”*

### Etyka a technika

Cofnijmy się o ponad dwa wieki. W roku 1760, jeden z największych umysłów matematycznych i przyrodniczych epoki nowożytnej - Leonard Euler - w osiemdziesiątym szóstym liście do pewnej niemieckiej księżniczki, którą od dłuższego czasu nauczał o „różnych rzeczach z fizyki i filozofii”, pisał tak:

*„Niech Wasza Wysokość wyobrazi sobie marionetkę, która za pomocą kółek i sprężyn napędowych jest sztucznie tak urządzona, że zbliża się do moje kieszeni i wyciąga mi zegarek tak, że tego nie zauważam. Ponieważ działanie to jest koniecznym następstwem zbudowania maszyny, nie może być traktowane jako kradzież, a ja uczyniłbym siebie śmiesznym, gdybym się na to oburzył i twierdził, że maszyna powinna być oddana- katu. Cały świat powiedziałby, że marionetka jest niewinna lub raczej, że nie jest ona wcale zdolna do żadnego karalnego działania, a maszynie byłoby to obojętne czy oddana zostanie katu, czy wyniesiona na tron. Jeżeli jednak twórca zrobił maszynę z zamysłem, że powinna ona ludzi okradać i jego przez te kradzieże wzbogacać, to wprawdzie podziwiałbym zręczność mistrza, ale miałbym jednak równocześnie także prawo oskarżyć go u zwierzchności jako złodzieja. Wynika stąd więc, że właśnie w tym wypadku przestępstwo wraca do istoty rozumnej, albo do umysłu, i że wyłącznie umysłem mogą być przypisane ich działania. ”*

Przykładem tym Euler chciał wytłumaczyć różnicę między motywami, według których działają umysły i przyczynami lub siłami, według których działają ciała. Różnica ta jest, jego zdaniem, podstawą wolności, ponieważ wolność jest właściwością wyłącznie umysłu i nie może być właściwością

ciała (maszyny). Czy po przeszło 200 latach słowa Eulera straciły coś ze swej aktualności.

Większość naukowców i inżynierów jest przekonana albo wychodzi z założenia, że ich działalność służy wyłącznie dobrem celom. Skutki tych działań, zarówno ekonomiczne jak społeczne, widzą oni pozytywnie. Paradigmat ten wykształcił się przez stulecia i dopiero w ostatnich dziesięcioleciach stało się jasne, że rozwojowi nauki i techniki mogą towarzyszyć ciężkie skutki negatywne i to nie tylko na wierzchołku góry lodowej - tam, gdzie konstruowane są bomby atomowe, rakiety i działa laserowe - ale także w innych obszarach, jak np. biotechnologia, inżynieria genetyczna czy sztuczna inteligencja. I chyba rację ma Dubos [1986, s. 200] gdy twierdzi, że

*„Większość groźnych aspektów cywilizacji technicznej nie wynika z jej złożoności, lecz stąd, że człowieka współczesnego bardziej interesują same maszyny i produkty przemysłowe niż ludzkie cele, którym te maszyny i produkty służą. ”*

### Konflikt etyki z techniką?

Według rozpowszechnionej i wyglądającej sensownie etyki technicznej technika i nauki techniczne służą pomyślności człowieka. Służą na tyle, na ile odciażają go od pracy fizycznej i intelektualnej oraz na ile służą jego komfortowi i praktycznie rozumianemu standardowi i jakości życia. Ale przecież historia uczy nas, że za pomocą techniki człowiek wyrządził człowiekowi ogromnie wiele zła. Inżynierowie używają nauk technicznych nie tylko do tworzenia, ale i do zniszczenia. A więc istnieje konflikt techniki z etyką. Kto właściwie stawia cele rozwoju techniki i nauk technicznych? A może techniki i nauk technicznych nie warto oceniać?

Technika staje się coraz bardziej wydajna, a jej oddziaływanie na społeczeństwo - coraz silniejsze. Mimo to obserwujemy coraz większą przepaść między rozwojem technicznym a rozwojem moralnym (humanistycznym) społeczeństwa (także poszczególnych techników i humanistów).

Czy można oczekiwać od inżyniera, aby oprócz postawionych mu zadań technicznych rozwiązywał problemy społeczne, które wiążą się z tymi zadaniami technicznymi? To przecież tak, jakby od socjologa żądać rozwiązywania problemów technicznych, które niesie jego praca.

Wydaje się, że od inżyniera często oczekuje się, aby sam rozwiązywał problemy społeczne i ludzkie powstałe podczas jego działalności technicznej. Zapomina się przy tym, że problemy techniczne mają także aspekty ludzkie, dla których rozwiązywania istnieją różne dyscypliny naukowe. Kto jednak, mimo wszystko, nadal oczekuje od inżynierów badania motywacji i poglądów,

a także rozstrzygnięcia o tym, co w owocach ich pracy jest dla ludzi dobre a co złe, ten nie powinien się zdziwić, gdy rezultaty takiej multidyscyplinarnej pracy będą nieprzyjemne i często wykluczające się. Oczywistym jest, że multidyscyplinarne rozważania naszych problemów technicznych, ekonomicznych i społecznych są dziś bardziej potrzebne niż kiedykolwiek wcześniej. Gdy jednak nie są one prowadzone w interdyscyplinarnej współpracy przedstawicieli różnych dyscyplin, lecz tylko wrywkowo przez inżynierów, to wtedy technika i nauki techniczne stają się tarczą strzelecką dla krytycznych i kłótliwych stanowisk przedstawicieli nauk nietechnicznych. Jest to trudno zrozumiałe przez atakowane środowiska inżynierskie. Skutkiem są rosnące trudności komunikacyjne między technikami i nie-technikami.

Dlatego należy dążyć do tego, aby wartości techniczne były w zgodzie z oczekiwaniami (wartościami) społecznymi. Jedną z dróg do tego prowadzących jest poprawa interdyscyplinarnej zdolności komunikowania się. Nie osiągnie się jednak tego ani za pomocą retoryki, ani za pomocą stosowania wspólnego języka terminów i metod jakiejś wybranej dyscypliny, lecz przez spełnienie podstawowego warunku współpracy: wewnętrznej gotowości do akceptowania tego, że wiele naszych zadań to zjawiska socjotechniczne i dlatego zadania te muszą być opracowywane przez przedstawicieli różnych dyscyplin. Ważne jest więc *nastawienie* inżyniera do zjawisk socjotechnicznych, a nie znajomość przez niego naukowej wiedzy socjologicznej. I odwrotnie - ważne jest nastawienie socjologa do tych zjawisk, a nie znajomość przez niego naukowej wiedzy technicznej. Nastawienie to mogłoby być przedmiotem szeroko rozumianej dydaktyki techniki czy pedagogiki inżynierskiej.

Etyka techniczna nie może polegać na lamentowaniu poniewczasie nad niekorzystnymi konsekwencjami, ale musi być integralnym składnikiem multidyscyplinarnego wartościowania proponowanych rozwiązań technicznych.

## Obraz techniki w społeczeństwie i trudności jego przedstawiania

Informacje techniczne nie są łatwe do powszechnego przekazywania, przyswajania i rozumienia. Przyczyną jest brak wzorców i istnienie barier psychologicznych, np. niemożliwe jest wygrać rzeczowymi argumentami przeciw uprzedzeniom emocjonalnym i ideologicznym.

Ropohl [1985] twierdzi, że potrzebna jest trzeźwa krytyka techniki w takim sensie jak krytyka literacka. Krytyka literacka nie odrzuca przecież z góry całej literatury, a tylko wyraża czy konkretny tekst jest udany czy nie. Taka krytyka wymaga rzeczowej publiczności. Z tego rodzaju krytyką techniki możemy lepiej ocenić, jakie rodzaje techniki chcemy rzeczywiście mieć, a jakie nie. Jest to rodzaj oświecenia technologicznego, które powinno być propagowane. Wielka rola przypada tu prasie.



Obecna krytyka techniki, zwłaszcza ta formułowana przez ruchy alternatywne i ekologiczne, przechodzi obok problemu, który Bammé [1984] formułuje w następujący sposób:

*„Maszyny, które zwalczamy, są częścią nas samych: część naszego myślenia, która - oddzielona od nas - samoczynnie przyjęła formę cielesną. Przez „maszynowość” w nas samych różnimy się od zwierząt. Zniszczenie maszyn nic tu by nie zmieniło. Krytykując bezosobową technikę krytykujemy w istocie ludzkie myślenie i zachowanie”.*

To, co jest postępowaniem, w zasadzie nie może być rozstrzygnięte na podstawie własnych zasad i reguł techniki. Nasza pozycja, także w aspekcie odpowiedzialności techniki, będzie całkowicie jasna dopiero wtedy, gdy do definicji pojęcia techniki włączymy pewne wymaganie; wymaganie, że z obfitości tego, co jest możliwe do zrobienia, nazwa „technika” zostanie zachowana dla tego, co jest użyteczne, co służy ludzkości.

### „Uczłowieczanie” maszyny i „umaszynawianie” człowieka

Czy roboty powinny dokładnie naśladować człowieka? Pierwsze koncepcje robotów były bardzo antropomorficzne, z wyglądu bardzo podobne do człowieka. Dziś roboty antropomorficzne spotyka się wyłącznie w filmach science fiction. Współczesne roboty przemysłowe zewnętrznie niczym nie przypominają człowieka, najwyżej manipulator robota przypomina rękę ludzką. Dziś produkcję automatyzuje się nie dlatego, żeby człowiekowi było lżej - ten etap mamy już za sobą - ale dlatego żeby była tańsza. Coraz więcej produktów i procesów wytwarzania projektowanych jest nie z punktu widzenia człowieka, ale z punktu widzenia zastosowanego robota, zachowującego się inaczej niż człowiek.

Robot jest czymś więcej niż klasyczną maszyną - pracuje on bowiem na styku maszyna-otoczenie. I w tym jest podobny do człowieka-operatora maszyny. Roboty, które „stoją” przy taśmie i wykonują monotonne, zawsze takie same, dokładne ruchy, chwyt i inne czynności, wydaje się, że pewnego dnia będą należeć do przeszłości. Chodzi przecież nie tylko o to, aby automat podnosił ciężkie przedmioty, manipulował nimi, przekładał z miejsca na miejsce, a raczej o to, aby był bardziej „inteligentny” i mógł się samoczynnie dopasowywać (nastawiać) do przydzielonego mu zadania. Obecne roboty przemysłowe nadają się do wykonywania tylko czynności prostych. Najbardziej wymagające i zarazem najbardziej skuteczne zastosowanie robotów to zadania montażowe, takie o których mówiło się, że je najtrudniej zautomatyzować.

Aby roboty w pełni znalazły takie zastosowanie, muszą być bardziej „inteligentne”, bardziej podobne do człowieka wewnątrznie.

Jeszcze do niedawna w technice panowało generalnie „umaszynawianie” człowieka. Powszechnym tego przejawem była i jest praca człowieka jako automatu (żywego) przy taśmie produkcyjnej. Dziś obserwujemy raczej „uczłowieczanie” maszyny. Tak bowiem możemy określić zastosowania sztucznej inteligencji, „myślące” komputery czy roboty naśladowujące funkcje człowieka, i to coraz bardziej mentalnymi.

Zmiany w podejściu do techniki najlepiej oddaje hasło wystawy światowej w Chicago z 1933 r. i refleksja nad tym, jak brzmiałoby ono dziś [Norman 1996, s. 25]. W 1933 r. brzmiało ono:

*„ Nauka wynajdzie, przemysł zastosuje, człowiek się adaptuje. ”*

Dziś prawdopodobnie brzmiałoby ono tak:

*„Człowiek zaproponuje, nauka przebadą, technika się dopasuje. ”*

„Umaszynawiać” człowieka czy „uczłowieczać” maszynę? Czy jest to racjonalna alternatywa? A może bardziej właściwa alternatywa powinna brzmieć: umaszynawiać dalej maszynę i uczłowieczać dalej człowieka?

## *Technika a kultura*

*„... gdy zarzucamy technice naszych czasów niszczyielski charakter, nie zapominajmy, iż sprawcą jest kultura, która ją inspiruje i tworzy. ”*

C. Paris<sup>1</sup>

Problem techniki i jej stosunku do kultury i historii pojawił się dopiero w XIX wieku. Tak twierdzi przynajmniej Spengler [1932]. Wcześniej zagadnienia techniczne traktowano jako niegodne uwagi z punktu widzenia kultury. Przełomem stała się rewolucja przemysłowa początku XIX wieku, spowodowana rozwojem techniki maszyn w Europie Zachodniej. Zaczęły powstawać miasta fabryczne, koleje i statki parowe. I tak pojawiły się pytania: Co znaczy technika? Jaką ma wartość w życiu ludzi, jakie znaczenie moralne czy metafizyczne? Odpowiedzi było dużo. Spengler [1932, s. 2-3] sprowadza je do dwóch stanowisk.

Z jednej strony stali idealisci i ideolodzy, spadkobiercy humanistycznego klasycyzmu. Dla nich rzeczy techniczne i problemy gospodarcze znajdowały się poza „prawdziwą” kulturą i stały od niej niżej. Po drugiej stronie stał ma-

<sup>1</sup> Paris C: *Gwałt na kulturze*. Warszawa, Książka i Wiedza 1983, s. 153

terializm, szczególnie pochodzenia angielskiego. Ideałem było wyłącznie to, co przynosi korzyści. To, co było korzystne dla „ludzkości”, należało do kultury, było kulturą. Pozostałe było luksusem, wierzeniem lub barbarzyństwem.

O istocie techniki Spengler [1932, s. 6-8] pisze tak:

*„Aby zrozumieć istotą techniki, nie należy wychodzić z techniki maszyn, a już najmniej ze zwodniczej myśli, że wytwarzanie maszyn i narzędzi jest celem techniki.*

*W rzeczywistości technika jest prastara. Nie jest ona także niczym szczególnym historycznie, ale czymś niesłychanie ogólnym. Sięga ona w historię daleko poza człowieka w życie zwierząt, i to wszystkich zwierząt. Do sposobu życia zwierzęcia, w odróżnieniu od rośliny, należy swobodna ruchliwość w przestrzeni, względna samowola i niezależność od całej pozostałej przyrody i przez to konieczność potwierdzania się przeciw niej samej, nadawanie swojemu bytowi jakiegoś rodzaju sensu, treści i przewagi. Tylko z duszy daje się wydobyć znaczenie tego, co techniczne.*

*Bo swobodne życie zwierząt jest walką i niczym innym, a taktyka życia, ich przewaga czy podległość w stosunku do „innych”, czy to będzie przyroda żywa czy nieożywiona, rozstrzyga o historii tego życia, o tym, czyjego losem jest cierpieć historią od innych czy samym być historią dla innych. Technika jest taktyką całego życia. Jest ona wewnętrzną formą postępowania w walce, która jest równoznaczna z życiem.*

*Jest jeszcze inny błąd, którego tu musimy unikać: Nie należy wychodzić z narzędzia, gdy chcemy zrozumieć technikę. Nie chodzi o wytwarzanie rzeczy, ale o postępowanie z nimi, nie o broń, ale o walkę.... Chodzi o nie o rzeczy, ale zawsze o czynność, która ma jakiś cel. To właśnie często przeoczono w dawnych badaniach naukowych, które zbyt wiele myślały o przedmiotach w muzeach, a zbyt mało o niezliczonych sposobach postępowania, które musiały istnieć, ale nie pozostawiły żadnego śladu. ”*

W szerszym, kulturowym i cywilizacyjnym kontekście, „rewolucje” techniczne - materiałową, energetyczną i informacyjną - można traktować jako kolejne fale przemian gatunku ludzkiego, tak jak widzi to A. Toffler [1986, s. 34-35]. Pisze on tak:

*„Gatunek ludzki przeżył dotychczas dwie wielkie fale przemian, z których każda ścierała niemal doszczętnie wcześniejsze kultury i cywilizacje, wprowadzając swoje obyczaje, niepojęte dla tych, co urodzili się wcześniej. Pierwszej fali przemian, czyli rewolucji agrarnej potrzeba było tysięcy lat do całkowitego wyczerpania. Druga fala - tworzenie się cywilizacji przemysłowej, trwała już tylko trzysta lat. Współczesne dzieje mają jeszcze większe*

*przyspieszenie, wydaje się więc, że trzecia fala wtargnie do historii i dokona swego dzieła w ciągu kilkudziesięciu lat.*

*Rozpad rodziny, zachwianie gospodarki, paraliż systemów politycznych, ruina uznanych wartości spowodują, że trzecią falę odczuje każdy. Kwestionuje ona stare stosunki władzy, przywileje i prawa zagrożonych dzisiaj elit i jest tłem, na którym w niedalekiej przyszłości będą rozgrywać się zmagania między potężnymi siłami.*

*W wyłaniającej się obecnie cywilizacji wiele rzeczy stanowi zaprzeczenie starej, tradycyjnej cywilizacji przemysłowej. Nowa cywilizacja ma bowiem charakter przede wszystkim technologiczny, będąc równocześnie antyprzemysłową.*

*Trzecia fala niesie z sobą prawdziwie nowy styl życia, oparty na zróżnicowaniach, odnawialnych źródłach energii; na nowych metodach produkcji, przy których większość przemysłowych linii montażowych będzie anachronizmem; na nowym modelu nienuklearnej rodziny. Ten styl życia jest również kształtowany przez nowoczesną instytucję, którą można by nazwać „wioską elektroniczną”, oraz przez radykalnie odmienioną szkołę i nową formę korporacji przyszłości. Wyłaniająca się cywilizacja tworzy nowy kodeks postępowania i przenosi nas daleko poza standaryzację, synchronizację i centralizację; poza koncentrację energii, pieniędzy i władzy.*

*Rzuciwszy wyzwanie staremu łaadowi, nowa cywilizacja obali biurokrację,<sup>1</sup> ograniczy znaczenia państwa narodowego i stworzy w świecie postimperialistycznym na wpół autonomiczne systemy gospodarcze. Do tego będą potrzebne nowe formy rządzenia - skromniejsze, bardziej efektywne, a przy tym bardziej demokratyczne niż jakiegokolwiek ze znanych nam obecnie. Cywilizacja ta tworzy własny, odmienny światopogląd; na swój sposób traktuje czas, przestrzeń, logikę i zasadę przy czynów ości.*

*Ale przede wszystkim, jak zobaczymy, cywilizacja trzeciej fali zaczyna zmniejszać przepaść między producentami i konsumentami, dając początek jutrzejszej gospodarce „prosumentów”. Z tego powodu, nie jedyne go zresztą, ma ona szansę - przy naszym inteligentnym udziale - stać się w historii prawdziwie humanitarną cywilizacją. ”*

## Technika jako element kultury

Każdy obszar życia człowieka jest dziś „obciążony” przez technikę. Przy tym technika jest rozumiana w swoich dwóch podstawowych znaczeniach: jako (1) zbiór materialnych wytworów człowieka i jako (2) racjonalny sposób wykonywania jakiejś czynności.

Często nie widzi się kulturowego wkładu inżyniera w rozwój społeczności. A przecież nasza cywilizacja bardziej zmieniała się pod wpływem techniki niż jakiegokolwiek ideologii. Ma rację Brooks [1983] kiedy twierdzi:

*„Tradycyjnie definiowano techniką w kategoriach jej materialnych wcieleń, jako nowe oryginalne przedmioty stworzone przez człowieka dla osiągnięcia pewnych celów. Jest to, moim zdaniem, pogląd zbyt ograniczony i coraz bardziej przestarzały. To wąskie pojęcie techniki jednakże może być jednym ze źródeł obecnego niepokoju wobec niej samej, jak i wobec stechniczowanego społeczeństwa.”*

I dalej:

*„Teza o niezależności techniki od kultury jest bez wątpienia tezą kontrowersyjną; ... Społeczne skutki techniki są ubocznym wynikiem życia wśród jej materialnych wytworów, nie są natomiast częścią składową jej samej nawet wtedy, gdy owe skutki okazują się dla celów praktycznych. Wiadomo np., że ludzie różniący się kulturą, przekonaniami religijnymi czy poglądami politycznymi mogą zarówno tworzyć, jak i stosować te same techniki. ”*

W 1989 roku zaczęto w Niemczech wydawanie 10-tomowego kompendium „Technika i kultura” [1989]. Treść tych tomów najlepiej świadczy o kulturowym charakterze techniki i nauk technicznych. Wygląda ona następująco:

**Technika a filozofia.** *Rozwój filozofii techniki. Techniczna skuteczność i instrumentalna odpowiedzialność. Technika i odpowiedzialność. Ambiwalencja techniki.*

**Technika a religia.** *Co to jest religia? Religie pozachrześcijańskie i ich stosunek do techniki. Chrześcijaństwo a technika. Sekularyzacja a technika. Światowa religijność a technika współczesności. Technika a religia jutro.*

**Technika a nauka.** *Co to jest nauka? Technika a nauki humanistyczne. Technika a nauki ekonomiczne. Technika a nauki prawnicze. Technika a nauki przyrodnicze. Technika a nauki techniczne.*

**Technika a medycyna.** *Technika jako „służebnica” medycyny. Rozwój instrumentów medycznych. Człowiek z „częściami zamiennymi”. Technika i choroby zawodowe. Technika chemiczno-farmaceutyczna. Technizacja medycyny i jej skutki socjalne i indywidualne. Etyczna odpowiedzialność w medycynie.*

**Technika a kształcenie.** *Co to jest kształcenie? Kształcenie a technika. Kształcenie dla świata technicznego. Techniczne środki pomocnicze dla kształcenia. Popularyzacja techniki. Technika w obiektywie nauki o wychowaniu.*

**Technika a przyroda.** *Co to jest przyroda? Zwierzęta jako technicy. Biotechnika. Bionika. Technika środowiska. Technika przyszołości.*

**Technika a sztuka.** *Co to jest sztuka? Technika jako narzędzie do tworzenia dzieł sztuki. Podstawowe obszary między sztuką i techniką. Technika jako temat dzieł sztuki.*

**Technika a gospodarka.** *Historyczne wzajemne oddziaływania między techniką i gospodarką. Pozyskiwanie surowców. Wytwarzanie materiałów podstawowych. Przeróbka. Wytwarzanie i przetwarzanie energii. Systemy transportowe. Systemy komunikacyjne i zaopatrzenie.*

**Technika a państwo.** *Co to jest państwo? Technika w historycznych formach państwa. Technika w nowoczesnych formach państwa. Technika w zbrojeniu i wojnie.*

**Technika a społeczeństwo.** *Co to jest społeczeństwo? Technika w społeczeństwie preindustrialnym. Formy preindustrialnego społeczeństwa. Społeczeństwo burżuazyjno-kapitalistyczne. Społeczeństwo socjalistyczno-komunistyczne. Nowoczesne społeczeństwo przemysłowe (komunikacja, mobilność, świat pracy, życie prywatne). Społeczne problemy techniki.*

## Technika jako metafora

W życiu codziennym nie możemy się obejść bez języka techniki. Zapytajmy więc dlaczego tak często posługujemy się modelami mechanicznymi podczas objaśniania różnych zjawisk, nie tylko technicznych, ale także ekonomicznych czy społecznych? Dlaczego następujące po sobie w pewnej kolejności stany, procesy, zjawiska lub czynności nazywamy tak często mechanizmami? Dlaczego zasady działania zjawisk ekonomicznych i społecznych sprowadzamy do zasad mechaniki? Czemu to przypisać? Może prostocie i jednoznaczności mechaniki?

Pojęcie maszyny i używanie tego pojęcia jako metafory jest głęboko zakorzenione w naszej kulturze. Z nadejściem komputerów elektronicznych metafora ta, zastosowana do myślenia i mózgu, staje się coraz bardziej trafna [IHaken, Karłquist, Svedin, 1995].

Maszyna jest skuteczną metaforą od stuleci [por. Rossi, 1978]. Ale idea maszyny zmieniała się w czasie. Mechaniczny, podobny do zegara obraz świata był zastępowany przez kolejne wynalazki techniczne, takie jak silnik parowy, elektryczność i, ostatnio, elektronikę. Nawet najbardziej podstawowe procedury mechaniczne, takie jak pomiar czasu i odległości, są przekształcane z analogowego świata kół zębatach, wahadeł i taśm mierniczych w świat cyfrowy, z jego bitami, chipami i mikroprocesorami. To, co było proste i widzialne, zostało zastąpione złożonym mikroświatem, gdzie części są zbyt małe, aby je dostrzec, a powiązania są zbyt złożone, aby je uchwycić.

Ta zmiana w realnym świecie techniki zmieniała także nasz obraz świata, widziany metaforą maszyny. W centrum tej nowoczesnej metafory znajduje się komputer. Istotą maszyny przestają być ruchy i siły, a staje się nią

„myślenie”. Stworzone przez człowieka sztuczne wytwory w postaci komputerów stają się ostatecznym wyzwaniem dla mózgu ludzkiego. Metafora maszyny rozciąga się do najbardziej istotnych ludzkich cech: świadomości i zdolności do myślenia.

Komputery, jako narzędzia „myślenia” i jako modele dla mózgu (i odwrotnie), są obszarami o ogromnym zainteresowaniu badawczym. Typowe etykiety tego obszaru to sztuczna inteligencja i sztuczne życie. Dychotomia komputer-mózg prowadzi nas do rozważania podstawowych kwestii dotyczących natury myślenia człowieka, logiki i racjonalności.

Na pytanie o powód szerokiego stosowania metafory maszyny Karląquist i Svedin [Haken, Karląquist, Svedin 1995, s. 3] odpowiadają tak:

*„Myślenie kreatywne musi zaczynać się od intuicji i niejasności. Nieokreśloność często niesie znaczenie, podczas gdy jasność przychodzi później. Istnieje wyraźna różnica między prawdą a wglądem. Metafory mogą oferować użyteczne narzędzie do pójścia poza myślenie racjonalne. Jednak rola metafor może być odwrócona i stać się problematyczna. Gdy rozważamy maszynę jako metaforę, a szczególnie komputer jako metaforę dla myślenia człowieka, to sami znajdujemy się w sytuacji dwuznacznej. W tej samej chwili komputer jest zarówno narzędziem, jak i podmiotem myślenia. ”*

## Kultura techniczna

Kultura techniczna dotyczy raczej użytkowania wytworów techniki (artefaktów), a nie ich tworzenia, konstruowania. Jest to ten obszar kultury, który dotyczy środków i metod techniki. A ponieważ nie ma dziś praktycznie takiego obszaru, w którym nie byłoby środków technicznych, kulturę techniczną można sprowadzić do tego, co nazywamy kulturą ogólną.

Z punktu widzenia techniki, jako triady operand-operator-operacja, kultura techniczna to jeden z aspektów relacji między operatorem a operandem, z jednej strony i operatorem a operacją z drugiej.

Kultura techniczna to kultura tworzenia, użytkowania i likwidowania środków technicznych. To nie same umiejętności techniczne. To raczej umiejętność osadzania tych umiejętności w istniejących systemach etycznych. I tak, człowiek o wysokiej kulturze technicznej to nie ktoś, kto ma najnowszy model aparatu telefonicznego czy samochodu z tzw. bajerami. To ktoś, kto telefonując do drugiej osoby mówi najpierw „dzień dobry” i przedstawia się; to nie ktoś, kto zna doskonale budowę najnowszego modelu samochodu, ale ktoś, kto jadąc nim nie straszy pieszych.

## Spółeczna rola inżyniera

Definicje pojęcia „inżynier” w słownikach nie przypisują mu żadnej roli społecznej. Czytamy w nich, że inżynier to ten, którego naukowe i techniczne wykształcenie upoważnia do budowania maszyn i do racjonalnego kierowania przedsiębiorstwami przemysłowymi i rolniczymi. Jest to także osoba, której wiedza upoważnia ją do prowadzenia aktywnych naukowych i technicznych funkcji dotyczących powstawania, organizowania i kierowania wynikających stąd prac.

Definicje te powstały z ujęć historycznych. Rozwinęły się z biegiem ery przemysłowej i ograniczają się przede wszystkim do wykształcenia w zakresie nauk technicznych. Dziś jeszcze inżynierowie są źle pojmowani, często krytykowani i jeszcze częściej niesprawiedliwie pojmowani i to pomimo swej istotnej roli w społeczeństwie.

Jeżeli przeanalizujemy program kształcenia inżynierów, to zobaczymy, że są w nim podstawy do nabywania szerokich kompetencji. Chodzi tu o takie kompetencje, jak: odczuwanie, że część znajduje się w złożonej całości, znajomość istoty obróbki materiałów, istoty wspólnych właściwości potrzebnych do funkcjonowania całości i zrozumienie dla wzajemnych oddziaływań. Wszystko to odpowiada temu, co niezbędne jest w metodologii poszukiwania problemów społecznych i metodologii organizacji. Są dwa obszary, w których cechy te są ważne: (1) działalność techniczno-społeczna oraz (2) obszary metatechniczne, czyli te obszary, które raczej zwracają się do inżyniera, który *wie o co chodzi*, niż do inżyniera, który *wie jak*.

Społeczna rola inżyniera bierze się przede wszystkim stąd, że wytwory techniki umożliwiają zmianę modelu życia społeczności. Lauwerys [1988, s. 459] widzi to tak:

*„ Od początków rozwoju mechanizacji najtrwalszą jej zdobyczą nie były ani same maszyny, które szybko stawały się przestarzałe, ani produkowane towary, które szybko konsumowano, lecz model życia, umożliwiony przez maszynę i dzięki maszynie: dziwny mechaniczny niewolnik był jednocześnie pedagogiem. Maszyna zwiększała wprawdzie niewolniczą zależność robotnika, ale zapowiadała zarazem dalsze wyzwolenie osobowości. Żaden wcześniejszy system techniczny nie potrafił tak pobudzić myśli i wysiłków. Od chwili gdy technika wykazała jak bardzo ład, system i inteligencja górują nad pierwotnym charakterem przedmiotów, wszystkie składniki środowiska, wszystkie konwencje społeczne przestały uchodzić za niewzruszone. Trwały, przenoszony z pokolenia na pokolenie, wkład maszyny to zrodzona przez nią technika zespołowego sposobu działania i myślenia, estetyczna doskonałość*



*maszynowych form i subtelna logika tworzyw i sił, która wzbogaciła sztukę nowymi, maszynowymi kanonami. "*

## Technika a ekonomia

Zależność techniki od ekonomii nie daje się przecenić. Tak było od samego początku techniki przemysłowej i tak jest obecnie. Przykładem niech będzie epizod z historii maszyny parowej, opisany przez Salomona [1985] i jego dzisiejsza aktualność:

*„ To, co z drugiej strony uderza nas w pracach Watta, to nie jego czysto naukowa osobowość, ale okoliczność, że zastosowanie wysuniętych przez niego idei spotkało się z rychłym poparciem innego geniusza przemysłu — Matthew Boultona. Powodzenie wynalazków Watta należy bowiem położyć nie tylko na karb jego uzdolnień w zakresie mechaniki, ale również jego znajomości z Boultonem, który już podówczas posiadał największą w Anglii fabrykę w Soho nieopodal Birmingham. Bystrość i przenikliwość w zarządzaniu i operacjach rynkowych - oto cechy, które przyniosły w efekcie sukces maszyny parowej; strona techniczna była tu mniej istotna. Bardzo podobnie było półtora wieku później, kiedy to IBM - zamiast sprzedać - zdecydowała się wynajmować swoje komputery.*

*Boulton i Watt oświadczyli swym klientom, że mają zapłacić tylko koszty budowy i zamontowania każdej maszyny plus roczną opłatę równą trzeciej części oszczędności na paliwie w porównaniu z parową maszyną tej samej mocy. Watt wynalazł też urządzenie do pomiaru suwów pompy, które - wraz z łatwym do ustalenia zużyciem węgla - umożliwiło obliczanie podstawy opłaty na wynajmowanie maszyny. Mimo poważnych oszczędności, jakie poczynili właściciele kopalń, te coroczne opłaty uznano wkrótce za zbyt wygórowane. Klienci Boultona i Watta zapragnęli nabywać maszyny, iżby uwolnić się od podpisanych wcześniej kontraktów. Bez rezultatu: system wynajmu mimo to utrzymał się w mocy aż do końca wieku, Boulton i Watt wygrali wszystkie procesy, jakie im wytoczono o ich wynalazki. "*

## Podsumowanie

W rozdziale tym spróbowaliśmy ukazać najważniejsze pozatechniczne problemy techniki. Posłużyło nam do tego pojęcie metatechniki, które zdefiniowaliśmy i sprecyzowaliśmy. Następnie przedstawiliśmy najważniejsze pozatechniczne aspekty techniki: jej związki z filozofią i etyką, jej wymiar kulturowy, społeczny i ekonomiczny.

Metatechnika próbuje nie tylko uogólnić techniki szczegółowe (politechniki) w postaci techniki ogólnej, ale także ująć współzależności sys-

temowe między techniką, środowiskiem i społeczeństwem. Takie ujęcie sprzyja szeroko rozumianej humanizacji techniki; nie traktuje tej ostatniej w opozycji do tradycyjnie rozumianej humanistyki. W tym sensie metatechnika może być traktowana jako humanistyczna teoria techniki.

W słownikowych definicjach do tradycyjnej humanistyki zalicza się nauki badające człowieka jako istotę społeczną oraz jego wytwory, np. język, literaturę, sztukę itp. Do tego „itp.” należy bez wątpienia technika. Czyżby nie była ona wytworem człowieka? Zamiast traktować technikę w opozycji do humanistyki, potraktujmy ją jako część tej ostatniej. Bo przecież wszyscy jesteśmy najpierw ludźmi a potem dopiero technikami.

Ale czy całą technikę można włączyć do humanistyki? Suchodołski [1988, s. 15] widzi to tak:

*„Jest oczywiste, iż nie należy do świata humanistycznego cała technika. Nie należy technika służąca eksploatacji ludzi przez ludzi, technika służąca dziełu zniszczenia. ... należy technika służąca ludziom w ich powszednim życiu, zmniejszająca ich trud mozolny i obcy ich ludzkiemu powołaniu; należy/ technika, o której myślał już Leonardo da Vinci stwierdzając, iż są dwa skrzydła ludzkiej wielkości: malarstwo i mechanika. ”*

Trudno się z tymi słowami nie zgodzić. Z drugiej jednak strony dzielenie techniki na tę, która służy ludziom i tę, która służy dziełu zniszczenia, na dobrą i złą, jest złudne. Ta sama technika może służyć zarówno dobru, jak i złu. Kryterium podziału są wyłącznie intencje człowieka - dysponenta techniki.

## **Rozdział 3.**

### **Podstawowe założenia edukacji metatechnicznej**

Edukacja metatechniczna jest częścią edukacji ogólnej. Dlatego rozważania nasze zaczniemy od celów nowoczesnej edukacji i określenia roli, jaką powinna w niej zajmować edukacja metatechniczna. Jednym z podstawowych pojęć w określaniu celów nowoczesnej edukacji jest pojęcie zdolności (capability) i związane z tym edukację dla różnych zdolności. Spróbujemy scharakteryzować bliżej to pojęcie oraz treści i cele, jakie z sobą niesie. Następnie scharakteryzujemy istotę edukacji metatechnicznej w porównaniu do dotychczas panującej edukacji politechnicznej. Na koniec zajmiemy się jednym z podstawowych warunków edukacji metatechnicznej, jakim jest zmiana punktu patrzenia na technikę - z szukającego istoty techniki w stosowaniu zjawisk przyrodniczych (paradygmat scjentyficzny) na wywodzący jej istotę z potrzeb i pracy człowieka (paradygmat technologiczny, metatechniczny).

#### *Nowe cele edukacyjne*

Charakter pracy człowieka zmienia się radykalnie. Większość pracy fizycznej wykonują coraz bardziej zautomatyzowane maszyny. Coraz mniej ludzi jest w stanie wyprodukować wszystkie potrzebne nam dobra. Świadczy to jednak nie tylko o wspaniałym rozwoju techniki, ale także o tym, że znalezienie pracy zarobkowej będzie stawać się coraz trudniejsze. Dlatego jednym z ważnych nowych celów edukacyjnych staje „edukacja dla zatrudnienia”. Nie mniej ważnym jest „edukacja dla samodzielności” i związany z nią problem tzw. kwalifikacji kluczowych [Solzbacher 1991], Innymi ważnymi celami stają się: „edukacja dla życia”, edukacja dla świata”, „edukacja dla własnego rozwoju” oraz „edukacja dla przyjemności” [Stonier 1987]. Zanim przyjrzymy się bliżej tym celom spróbujemy przyrzeć się ich pochodzeniu oraz krótko scharakteryzujemy edukację dotychczasową.

#### *Skąd się biorą nowe cele edukacyjne?*

Rozważania nad przyszłymi celami edukacji szkolnej i pozaszkolnej są przedmiotem licznych artykułów o charakterze naukowym i publicystycznym.

Treścią tych artykułów jest zwykle diagnoza i terapia systemu edukacyjnego. Ta pierwsza objawia się opisywaniem zjawisk edukacyjnych i mających wpływ na edukację, druga - formułowaniem wymagań, które można traktować jako wstępny etap syntezy nowych systemów edukacyjnych. Najważniejsze z tych zjawisk i wymagań można ująć w następujących punktach:

1. Zmiana wyuczonego zawodu. Z punktu widzenia produktu społecznego brutto wykształcenie jest często traktowane jako swego rodzaju oprocentowanie kapitału ludzkiego. Przed pedagogami i politykami oświatowymi stają ciągle zmieniające się zadania, na które muszą reagować. Gospodarka podlega przemianom. Zmieniają się również oczekiwania pracowników od przedsiębiorstw i ich kierownictwa. Wiele osób nastawia się na daleko idące zmiany w wykonywanym zawodzie, a nawet na jego zmianę.

2. Popadanie w nowy analfabetyzm. Kolejna (która?) rewolucja przemysłowa wkracza daleko w życie codzienne. Kwalifikacje, takie jak elastyczność i ciągłe dalsze uczenie się, są niezbędne, aby nie popaść z powrotem w nowy analfabetyzm. Ten zaś rozciąga się od problemów prostych (np. obsługiwanie nowoczesnej techniki wideo) do rozległych (energia atomowa i zanieczyszczenie środowiska).

3. Przemiana w otoczeniu zawodowym. Nowe technologie wymagają coraz więcej samodzielności i przeglądu całości. Zamiast rutynowego udziału w zadaniu cząstkowym (etapie zadania), stoimy dziś często przed zadaniem całościowym, które wszystkie etapy ma w jednym ujęciu.

4. Przemiana struktury przemysłowej. Dochodzi do przełomu, który eksperci określają jako „neoindustrializm”. Chodzi tu o złożoną przemianę struktury przemysłowej, której podstawą wydaje się być zmiana od specjalizowanego podziału pracy do procesów zsięciowanych. Na miejscach pracy coraz bardziej wymagane są czynności planowania, organizowania i sterowania.

5. Rośnie znaczenie i relatywizm wiedzy. Wyliczając właściwości, takie jak elastyczność, samodzielność i odpowiedzialność, widzimy jasno, że rosnące znaczenie wiedzy krzyżuje się z rosnącym relatywizmem wiedzy jaką dysponujemy. Dotychczas była zawsze mowa tylko o rosnącym znaczeniu wiedzy. Szkoła przekazywała treści, uniwersytety kształciły fachowo. Relatywizacja wiedzy objawia się dzisiaj tym, że maleje znaczenie szkoły jako instytucji głównie zajmującej się kształceniem.

6. Skracanie okresu szkolnego. Postulat skrócenia okresu szkolnego staje się coraz bardziej racjonalny i realny. Rośnie obserwowane już rozluźnienie między rodzajem ukończonej szkoły a rodzajem dokończania się. W wielu krajach można studiować na uniwersytecie nie mając matury, a tylko wykształcenie zawodowe.

7. Rośnie rola dokształcania się. Także kształcenie po ukończeniu obowiązkowego okresu szkolnego nie jest skończone. Dewizą staje się *dokształcanie*. Z drugiej strony pedagodzy ciągle podkreślają, jak ważne jest takie pierwotne kształcenie szkolne, w którym nauczyciel przekazuje uczniom określone kwalifikacje formalne.

8. Dożywotnie uczenie się. Dyskusja o przyszłościowe „społeczeństwo dożywotnie uczące się” (life-long-learnig-society) jest reakcją polityki oświatowej na permanentne przemiany i galopujący rozwój, którego jesteśmy świadkami. Stawiane jest przede wszystkim pytanie o *kształcenie skuteczne*.

### Edukacja dzisiejsza - odtwarzanie i kultywowanie

Dzisiejsza edukacja kładzie się nacisk na dwa cele: (1) nabywanie i odtwarzanie wiedzy specjalistycznej oraz (2) docenianie wartości dziedzictwa kulturowego. Można te cele krótko scharakteryzować przez dwa słowa: *odtworzenie* i *kultywowanie*. W głowach uczniów odbywa się wybiórcze „zapisywanie” wiedzy specjalistycznej i wartości naszego dziedzictwa kulturowego. Realizacja tylko tych celów sprawia, że edukacja taka nie wystarcza nawet tym, którzy życie swoje chcą poświęcić wiedzy czy kontemplacji; nie daje wystarczającego przygotowania do życia w świecie zewnętrznym, pozaszkolnym. Patrząc na nasze szkolnictwo może się wydawać, że dominuje w nim, nieświadomie, model osoby wykształconej, która: (1) nie jest kształcona czy szkolona do wykonywania użytecznych umiejętności życiowych; (2) jest zdolna przede wszystkim odtwarzać wiedzę, mniej ją rozumieć, ale nie działać.

Młodzi ludzie w edukacji na poziomie średnim i wyższym coraz bardziej specjalizują się. Nauczani są do praktykowania przede wszystkim umiejętności erudycyjnych. Przystawają wiedzę poszczególnych przedmiotów, ale nie są wyposażeni w umiejętność stosowania wiedzy w sposób odpowiedni dla świata poza systemem edukacyjnym. Powstaje nierównowaga szkodliwa dla poszczególnych osób, całych społeczności i dla przemysłu. Harmonijna edukacja powinna, oczywiście, obejmować analizę i przyswajanie wiedzy. Ale muszą temu towarzyszyć ćwiczenia kreatywnościowe, ćwiczenie kompetencja do podejmowania złożonych zadań i zdolności do radzenia sobie z życiem codziennym. Oznacza to także umiejętność robienia wszystkich tych rzeczy we współpracy z innymi. Stąd bierze się hasło wszelkiego rodzaju „edukacji dla ...” czy hasło nauczania dla powodzenia w osiąganiu celów (learning to succeed) [Report 1993],

## Edukacje dla...

**Edukacja dla zatrudnienia.** Społeczeństwo potrzebuje coraz bardziej wszechstronnego pracownika, łatwo dopasowującego się do potrzeb szybko zmieniającej się gospodarki i szybko zmieniającego się społeczeństwa. Dzisiejsi absolwenci prawdopodobnie będą dwu lub trzykrotnie w swoim życiu zmieniać charakter pracy. Dlatego zamiast szkolić do określonych czynności zawodowych należy ćwiczyć umiejętności uczenia się. Celem edukacji dla zatrudnienia powinno być tworzenie intelektualnej infrastruktury w głowach ludzi; struktury, która pozwoli na to, że w pewnym momencie ich przyszłego życia łatwo będzie przyswajana potrzebna wiedza specjalistyczna. Do najważniejszych rzeczy, które należy nauczać, należą pewne umiejętności organizacyjne, pozwalające ludziom rozwinąć przedsiębiorcze samozaufanie, „połować” zręcznie na nowe obszary zatrudnienia, czy nawet założyć własną firmę.

**Edukacja dla życia.** Do najważniejszych nowych zadań edukacyjnych należy zaliczyć zmianę celów kształcenia: z biernego „robienia” życia na uczenie się jak żyć. Istnieją dwa główne aspekty uczenia się jak stawić czoła życiu w 21. wieku. Pierwszy polega na zrozumieniu świata, drugi - na zrozumieniu samego siebie.

**Edukacja dla świata.** Rozumienie świata wymaga globalnego punktu widzenia. Wszyscy jesteśmy członkami rasy ludzkiej. Żyjemy na wyizolowanej planecie, zawieszonej w nieprzyjaznej przestrzeni. Potrzebujemy edukacji dla odpowiedzialności za środowisko i, co jest nawet teraz bardziej istotne, edukacji dla rozwijania harmonijnych relacji wewnątrz i między społeczeństwami. Oznacza to porzucenie wartości entocentrycznych (fanatyzmu, rasizmu, nacjonalizmu) na rzecz bardziej humanistycznego podejścia antropologicznego. Młodzi ludzie muszą uczyć się cieszyć i akceptować różnorodność kulturową.

Niemożliwe jest poznanie świata bez zrozumienia olbrzymiej roli techniki w kształtowaniu społeczeństw. Rząd, handel i przemysł nie powinny być kierowane przez analfabetów technicznych. Jednocześnie powinniśmy unikać kształcenia i szkolenia przyrodników, inżynierów i innych specjalistów, którzy nie rozumieją, jaki wpływ ma ich działalność na system społeczny. Innymi słowy nie powinniśmy dłużej tolerować społeczeństwa, którego postęp zależy od techników będących analfabetami humanistycznymi.

**Edukacja dla własnego rozwoju.** Zawsze było i nadal jest marzeniem pedagogów by tak rozwijać uczniów, aby ci ostatni byli w stanie rozumieć pojęcia i rozwijać się sami. To powinno być rozszerzane, ale nie tylko w celu wzmacniania wyobraźni kreatywnej, ale także umiejętności artystycznych, fizycznych i współżycia społecznego. Jedną ze smutnych cech dzisiejszych

systemów edukacyjnych jest to, że dają uczniom bardzo małą szansę do zorganizowania rzeczy przez nich samych, do przygotowywania do realnych sytuacji życiowych. W realnym świecie liczy się nie tylko co człowiek wie, ale także jak szybko odkrywa czy wymyśla rzeczy nowe. Co więcej, większość czynności w świecie rzeczywistym polega na współdziałaniu z innymi ludźmi, na pracy zespołowej. Rozwój społeczny, w przeciwieństwie do rozwoju intelektualnego, zawsze był częścią ukrytego planu nauczania (hidden curriculum). Takie umiejętności potrzebują wzmocnienia w sposób bardziej świadomy i systematyczny.

**Edukacja dla przyjemności.** Po pierwsze - powinniśmy edukować dla konstruktywnego użytkowania wolnego czasu. Od końca dziewiętnastego wieku tydzień pracy został skrócony o połowę. Trend ten narasta. Szczególnie w Niemczech, gdzie w niektórych zakładach pracuje się tylko przez cztery dni w tygodniu, aby utrzymać zatrudnienie w zakładzie na tym samym poziomie. Z Niemiec pochodzą też propozycje, aby zaoszczędzony w ten sposób dzień pracy poświęcić na podwyższanie kwalifikacji.

Po drugie - edukacja sama w sobie powinna stać się czynnością sprawiającą przyjemność. Od dawna istnieje ukryta purytańska tradycja w większości planów nauczania, która może być podsumowana przez postawę: „Tak długo nie jest ważne to, czego nauczasz, jak długo nie przestają tego lubić”. Nowa postawa powinna zawierać myśl, że jeżeli uczniowie mają zamiar żyć w warunkach eksplozji informacji i być szczęśliwi, to powinni wybierać z tego ogromnego wzrostu nowej informacji to, co uważają za interesujące i sprawiające przyjemność. Inaczej bogactwo nowego środowiska informacji może prowadzić do „niestrawności” nerwowej i do innych poważnych zakłóceń psychicznych.

**Edukacja dla samodzielności.** To, co dawniej nazywano kształceniem charakteru, jest dziś opisywane jako budowanie własnej tożsamości. Najważniejszą podstawą w obu przypadkach jest wychowanie do samodzielności. Jest ono nie tylko zdolnością krytykowania i wykształceniem indywidualności wzniesionej do egoizmu, lecz również dopasowaniem i refleksją. Tylko od osobowości, ukształtowanej w tak wyważony sposób, można oczekiwać gotowości do podjęcia zadania i świadomej odpowiedzialności.

Z edukacją dla samodzielności wiąże się pojęcie tzw. kwalifikacji kluczowych [Solzbacher 1991]. Sens kwalifikacji kluczowych leży w tym, aby uratować autonomię jednostki, zagrożoną przez całościowy rozwój społeczeństwa, by jej dalej nie osłabiać. W odniesieniu do wymagań gospodarki oznacza to, że obok wiedzy o możliwościach technicznych człowiek powinien rozumieć zjawiska duchowe i historyczne; przenikać stare i nowe problemy i nie obawiać się wyciągać z tego konsekwencji moralnych.

## **Edukacja dla zdatności**

Samo słowo „zdatność” może dla polskich pedagogów brzmieć dziwnie. Jest ono jednak bardzo popularne w pedagogice angielskiej i amerykańskiej. Kruszewski definiuje zdatności w następujący sposób [Gagné, Briggs, Wager 1992, s. 11]:

*„Zdatności (capabilities). Wszystko, czego człowiek nauczył się, nosi nazwę zdatności, gdyż może przejawiać się w zachowaniu. Zdatności są to wewnętrzne stany umysłu osiągnięte dzięki uczeniu się. Kategorie wyników uczenia są tożsame z kategoriami zdatności. Jest dziewięć kategorii zdatności. Pięć kategorii składa się na umiejętności intelektualne: rozróżnienia, pojęcia konkretne, pojęcia abstrakcyjne (deficyjne), reguły proste, reguły nadrzędne (rozwiązania problemów). Dalsze kategorie to: strategie poznawcze, informacje werbalne, umiejętności motoryczne, postawy. Każdej kategorii zdatności człowiek uczy się inaczej, inne więc muszą być warunki nauczania każdej z nich.”*

A więc zdatności to potencjalne stany, w których możemy się znaleźć; to potencjalne sytuacje, w których sobie damy radę.

Poniżej przedstawimy istotę edukacji dla zdatności, tak jak widzą ją pedagodzy angielscy, szczególnie Burgess [1986] i Harrison [1987]. Zaczniemy od kilku zdolności niedocenianych w dzisiejszej edukacji. Stanowią one bowiem jądro edukacji dla zdatności.

### **Cztery niedoceniane zdolności**

Istnieje obszar działalności ludzkiej, rządzący się swymi prawami, który zajmuje się czynieniem, robieniem i organizowaniem rzeczy twórczych. W obszarze tym ważne jest przede wszystkim zajmowanie się sprawami dnia codziennego, formułowanie i rozwiązywanie problemów, projektowanie, wytwarzanie i sprzedawanie dóbr i usług.

Nowoczesna edukacja powinna przeznaczać więcej czasu na przygotowywanie ludzi do pracy w tym obszarze; do życia na zewnątrz systemu edukacyjnego. Na tym właśnie polega właśnie edukacja dla zdatności. Edukacja taka może przynieść znaczące korzyści ekonomiczne.

Celem edukacji dla zdatności jest wspieranie i rozwijanie w ludziach kompetencji, radzenia sobie z własnym życiem, twórczości i współpracy z innymi ludźmi. W dzisiejszym systemie edukacyjnym te cztery grupy umiejętności i zdolności (capacities) są niedoceniane [Burgess 1986]. Ogromna większość uczących się - czy to uczniów w szkole, studentów na uniwersytetach, czy dorosłych, którzy ciągle chcą się uczyć - będzie w swoim produktywnym ży-



ciu działać praktycznie. Będą oni czynić rzeczy, projektować rzeczy, wykonywać rzeczy, organizować rzeczy; najczęściej we współpracy z innymi ludźmi. Będą odczuwali potrzebę poprawienia swych *kompetencji* przez praktykowanie umiejętności i stosowanie wiedzy. Będą odczuwali potrzebę lepszego *radzenia sobie ze swoim własnym życiem* i problemami, które staną przed nimi i przed społeczeństwem. Będą odczuwali potrzebę rozwoju swych *zdolności twórczych* oraz, ponad wszystko, potrzebę *współpracy z innymi ludźmi*. Są to cztery podstawowe zdolności, które winny być wspierane i rozwijane przez edukację dla zdatności.

### Koncepcja edukacji dla zdatności

Przedstawiona tu koncepcja edukacji dla zdatności została opracowana przez G. Harrisona [Harrison 1987, Black and Harrison 1994].

Punktem wyjścia w koncepcji edukacji dla zdatności jest technika. Technika jako praktyczna metoda, która umożliwiła nam wysunąć się ponad zwierzęta i stworzyć nie tylko nasz środowisko, nasze pożywienie, nasze wygody i nasze środki zdrowia, podróżowania i komunikacji, ale także nasze sztuki - malarstwo, rzeźbę, muzykę i literaturę. Wszystkie te rzeczy są wynikiem ludzkiej *zdatności do działania*. Nie powstawały one przez zwykłe akademickie studiowanie, myślenie życzeniowe czy spekulację. Technika zawsze była i jest przyzywana wtedy, gdy potrzebne są praktyczne rozwiązania problemów. Technika jest więc istotną częścią kultury ludzkiej, ponieważ dotyczy osiągnięcia szerokiego zakresu celów człowieka.

Technikę można zdefiniować jako proces, w którym człowiek stosuje zasoby materiałów, energii i zjawisk naturalnych do osiągnięcia swoich zamierzonych celów. Taka definicja techniki prowadzi do trzech komplementarnych grup celów edukacyjnych:

1) do *uświadamiania* techniki i jej skutków jako źródła (zasobu) realizacji celów ludzkich oraz uświadamiania zależności techniki od stopnia zaangażowania się człowieka w jej wartościowanie;

2) do rozwijania, przez osobiste doświadczenie, *praktycznej zdatności* do angażowania się w czynności techniczne;

3) do pomagania w przyswajaniu *zasobów (źródeł) wiedzy*<sup>1</sup>, umiejętności intelektualnych i fizycznych, jakie są potrzebne do wykonywania czynności technicznych.

Cele te nie są jednak całkowicie akceptowane czy rozumiane. Niektórzy nauczyciele techniki koncentrują swój wysiłek na zdatności praktycznej, zominając o innych aspektach. Inni zajmują się prawie wyłącznie zasobami i nie przykładają większej uwagi do ich stosowania. Kładzenie nacisku na ich np. szkodliwe efekty prowadzi do wartościowania techniki - a więc pokazuje

problemy związane z celem pierwszym. Wszystkie te trudności sugerują, że należy ponownie spojrzeć na definicję i cele.

Jakie są więc pytania, na które powinniśmy sobie odpowiedzieć? Jak możemy opisać - i według tego edukować - te czynności człowieka, które przynoszą zmianę, rozszerzają środowisko, tworzą dobrobyt, produkują żywność i rozrywkę oraz, generalnie, tworzą rzeczy? Jaka jest natura zdatności w tych czynnościach? Jak ta zdatność może być wzmacniana? Jaki rodzaj wiedzy wstępnej i doświadczenia jest konieczny? Jak przyszli obywatele mogą być lepiej wyposażeni do przewidywania skutków i dokonywania wyborów?

Rozważmy najpierw obszar czynności, które, jakkolwiek różne, wykazują pewną cechę wspólną, dotyczącą zdatności do wykonywania tych czynności. Następnie wyciągnijmy z tego wnioski dla edukacji w tym kierunku, szczególnie dla wzmocnienia takiej zdatności u człowieka.

Zdatność człowieka do działania jest jądrem tak różnych czynności, jak tworzenie, komponowanie, pisanie, organizowanie, zarządzanie itp. Nie muszą to być czynności na dużą skalę. Duże czy małe czynności wymagają różności kompetencji, które zdatna osoba wiąże razem w celu osiągnięcia sukcesu. I tak, np. obsługa silnika samochodu wymaga kompetencji w zakresie znajdowania uszkodzeń mechanicznych i elektrycznych, właściwego i wyćwiczonego użycia narzędzi, bezpiecznego manipulowania podnośnikiem itp. Podobnie komponowanie piosenki, czy ułożenie słów do muzyki, wymaga wyobraźni i intuicji. Wymaga także postrzegania znaczenia słów i muzyki, oraz zdolności do kojarzenia jednego z drugim. Kompozytorowi, oprócz zdatności do tych procesów imaginatywnych i kreatywnych, potrzebna jest jeszcze idea, rozumienie harmonii, melodii, rytmu i struktury muzycznej.

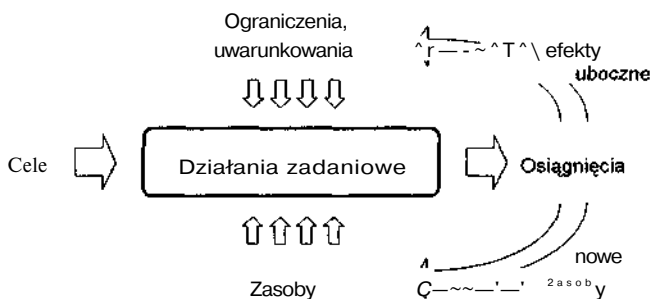
Podobna analiza może być zrobiona dla wszystkich możliwych przykładów tworzenia, komponowania, organizowania czy zarządzania. Mają one cechę wspólną. Każdy z nich wymaga:

- zastosowania osobistych *cech motywacyjnych*, takich jak zdeterminowanie, przedsiębiorczość, pomysłowość;
- osobistej *innovacyjności* w wyobraźni, intuicji i wynalazczości;
- umiejętności obserwacji i postrzegania;
- chęci do *podejmowania decyzji*, opierających się zarówno na logice, jak i intuicji;
- *odczuwania* potrzeb (którym się służy), użytecznych lub szkodliwych skutków, alternatywnych rozwiązań, poszukiwanych wartości.

Aby te wszystkie cechy znalazły się w jednym umyśle, konieczna jest gruntowna wiedza oraz umiejętności intelektualne i fizyczne, odpowiednie do posiadanego zawodu. Oznacza to, że pełna zdatność do osobistego działania wymaga równocześnie dwu rzeczy: (1) cech opierających się na działaniu,

oraz (2) zasobów wiedzy, umiejętności i doświadczenia. Pierwsze bez drugich mogą prowadzić do ludzi sfrustrowanych, nadaktywnych, ale nieskutecznych. Drugie bez pierwszych - do ludzi dużo wiedzących i umiejących, ale nie będących w stanie znaleźć zadań, których rozwiązanie przyniesie im sukces życiowy.

To wzajemne *powiązanie procesów* aktywności innowacyjnej, i potrzebnych do tego *zasobów* jest kluczowym elementem skutecznej zdatości człowieka. Jest to ciągłe powiązanie idei z faktami, zgadywania z logiką, sądów (opinii) z pojęciami, determinacji z umiejętnościami.



Rys.3.1. Model zdatości człowieka

Tak zarysowana ogólna koncepcja zdatości człowieka daje nam zgrubne wyobrażenie o możliwej strategii edukacyjnej. Przedstawiają model na rysunku 3.1. Obszar zdatości człowieka do realizacji dowolnego przedsięwzięcia może być reprezentowany za pomocą trzech głównych składowych - celów, działań i zasobów, odpowiednio do pożądanego obszaru tego przedsięwzięcia. Skonstruowanie edukacji dla zdatości polega na krytycznym rozważeniu każdej z tych trzech składowych.

### **Cel**

Cel jest punktem wyjścia dla większości zagadnień edukacyjnych. Zdawanie sobie sprawy z wartości warunków równości ludzi, ich dobrobytu i odczuć estetycznych i etycznych, jest jednak czymś innym niż zdolność do czynienia osądów tych wartości. Chodzi przy tym nie tyle o krytykę tego, co istnieje, ile o krytykę w ramach aktu tworzenia tego, co nie istniało dotychczas. To ostatnie należy do innego rodzaju kompetencji. Można twierdzić, że dla większości ludzi będzie to strata czasu, ponieważ ta większość i tak nie będzie działać twórczo i tworzyć *rzeczy* oryginalnych. Niemniej wszyscy będą odpowiedzialni za decyzje i działania, które dotyczą ich samych, na ich wła-

snym, indywidualnym poziomie. Dlatego obowiązkiem edukacji jest dopomożenie edukowanym w przejściu na taki rodzaj myślenia, w którym istotnie ważne czynniki zostaną zebrane w postaci argumentów i kontrargumentów. Dopiero bowiem to pozwala dojść do decyzji o tym jak działać, aby osiągnąć zamierzony cel.

## *Działanie*

Nie należy mylić działania z wykonywaniem czynności. Możemy być bardzo mocno zaangażowani w wiele małych czynności, bez istotnego zaangażowania się w działanie niezbędne do spełnienia wymagań określonego zadania. Kompetencja do wykonywania zadania (kompetencja wykonawcza) jest rozwijana dopiero wtedy, gdy działania są niezbędne do osiągnięcia określonego celu.

Wiedza i posiadanie umiejętności, zarówno praktycznych, jak i intelektualnych, są niezbędnymi składnikami kompetencji wykonawczej, ale nie są, same przez się, kompetencjami. Kompetencje do skutecznego zaangażowania się w działanie, niezbędne do osiągnięcia realnych celów ludzkich, mogą być nazywane „zdatnością do działania zadaniowego” (task action capability). Edukacja techniczna powinna przede wszystkim służyć rozwijaniu tej cechy. Sukces w działaniu zadaniowym wymaga wiedzy szczegółowej, umiejętności, doświadczenia i cech osobistych. Wszystko to razem tworzy trzecią składową zdatności - zasoby.

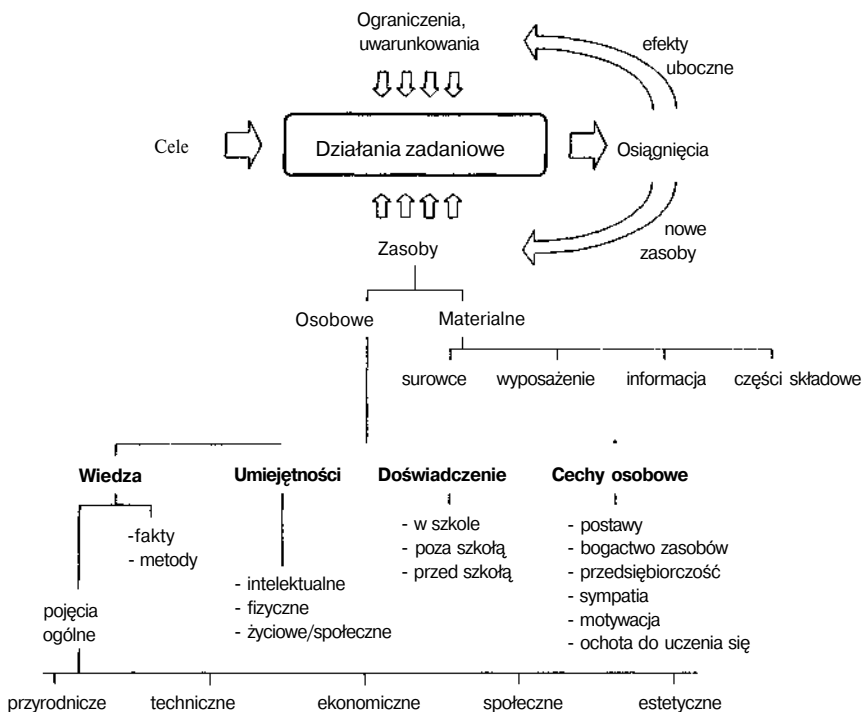
## *Zasoby*

Wiedzę i wyćwiczone umiejętności zwykle wyszczególnia się jako treść każdego procesu edukacyjnego. Jeżeli określony obszar wiedzy i umiejętności mają być użyte jako zasoby do realizacji konkretnego zadania, to należy zapytać o naturę tej wiedzy i tych umiejętności. Czy można je stosować do problemów konkretnych, zwłaszcza oryginalnych, w przeciwieństwie do problemów powtarzalnych (zadań)? Czy można być pewnym, że samo *posiadanie* wiedzy i umiejętności zapewnia *zdolność do ich używania*? I wreszcie, czy wiedza i umiejętności są jedynymi zasobami, które edukacja może rozwinąć do poziomu natychmiastowego używania w czynnościach konkretnego zadania?

Z doświadczenia nauczycielskiego wiemy, że realizacja przez uczniów czynności w konkretnych zadaniach sprzyja motywacji. Wywołuje u uczniów chęć do uczenia się niezbędnej wiedzy i umiejętności. Ale to nie wszystko. Ważniejsze jest to, że rozwija w nich cały zakres cech osobistych, wspomnianych wcześniej. Bez tych cech osobistych postęp edukacyjny w rozwiązywaniu zadań konkretnych jest znikomy. To prowadzi nas do wniosku, że pod

nagłówkiem „zasoby potrzebne dla skutecznego działania zawodowego” powinniśmy umieścić (rys. 3.2):

- wiedzę - zarówno fakty, metody, jak i pojęcia ogólne;
- umiejętności - zarówno intelektualne, jak i praktyczne;
- cechy osobiste - przedsiębiorczość, innowacyjność, obserwację, intuicję i wyczuwanie; oraz
- doświadczenie.



Źródło: Harrison 1987

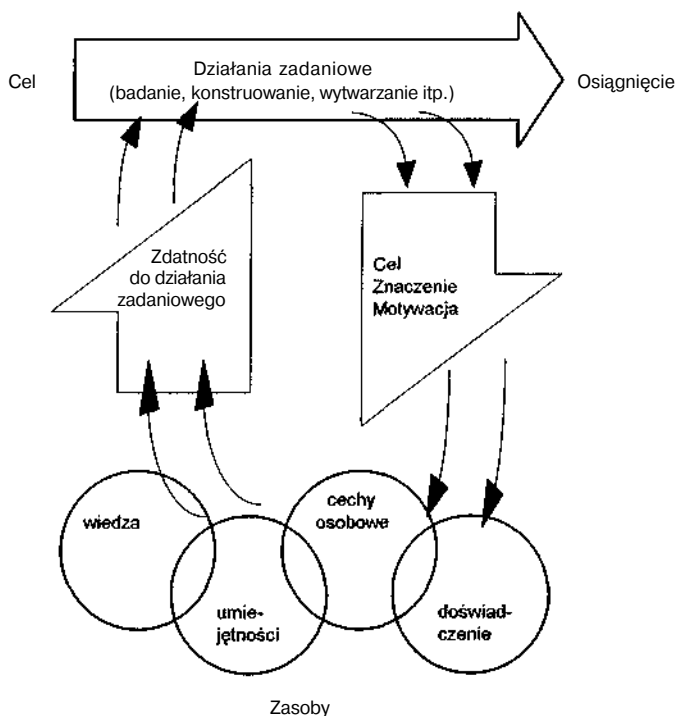
Rys.3.2. Składniki edukacji dla zdatności

Obowiązkiem nauczyciela jest rozpoznanie obszarów wszystkich czterech zasobów i rozwijanie ich w odpowiednich sytuacjach uczenia się.

Model edukacji dla zdatności jest jądrem edukacji metatechnicznej. Może być on zastosowany na każdym poziomie działalności technicznej, niezależnie od wieku i poziomu rozwoju ucznia. Może być używany zarówno na najniższym, jak i na najwyższym poziomie techniki.

## Wprowadzenie edukacji dla zdatności do planu nauczania

Tradycyjny szkolny plan nauczania tworzą jednostki (przedmioty) wiedzy i umiejętności (potencjalne zasoby zdatności). Tak zbudowany plan jest sprzeczny z realiami życia, gdzie cele, działania, procesy i zasoby przeplatają się wzajemnie. Model na rysunku 3.3 pokazuje nie tylko złożoności celów, działań i zasobów, ale także powiązanie wiedzy, umiejętności, cech osobowych i doświadczenia w obszarze zasobów.



Źródło: Harrison 1987

Rys.3.3. Model edukacji dla zdatności

Nauczyciele matematyki i przedmiotów przyrodniczych od dawna intensywnie myślą o tym jak ich praca przyczynia się do rozwijania zdatności. Nauczanie matematyki i nauk przyrodniczych tradycyjnie kładzie nacisk na rozwój zasobów. Zadania z życiowym sensem rozwiązania (nie czysto matematycznym) nie są zbyt popularne. Wydawać by się mogło, że zawodowy i instrumentalny nacisk na zadania pozostaje w sprzeczności z dążeniem do wysokiego statusu wiedzy matematyczno-przyrodniczej w edukacji ogólnej. Jest to jednak sprzeczność pozorna i to nawet dla tego, kto jest zainteresowany

naukami ścisłymi tylko dla nich samych. Te ostatnie, jako nauki żywe, mogą bowiem być poznawane tylko przez doświadczanie powiązań ich pojęć i procesów podczas rozwiązywania problemów. Tym, co odróżnia naukę czystą od stosowanej, jest *źródło* problemów; to, czy narastają one wewnątrz dyscypliny, czy biorą się z zewnątrz niej.

Wielu nauczycieli przedmiotów ścisłych próbuje uciec od wąskiego, „czystego” widzenia swych przedmiotów. Istnieje tu kilka różnych dróg. Jedną z nich jest położenie nacisku na tzw. nauki stosowane. Do sekwencji nauczania dodawane są często konkretne zastosowania zasad naukowych. To, że są one często wąskie w zakresie i przestarzałe nie jest istotne - można to pokonać. Istotne jest, że są one zwykle ekstrawiedzą o nauce i dalekie od doświadczania działań zadaniowych, które mogą prowadzić do pełnej zdatności, czy to technika, czy przyrodnika. W taki to sposób „nauki stosowane” mogą być mylone, i to ma często miejsce, z właściwym podejściem do techniki.

Druga droga, na której rozwinęło się podejście przyrodnicze, wywodzi się z zainteresowania i „zaraźliwej” przyjemności niektórych nauczycieli do robienia rzeczy, które działają. To może stymulować bogactwo działalności praktycznych. Laboratorium staje się wtedy żywym warsztatem czy pomieszczeniem hobbystycznym.

Trzecia droga polega na modyfikowaniu zajęć w sposób formalny. Przykładem tego może być wprowadzenie nauk technicznych w miejsce fizyki. Pozwala to uczniom uczyć się pojęć fizyki z inżynierskiego punktu widzenia, szczególnie przez zaangażowanie się w inżynierski typ rozwiązywania problemów.

Czwarta droga to metoda projektowa. Uczniowie ponoszą odpowiedzialność za skonstruowanie i podjęcie projektu, który może mieć charakter badawczy lub konstrukcyjny. Projekty przyczyniają się do rozwoju kompetencji w zakresie oryginalności i syntezy. Kompetencje takie są trudne do realizowania przez nauczania konwencjonalne. Stymulują także motywację.

Edukacja dla zdatności jest prawie synonimem edukacji w ogóle. Jest ona jednak przeciwieństwem przedmiotowej (w sensie klasycznych przedmiotów nauczania) struktury akademickiej. Wymaga albo bardzo bliskiej współpracy między przedmiotami szkolnymi, albo prawdziwie zintegrowanego planu nauczania. Ten ostatni powinien składać się z progresywnego systemu wzajemnie powiązanych działań zadaniowych, celów i zasobów, które pozwolą uwzględnić indywidualne interesy i potrzeby uczniów.

### ***Edukacja politechniczna a metatechniczna***

Dotychczasowa edukacja techniczna w szkole ogólnokształcącej ma charakter wybitnie politechniczny. W klasycznych opisach istoty kształcenia poli-

technicznego znajdujemy, że obejmuje ono „zaznajamianie się uczniów z naukowymi podstawami głównych dziedzin produkcji oraz opanowanie umiejętności posługiwania się elementarnymi narzędziami pracy” [Okoń 1987, s. 148]. Politechniczność edukacji technicznej wyraża się przede wszystkim w instrumentalnym, bezpośrednim i specjalistycznym podejściu do techniki. W takiej edukacji mało jest elementów ogólnotechnicznych i pozatechnicznych, ułatwiających zrozumienie istoty techniki i jej skutków pośrednich, szczególnie kulturowych, które są zbyt często niedoceniane.

### Kulturowe skutki techniki

Wspaniały rozwój techniki niesie ze sobą różne następstwa. Skutki kulturowe są poważniejsze niż skutki techniczne. Znany niemiecki inżynier H.-J. Warnecke, prezydent Towarzystwa Frauenhofera i Dyrektor Instytutu Techniki Produkcji i Automatyzacji, pisze o tym tak [1993, s. 92]:

*„Skutki filozoficzne, ideologiczne i socjologiczne, określone tu razem jako skutki kulturowe, ważą w całościowym ujęciu więcej i działają -jak naucza nas historia - znacznie głębiej niż skutki nauk przyrodniczych i techniki. Chodzi w końcu o to, aby świat techniczny i społeczny zintegrować interdyscyplinarnie - albo lepiej: reintegrować, ponieważ rozchodzenie się „dwóch kultur” (humanistycznej i technicznej, przyp. autora) jest cechą charakterystyczną nowoczesnej techniczno-naukowej cywilizacji naszych dni. Chodzi o ponowne zjednoczenie obu światów: kultury i sztuki z jednej strony, a nauk przyrodniczych i techniki z drugiej. Ich podział na naukę i życie praktyczne, na kształcenie i dokształcanie jest katastrofą.*

*Bardzo jednostronny jest sposób widzenia, w którym wymaga się oszacowania i instytucjonalizowania skutków techniki i równocześnie traktuje się skutki kulturowe jako nieistniejące. Oba rodzaje skutków są w ścisłym powiązaniu! Inżynier będzie na pewno bardziej etycznie wykształcony i będzie bardziej etycznie działać, gdy, odwrotnie, także świat humanistyczny będzie mógł w bardziej wykwalifikowany sposób traktować znaczenie działania technicznego i przez to być kwalifikowanym partnerem do rozmowy. Wtedy już podczas kształcenia możliwa jest komunikacja między oboma światami. Coraz silniejsze wołanie o nietechniczne przedmioty w programie kształcenia inżynierów nie powinno mieć zwykłego charakteru addytywnego, lecz musi być integracyjne.*

Jakie powinny więc być główne cechy edukacji metatechnicznej? Jak harmonijnie połączyć elementów wiedzy politechnicznej, ogólnotechnicznej i pozatechnicznej w procesie kształcenia technicznego? Jak powiązać edukację techniczną z humanistyczną? Jak rozwijać zdolności metatechniczne?

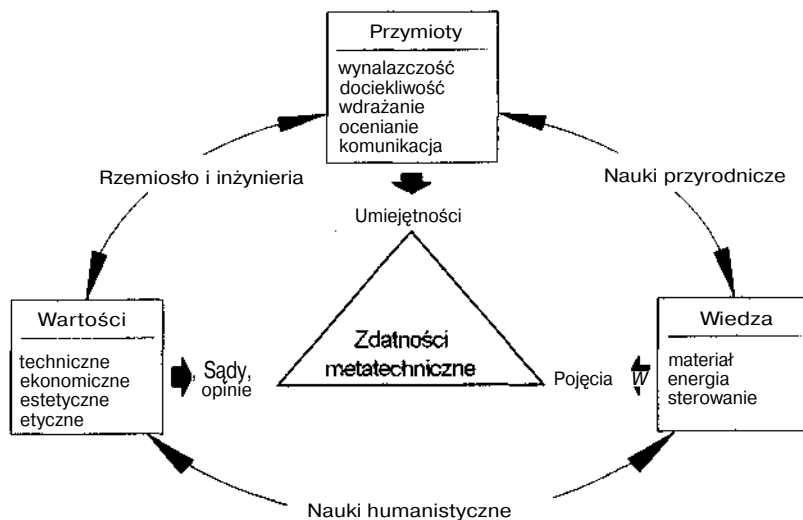


## Rozwój zdolności metatechnicznych

Treści techniczne i metatechniczne mogą być wprowadzane do kształcenia ogólnego dwoma drogami. Pierwsza polega na wprowadzeniu techniki jako pojedynczego przedmiotu rządzącego się swoimi prawami. Druga - na wzbogaceniu istniejących przedmiotów przyrodniczych i humanistycznych o treści metatechniczne.

Oba podejścia mogą dawać ograniczony obraz techniki, jeżeli nie będą wychodzić z założenia, że technika jest procesem rozwiązywania problemów, procesem, który ma na celu poprawę jakości życia ludzi. Że punktem wyjścia tego procesu jest ludzka potrzeba i ciągle że towarzyszą temu procesowi zasoby i ograniczenia wiedzy ludzkiej i zasobów naturalnych [Page 1987].

Rozwój zdolności metatechnicznych, pokazany na rysunku 3.4 (na podstawie [Page 1987]), może napotykać również na ograniczenia. Wzbogacanie nauk przyrodniczych, rzemiosła i nauk humanistycznych o treści metatechniczne może nie być skoordynowane. Albo przeciwnie, położony zostanie nacisk wyłącznie na nauki przyrodnicze lub instrumentalną technikę rzemieślniczą. W obu przypadkach nie osiągnięty zostanie ani pełny obraz techniki, jako procesu konstruowania działającego w warunkach ograniczeń ze strony nauk przyrodniczych i umiejętności technicznych/rzemieślniczych, ani pełna zdolność metatechniczna w wiedzy, postawie i umiejętnościach.



Źródło: Harrison 1987

Rys.3.4. Rozwój zdolności metatechnicznych

Powyższe dwa podejścia powinny dać konieczny impuls do wprowadzenia techniki i metatechniki do szkoły ogólnokształcącej. Nie zrażając się ukazanymi trudnościami należy od czegoś zacząć. Tym czymś powinna być zmiana punktu patrzenia na technikę. Chodzi o przejście z dotychczas powszechnie panującego paradygmatu scjentyficznego na technologiczny.

### *Przejście z paradygmatu scjentyficznego do technologicznego*

Termin „paradygmat” jest pojęciem wieloznacznym. Najczęściej jest rozumiany jako powszechnie przyjęte przekonania teoretyczne (filozoficzne, przyrodnicze lub metodologiczne) oraz metody eksperymentalne. Paradygmat określa sposób widzenia problemów i sugeruje właściwe rodzaje badań oraz właściwe rodzaje rozwiązań [por. Jodkowski 1987]. Koncepcja paradygmatu pozwala przedstawić mechanizm funkcjonowania nauki, jest akceptowanym wzorcem, modelem uprawiania nauki. W takim właśnie znaczeniu będziemy używać terminu „paradygmat” w poniższych rozważaniach.

Obserwujemy zmianę paradygmatu w naukach technicznych. Technika dotyczy wszystkich obszarów naszego życia. Dlatego edukacja techniczna nie może być ograniczana do czystej analizy i syntezy produktów technicznych. Nowoczesna edukacja techniczna wymaga integracji wiedzy przyrodniczej, technicznej i pozatechnicznej. Ekonomiczny, środowiskowy, społeczny i humanistyczny kontekst tworzenia, użytkowania i eliminowania produktów nie może być nieobecny w edukacji technicznej. Centrum techniki przesuwają się w stronę metod planowania, konstruowania i oceniania przyszłych produktów. Nowe podejścia, takie jak inżynieria systemów, metodologia konstruowania, analiza wartości, zarządzanie, strategiczne planowanie zakładów i wartościowanie techniki, wyszły na wspólny plan, który wskazuje na nowe rozumienie techniki. To powoduje rozszerzenie jej zakresu o takie pojęcia, jak system, czas, kwalifikacje, metody i wartości. Wszystko to razem świadczy o tym, że technika nabiera coraz bardziej charakteru metatechnicznego.

Dotychczasowa technika i edukacja techniczna opierały się na paradygmacie scjentyficznym. Technika współczesna odchodzi od tego i coraz bardziej opiera się na paradygmacie technologicznym, który można nazywać także metatechnicznym. Przyjrzyjmy się bliżej obu tym paradygmatom [Ropohl 1993].

Paradygmat scjentyficzny wywodzi istotę techniki z efektów zjawisk przyrodniczych, wykorzystywanych w urządzeniach technicznych. Takie identyfikowanie techniki z efektami przyrodniczymi powoduje zredukowanie nauk technicznych do stosowanych nauk przyrodniczych. W rzeczywistości stosunek między naukami przyrodniczymi i techniką przemysłową był i jest znacznie bardziej złożony. Często ta ostatnia wybiega przed te pierwsze.

Każde „skrótowe” rozumienie techniki cechuje naukowość wzięta jedynie z nauk przyrodniczych, a nie teoretyczne opisanie, zrozumienie i wprowadzenie rzeczywistej praktyki działania technicznego. Paradygmat scjentyficzny powoduje, że podstawowe problemy planowania technicznego, rozwoju, konstruowania i oceniania pozostają do dziś niedoceniane i nieuwzględniane w edukacji.

Paradygmat technologiczny szuka istoty techniki w różnorodności zjawisk technicznych, jakie występują w abstrakcyjnych funkcjach przetwarzania pracy; pracy technicznie wykonywanej i uprzedmiotowionej. W ten sposób istota nauk technicznych, zamiast być przedmiotem poznania nauk przyrodniczych, ma swe miejsce dokładnie tam, gdzie znajduje się praktyka techniczna: w tworzeniu ludzkich systemów i potrzeb zmieniających przyrodę i społeczeństwo.

Paradygmat technologiczny tworzy własną teorię techniki. Czyni to za pomocą systematyzowania tych funkcji pracy i funkcji działania, które dają się realizować technicznie (są technizowalne). Praca i technika wyrastają tu z fundamentu społeczno-ekonomicznego. Zamiast ograniczania się do przyrodniczego wymiaru rzeczy, jak to czyni paradygmat scjentyficzny, paradygmat technologiczny opiera się na uspołecznieniu działania technicznego, które posługuje się rzeczami i wytwarza rzeczy nowe. Aby odzwierciedlić złożoność tego zagadnienia, nowy paradygmat opiera się formalnie na modelach systemowych. W ten sposób paradygmat technologiczny prowadzi do nowej dyscypliny podstawowej - techniki ogólnej [Ropohl 1991] albo metatechniki.

Paradygmat scjentyficzny oferuje nam więc niepełne, „skrótowe” rozumienie techniki. Paradygmat technologiczny jest nie tylko szerszy, ale bardziej humanistyczny, ponieważ technika, w przeciwieństwie do wolnych od wartościowania nauk przyrodniczych, nie może się odżegnać od osądów wartości. Porównanie obu paradygmatów ułatwia tabela 3.1.

W paradygmacie technologicznym technika widziana jest jako zintegrowana całość. Jako integracja narzędzi, materiałów, energii, informacji i funkcji wewnątrz złożonego systemu technicznego.

## *Podsumowanie*

Dotychczasowa edukacja ma charakter odtwórczy i kultywujący. Polega przede wszystkim na wybiórczym „zapisywaniu” w głowach uczniów wiedzy specjalistycznej i wartości dziedzictwa kulturowego, przez co nie daje wystarczającego przygotowania do życia w świecie zewnętrznym, pozaszkolnym.

Przejawem nowych celów edukacyjnych jest formułowanie różnych „edukacji dla ...”: dla życia, dla świata, dla własnego rozwoju, dla przyjemności. Edukacje tego rodzaju starają się przeznaczać więcej czasu na przygoto-

wywanie ludzi do pracy i życia poza systemem edukacyjnym. Cele te można ogólnie ująć pod hasłem edukacji dla zdatności.

Tabela 3.1.

Technika z punktu widzenia dwóch paradygmatów: scjentyficznego i technologicznego

Punkt widzenia	Paradygmat scjentyficzny	Paradygmat technologiczny
Co tworzy istotę techniki?	Efekty zjawisk przyrodniczych stosowane w rozwiązaniach technicznych	Różnorodność zjawisk technicznych spotykanych w abstrakcyjnych funkcjach przetwarzania pracy (pracy technicznie realizowalnej i uprzedmiotowionej)
	Konkretne efekty przyrodnicze	Abstrakcyjne funkcje przetwarzania pracy
Gdzie leży naukowość techniki?	W stosowanych naukach przyrodniczych	W teoretycznym opisie realnej praktyki działań technicznych (projektowania, wytwarzania, konstruowania, eksploataowania, oceniania itp.)
	Nauki przyrodnicze	<b>Opis praktyki działań technicznych</b>
Na czym opiera się paradygmat?	Na naturalnym (przyrodniczym) wymiarze rzeczy	Na uspołecznieniu działania technicznego, które posługuje się rzeczami i tworzy rzeczy nowe
	Przyrodniczy wymiar rzeczy	Uspołecznienie działania technicznego

Istotą edukacji dla zdatności jest wspieranie i rozwijanie w ludziach kompetencji, radzenia sobie z własnym życiem, twórczości i współpracy z innymi ludźmi. W dzisiejszym systemie edukacyjnym tego rodzaju umiejętności i zdolności są niedoceniane.

Punktem wyjścia koncepcji edukacji dla zdatności jest technika, której wytwory są wynikiem ludzkiej zdatności do działania. Technika zawsze była i jest przyzywana wtedy, gdy potrzebne są praktyczne rozwiązania problemów. Jest ona istotną częścią kultury ludzkiej, ponieważ dotyczy osiągania szerokiego zakresu celów człowieka. Niemożliwe jest poznanie świata bez zrozumienia roli techniki w kształtowaniu społeczeństwa.

Dotychczasowa edukacja techniczna w szkole ogólnokształcącej ma charakter wybitnie politechniczny, wyrażający się przede wszystkim w instrumentalnym, bezpośrednim i specjalistycznym podejściu do techniki. W takiej edukacji mało jest w niej elementów ogólnotechnicznych i pozatechnicznych, uła-

twiających zrozumienie istoty techniki i jej skutków pośrednich, szczególnie kulturowych, które są zbyt często niedoceniane.

Model edukacji dla zdatności jest jądrem edukacji metatechnicznej. Może być on zastosowany na każdym poziomie działalności technicznej, w każdym wieku i poziomie rozwoju ucznia. Może być używany zarówno na najniższym, jak i na najwyższym poziomie techniki. Treści techniczne i metatechniczne mogą być wprowadzane do kształcenia ogólnego dwoma drogami. Pierwsza polega na wprowadzeniu techniki jako pojedynczego przedmiotu rządzącego się swoimi prawami. Druga - na wzbogaceniu istniejących przedmiotów przyrodniczych i humanistycznych o treści metatechniczne.

Podstawą edukacji metatechnicznej jest paradygmat technologiczny (metatechniczny). Jest on nie tylko szerszy od panującego dziś powszechnie paradygmatu scjentyficznego, ale także bardziej humanistyczny, ponieważ technika, w przeciwieństwie do wolnych od wartościowania nauk przyrodniczych, nie może się bowiem odżegnać od osądów wartości.

## Rozdział 4.

### Wiedza techniczna i wiedza o technice

Wiedza techniczna i o technice jest ogromna i bardzo zróżnicowana. Zróżnicowanie to bierze się z różnego spojrzenia na maszyny przez tych, co je konstruują, wytwarzają, użytkują lub po prostu obserwują.

Wszyscy jesteśmy użytkownikami maszyn i innych obiektów technicznych. Maszyna przestała być zjawiskiem czysto technicznym i ekonomicznym. Dlatego podstawowa wiedza o obiektach technicznych powinna uwzględniać także aspekty pozatechniczne (metatechniczne), zwłaszcza społeczne i etyczne. Poniżej spróbujemy scharakteryzować szkielet takiej wiedzy. Posłużymy się przy tym dwoma kryteriami podziału szeroko rozumianej wiedzy technicznej. Pierwsze, *ogólne*, stara się traktować wiedzę techniczną w jak najszerszym sensie (wiedza techniczna + wiedza o technice). Opiera się ono na powiązaniu stopnia trudności przyswajania wiedzy technicznej z najważniejszymi jej aspektami pozatechnicznymi. Kryterium to wyróżnia w wiedzy technicznej i wiedzy o technice różnorodne składowe: audiowizualno-fenomenologiczne, praktyczno-pragmatyczne, metodyczno-analityczne, naukowe (inżyniersko-przyrodnicze), społeczno-ekonomiczne i etyczno-moralne [Frey 1984]. Drugie kryterium traktuje wiedzę techniczną w wąskim, *inżynierskim* sensie. Rozróżnia ono dwa rodzaje tej wiedzy: wiedzę obiektową i wiedzę metodyczną [Rodenacker 1976]. Oba podziały wydają się być spójne, ponieważ drugi można traktować jako rozbudowanie składowej naukowej w podziale pierwszym.

#### *Wiedza audiowizualno-fenomenologiczna*

Jest to wiedza intuicyjna, oparta na zjawiskach i doznaniach słuchowo-wzrokowych. Zjawiskach, które dotyczą obecności obiektów technicznych i pomagają człowiekowi żyć w świecie techniki. Wiedza ta jest charakterystyczna dla dzieci i ludzi prostych. W swej przestrzeni życiowej znajdują oni wiele najróżnorodniejszych maszyn i urządzeń, znają ich nazwy, wygląd odgłosy itp. Nie umieją się jednak z nimi obchodzić, nie rozumieją ich funkcji czy znaczenia. Osoba, która sprząta w zautomatyzowanej hali produkcyjnej może np. podać nazwy licznych maszyn, nie mając zupełnie pojęcia o ich celu lub zasadzie działania. O postępie produkcyjnym, wynikającym z automaty-

zacji, osoba ta wie mało, tak jak i o jego wpływie na jej życie prywatne i społeczne.

### *Wiedza praktyczno-pragmatyczna*

Wiedza ta łączy umiejętności techniczno-operacyjne z użytkową wiedzą poznawczą (kognitywną). Samo posiadanie wiedzy o tym jak obsługiwać konkretną maszynę, czyli użytkowa wiedza poznawcza, wcale nie oznacza, że od razu będziemy maszynę obsługiwać tak biegle i wydajnie, jak czyni to dłu-goletni pracownik o umiejętnościach techniczno-operacyjnych. Wiedza po-znawcza ma na celu zrozumienie działania człowieka w stosunku do maszyny. Umiejętności techniczno-operacyjne dotyczą zaś programowanych koordynacji czynności zmysłowo-ruchowych (sensomotorycznych). Między jednym a drugim leży długa droga cierpliwego ćwiczenia.

Podstawą wiedzy praktyczno-pragmatycznej jest informacja. Zmysłowo-ruchowe mechanizmy koordynacji można przedstawić za pomocą zamkniętego układu regulacji. Ujawniają się one jako pewnego rodzaju nieświadomy proces przetwarzania informacji. Program tego przetwarzania - także zwykle nieświadomy - już jako informacja zostaje wcześniej zapisany w naszym mózgu. Przykładowo proces jazdy samochodem jest dla początkującego kierowcy ogromnym problemem, ale z czasem (rosnąca praktyka) proces ten staje się automatycznym procesem regulacji. Dopiero gdy zaczynają występować problemy nowe, np. niespotykane sytuacje w ruchu drogowym, uruchamiane zostaje świadome przetwarzanie informacji.

Wiedza praktyczno-pragmatyczna jest dziś coraz częściej zastępowana przez zautomatyzowane systemy techniczne, maszyny-automaty, roboty. Obserwujemy formalizację i automatyzację jej funkcji informacyjnych. Staje się ona przez to mniej wartościowa, a często nawet zbyteczna. Przykładem może być obrabiarka sterowana numerycznie lub inna maszyna sterowana za pomocą mikroprocesora. Pracownik, który na niej pracuje nie potrzebuje już tej wiedzy praktyczno-pragmatycznej, jaką musiał dysponować dawny tokarz lub frezer. Wystarczy jeśli poda i zamocuje przedmiot obrabiany, uruchomi odpowiedni program komputerowy, zawierający wszystkie funkcje obsługowe, jakie człowiek dotychczas wykonywał, włączy maszynę - i wszystko dalej dzieje się automatycznie. Jeżeli do tego dołączymy jeszcze robot, który podaje i mocuje przedmiot obrabiany, to nawet sam pracownik staje się zbyteczny.

### *Wiedza metodyczno-analityczna*

Jest to wiedza o współzależnościach, jakie zachodzą między funkcją obiektu technicznego, warunkami technicznymi, jakich potrzebuje i jego konstrukcją (strukturą). Jest to więc poznawcza wiedza funkcjonalna i strukturalna.

## Wiedza funkcjonalna

*Wiedza funkcjonalna* obejmuje wiedzę o reakcji obiektu technicznego na „wejście” (input). „Wejście” dotyczy otoczenia i człowieka, obchodzącego się z tym obiektem. W cybernetyce i teorii systemów obiekt techniczny ujmowany jest jako „czarna skrzynka” (black box). Oznacza to, że maszyna lub inne urządzenie techniczne pojmowane są wyłącznie jako podstawa określonych skutków, nie zaś jako wynik rozpoznawalnych przyczyn. Znajomość funkcjonalnego zachowania się obiektu technicznego nie jest wywodzona z jego praw przyczynowych, lecz uzyskiwana z prawidłowości jego reagowania. Człowiek, obsługujący maszynę, uczy się poznawać jej funkcję przez własne obserwacje albo nabywa tę informację przez kontakt z innymi ludźmi, których doświadczenia przyjmuje najczęściej bez wątpliwości. Szczególny udział w przekazywaniu tak rozumianej wiedzy funkcjonalnej mają zawsze ci, którzy obiekty techniczne konstruują, wytwarzają i następnie publikują opisy ich funkcjonowania w instrukcjach obsługi, prospektach reklamowych i innych materiałach.

## Wiedza strukturalna

Podobny status umysłowy ma wiedza strukturalna o obiektach techniki. W odróżnieniu od zewnętrznego charakteru wiedzy funkcjonalnej dotyczy ona wnętrza obiektu technicznego. Zajmuje się jego budową wewnętrzną i układem konstrukcyjnym. *Wiedza strukturalna* obejmuje wiadomości o podziale systemu „obekt techniczny” na podsystemy (np. zespoły, części) i elementy, o ich właściwościach, wzajemnym powiązaniu, sposobie konstruowania i wykonywania. Może ona zawierać także dane doświadczalne o tym, jakie cechy strukturalne obiektu technicznego sprzyjają określonym funkcjonalnym cechom jego zachowania się. Wiedza strukturalna jest więc również, jak wiedza funkcjonalna, określana w sposób indukcyjny. Polega on na opisie obserwowalnych faktów, a nie na wyjaśnianiu przyczyn. Wiedza ta nie jest uzasadniona teoretycznie. Mniej niż wiedza funkcjonalna opiera się na własnym doświadczeniu a bardziej na przekazie.

Przydatność wiedzy funkcjonalnej coraz bardziej rośnie. Inaczej niż wiedzy praktyczno-pragmatycznej, której znaczenie staje się coraz mniejsze. Wiedza funkcjonalna jest bowiem niezbędnym warunkiem użytkowania obiektu technicznego. Już samo uruchomienie maszyny zakłada przecież znajomość wiedzy funkcjonalnej o podstawowych funkcjach sterowania i regulacji.

Podobnie jest z wiedzą strukturalną. Obserwuje się tendencję ograniczania środków potrzebnych do eksploatacji maszyn, mimo rosnącego ich skomplikowania. Jest to jednak złudne, ponieważ dotyczy chwilowego, a nie długiego, ciągłego funkcjonowania maszyn. Aby maszyna funkcjonowała w dłuższym



okresie, trzeba ją przecież utrzymywać (konserwować, naprawiać), a do tego z kolei potrzebne są właśnie te ograniczane środki, i to w formie bardziej wymagającej wiedzy strukturalnej. Ten, kto naprawia maszynę powinien przecież znać jej budowę, co nie jest konieczne potrzebne temu, kto maszynę tylko użytkuje. Ponieważ jednak naprawa maszyny jest zjawiskiem relatywnie rzadkim, w stosunku do jej normalnej pracy, istnieją jednostki wyspecjalizowane (serwis), zajmujące się utrzymywaniem i odnawianiem funkcji maszyn. Jednostkom tym wystarcza zwykle wiedza strukturalna. Tylko w nadzwyczajnych sytuacjach potrzebny jest im inny rodzaj wiedzy o maszynie (obiekcie technicznym) - naukowa wiedza techniczna i przyrodnicza.

### *Wiedza naukowa*

Naukowa wiedza techniczna to przede wszystkim wiedza nauk technicznych i nauk przyrodniczych. Wstępną, niedojrzałą formą naukowej wiedzy technicznej i przyrodniczej jest wiedza strukturalna. Wiedza nauk technicznych i przyrodniczych objaśnia współzależności w obiekcie technicznym za pomocą praw, leżących u podstaw jego budowy i zachowania się. Prawa te są twierdzeniami, usystematyzowanymi teoretycznie i sprawdzonymi empirycznie. Wiedza ta dotyczy nie tylko funkcjonalnych i strukturalnych cech obiektu technicznego, ale także tych praw przyrodniczych, które są na nowo „odkrywane” w jego strukturze i sposobie funkcjonowania.

Z potrzebą naukowej wiedzy technicznej i przyrodniczej mamy do czynienia wtedy, gdy pytamy o przydatność obiektu technicznego do zrealizowania określonego celu czy zadania. Przydatność ta zależy np. od praw fizykalnych i zakłóceń, jakie mogą występować w obszarze obiektu technicznego; od zastosowanych w obiekcie układów pomiarowych, sterujących itp. Bez naukowo-technicznej analizy np. problemów pomiarowych (zakłóceń) ocena przydatności czy dokładności układów pomiarowych nie ma żadnego sensu. Nowe przypuszczenia (hipotezy) o zakłóceniach, i towarzyszących im prawach fizykalnych, prowadzą do wynalezienia nowych przyrządów pomiarowych, lub do nowego wytłumaczenia odczytów na przyrządach istniejących. Bardzo często prowadzi to do nieprzewidywanego połączenia teorii z faktami. W ten sposób wiedza naukowa odgrywa coraz większą rolę w nowoczesnej technice.

Tabele i formuły empiryczne, prawidłowości i reguły zawarte w zasadach i wytycznych konstruowania, wytwarzania i użytkowania obiektów technicznych, stanowią od dawna przedmiot badań naukowych. Badania te prowadzone są według wzorca nauk przyrodniczych i mają na celu sprowadzenie reguł doświadczalnych (fenomenologicznych) do postaci hipotez nomologicznych, czyli do praw, które potem są sprawdzane teoretycznie i doświadczalnie. Matematyka numeryczna i rozwój techniki komputerowej stworzyły nowe moż-

liwości statycznego i dynamicznego symulowania zachowania się obiektów technicznych. Dzięki temu nowe rozwiązania techniczne powstają znacznie szybciej niż kiedykolwiek dotąd.

Naukowa wiedza przyrodnicza jest wiedzą przede wszystkim analityczną. Dotyczy to w dużej mierze także naukowej wiedzy technicznej, choć ta ostatnia, podobnie jak wiedza strukturalna, jest wyraźnie zorientowana na syntezę. W nowoczesnych dyscyplinach nauk technicznych, np. w mechatronice, trudno jest jednak wyraźnie oddzielić te dwa rodzaje wiedzy.

### *Wiedza społeczno-ekonomiczna*

Proces badawczo-rozwojowy, prowadzący do nowej wiedzy technicznej, prowadzi także do procesu innowacyjnego. Ten z kolei zmienia obiekty techniczne i prowadzi do procesu produkcyjnego w wąskim sensie i przez to prowadzi do powiększenia lub zmiany zasobów produktu społecznego.

Szacuje się, że mieszkaniec krajów o wysoko rozwiniętym przemyśle zużywa przeciętnie rocznie około  $4 \times 10^9$  dżuli energii, z czego zaledwie  $4 \times 10^9$  dżuli wytwarza bezpośrednio w swoich mięśniach. Oznacza to, że w krajach wysoko rozwiniętych energia zużywana stokrotnie przekracza energię wyprodukowaną przez samego człowieka. Mieszkaniec krajów najniżej rozwiniętych dysponuje zaś średnio zaledwie dwa razy większą energią od tej, którą sam wytwarza. Ze wzrostem zużycia energii zmienia się standard ekonomiczny naszego życia. Poprawia się jakość odżywiania, warunki mieszkaniowe, odzież, opieka lekarska i poziom oświaty. Wszystko to zawdzięczamy odkryciu nowych źródeł energii oraz rosnącej wydajności i sprawności ich wykorzystania przez maszyny i inne urządzenia techniczne.

Czy wszystkie te zmiany są zmianami tylko na lepsze? A zatrucie powietrza gazami wydechowymi silników spalinowych, gazami i pyłami elektrowni węglowych? A zmiany środowiska pod wpływem ciepła, wydzielanego przez elektrownie klasyczne? A problem wyczerpywania się źródeł energii konwencjonalnych? A przypadek Czarnobyła? Czy nasza współczesna organizacja życia, oparta na coraz szerszym wykorzystywaniu maszyn i źródeł energii, bez liczenia się z następstwami, jest dla społeczeństwa korzystna?

W państwach uprzemysłowionych coraz większą część produktu społecznego przeznaczają na badania i rozwój techniki. Celem jest zdobycie nowej wiedzy technicznej, czyli uzyskanie informacji. W ślad za tym idą nowe procesy innowacyjne i produkcyjne, prowadzące do nowych systemów technicznych.

Wpływ innowacji na technikę jest oczywisty. Każdy zna spektakularne zmiany, jakie powstają przez masowe zastosowanie elektroniki i informatyki w maszynach i innych urządzeniach technicznych. Doprowadziło to do inte-

gracji mechaniki, budowy maszyn, elektroniki i techniki komputerowej w postaci mechatroniki. Powstały elastyczne systemy produkcji. Fabryki stają się bardziej zakładami usługowymi, produkującymi „na miarę”. Maszyny i urządzenia stają się bardziej wydajne, formalne, abstrakcyjne, fraktalne [Warnecke'1992].

Wiedza techniczna nie jest tylko dobrem umysłowym. Z powodu swej przydatności stała się także dobrem ekonomicznym. „Produkcja” wiedzy technicznej nie wymaga tak ogromnych zasobów materiałowych i energetycznych jak produkcja maszyn i innych urządzeń technicznych. Ryzyko, ponoszone podczas jej opracowywania, jest jednak ogromne. Wynik zawiera bowiem wiele niepewności, tzn. składa się z pęku jakościowo różnych, niepewnych informacji. I z tego powodu często niewiele inwestuje się w „produkcję” nowej wiedzy technicznej.

### *Wiedzaetyczno-moralna*

Chodzi tu przede wszystkim o oddziaływanie postępu technicznego na społeczeństwo i związane z tym *problemy orientacji*. Problemy tego rodzaju występują wtedy, gdy myślenie i działanie człowieka przestaje przebiegać w sposób tradycyjny, bez wątpliwości.

Zmiany, jakie obserwujemy dziś na świecie i w najbliższym otoczeniu, wywołane zostały przede wszystkim tym, że człowiek budował i użytkował maszyny i inne urządzenia techniczne. Wiadomo, że to, co człowiek wie i czyni nie zawsze jest racjonalne. Tu leży podstawowy dylemat nowoczesnych społeczeństw uprzemysłowionych. Wiedza techniczna jest ogromna. Technicznie prawie wszystko jest wykonalne. Powstaje strach przed tym, że można zrobić wszystko, co się chce. A więc problem: czy *technika jest błogosławieństwem czy przekleństwem* człowieka? Pewne jest jedynie to, że na tak postawione pytanie nie ma jednoznacznej odpowiedzi. To, co wydaje się błogosławieństwem w intencjach, jest często przekleństwem w skutkach.

Wiedza techniczna i wiedza o technice nie powinna być przedstawiana wyłącznie jako zbiór informacji, który ma służyć przyszłym zastosowaniom znanych obiektów techniki i przynależnych im reguł konstruowania, wytwarzania, użytkowania i likwidowania. Wiedzę tę należy traktować także jako podstawę twórczego działania za pomocą obiektów techniki i ich funkcji. Należy więc porzucić dotychczasowe ukierunkowanie na konkretne obiekty i przejść do podkreślenia ich złożonych powiązań. Przedstawianie konkretnych obiektów techniki (maszyn, urządzeń, budowli) należy ograniczyć do rzeczy istotnych, koniecznych. Należy wychodzić od efektów fizykalnych, wykorzystywanych w tych obiektach, od czynników i zakłóceń na nie wpływających, zauważać aspekty ekologiczne i społeczne.

## **Wiedza obiektowa i wiedza metodyczna**

Przyswajanie wiedzy nie jest zwykłym dodawaniem wiedzy nowej do posiadanej. Ma ono charakter iteracyjny. Podczas nabywania wiedzy nowej korzystamy z wiedzy już posiadanej. Z tego punktu widzenia ważne jest rozróżnianie między wiedzą deklaratywną, proceduralną i kontekstualną [por. Dylak 1995, s. 76]. W naukach technicznych podobne rozróżnianie zaproponował Rodenacker [1976], wprowadzając podział na wiedzę obiektową i metodyczną. Ta pierwsza ma właśnie charakter deklaratywny (przedstawia opisy); druga zaś proceduralny (podaje recepty) i kontekstualny (pobudza skojarzenia).

### **Wiedza obiektowa (wiedza typu *co to jest?*)**

Wiedza obiektowa obejmuje wiadomości, zdolności i umiejętności, dotyczące konstruowanych, wytwarzanych czy użytkowanych obiektów. Do tej wiedzy należą:

- wiedza o obiektach techniki jako taka; wiadomości o ich budowę, zasadach działania, właściwościach użytkowych;
- wiedza o zagadnieniach kształtowania, wytwarzania i użytkowania obiektów techniki i maszyn z podstawowymi wiadomości z materiałoznawstwa i projektowania;
- wiedza o uwzględnianych przy tym czynnikach i warunkach; istotne dane o elementach konstrukcyjnych, o koniecznych do uwzględniania normach, technikach wytwarzania, kosztach itp.

Wiedza obiektowa ma charakter deklaratywny, opisowy. Jest to bardzo specyficzna wiedza zawodowa, ograniczona w czasie i obszarze. Przenoszenie jej na inne obszary zawodowe jest możliwe tylko w wąskim zakresie i ograniczone szybkimi zmianami postępu technicznego. Jest to znajomość faktów, często niepowiązanych logicznie, i dlatego wiedza ta może być nabywana głównie przez mechaniczne zapamiętanie. Z tego powodu bywa też bardzo szybko zapomniana.

### **Wiedza metodyczna (wiedza typu *jak to zrobić?*)**

Wiedza metodyczna ma charakter operacyjny, proceduralny. Obejmuje wiadomości, uzdolnienia i umiejętności, dotyczące sposobu rozwiązywania zadań i problemów, czynności, które prowadzą do racjonalnego konstruowania, wytwarzania, użytkowania i likwidowania obiektów techniki. Do tego rodzaju wiedzy należą:

- ogólna wiedza o metodyce i technice projektowania, konstruowania, wytwarzania, użytkowania i likwidowania systemów technicznych;

- wiedza o technikach kreatywnościowych, technikach podejmowania decyzji, analiza wartości, systemy doradcze, systemy komputerowego wspomaganie, metody zdobywania, przetwarzania i gromadzenia informacji, reguły określania kosztów itp.

Jako wiedza ponadfachowa znajduje ona szerokie zastosowanie także poza techniką. W porównaniu z wiedzą obiektową jest względnie długowieczna, ponieważ sposoby postępowania i metody nie zmieniają się tak szybko, jak obiekty stworzone za ich pomocą.

Wiedza metodyczna jest wzajemnie powiązaną wiedzą procesową. Dlatego może być nabyta i utrzymana przez zrozumiałe uczenie się w połączeniu z logicznym myśleniem. Własne doświadczenia podczas metodycznego stawiania zadań przyczyniają się do tego, że wiedza metodyczna bardzo szybko jest do dyspozycji nie tylko jako wiedza czysta, ale także jako umiejętność w postaci odpowiedniego zachowania się podczas rozwiązywania problemów.

Szczególne zalety wiedzy metodycznej polega na tym, że umożliwia ona planowe i systematyczne zastosowanie wiedzy obiektowej. Tworzy szkielet do jej przyjmowania. Dlatego wiedza metodyczna powinna być obecna, *explicite* lub *implicite*, w treściach każdego przedmiotu nauczania, dotyczącego konkretnej grupy obiektów techniki. Główną rolę w przekazywaniu tej wiedzy na studiach technicznych powinny jednak odgrywać specjalne przedmioty, takie jak projektowanie, nauka czy technika konstruowania.

### *Podsumowanie*

Wiedza techniczna i wiedza o technice jest ogromna i bardzo zróżnicowana. Wyróżnić w niej można składowe audiowizualno-fenomenologiczne, praktyczno-pragmatyczne, metodyczno-analityczne, naukowe, społeczno-ekonomiczne oraz etyczne-moralne. Innym, ważnym dla edukacji, podziałem tej wiedzy jest podział na wiedzę obiektową i wiedzę metodyczną.

Podstawowa wiedza o obiektach technicznych w coraz większym stopniu uwzględnia także aspekty pozatechniczne (metatechniczne), szczególnie ekonomiczne, społeczne i etyczne.

Jeżeli większość ludzi ma rozumieć ten ogrom wiedzy, to należy ją uprościć dydaktycznie. Złożone, trudno dostępne zagadnienia należy sprowadzić do prostych faktów i zależności. Należy przy tym pamiętać, że takie uproszczenie nie jest zwykle konkretną, istniejącą rzeczywistością, ale obrazem symbolicznym, abstrakcyjnym. Bezpośrednia rzeczywistość jest upraszczana do liczb, schematów, modeli; konkret do abstraktu.

## Rozdział 5.

### Technika jako triada operand-operator-operacja

Edukacja metatechniczna wymaga ogólnego modelu techniki. Jednym z takich modeli może być model w postaci triady operand-operator-operacja. W takiej triadzie występuje nie tylko to, co jest wspólne wszystkim dyscyplinom technicznym, ale także widać wyraźnie współzależności systemowe między techniką, środowiskiem i społeczeństwem. Poniżej pokażemy skąd się wzięł ten model i jak go można wykorzystać do scharakteryzowania techniki z różnych (także metatechnicznych) punktów widzenia.

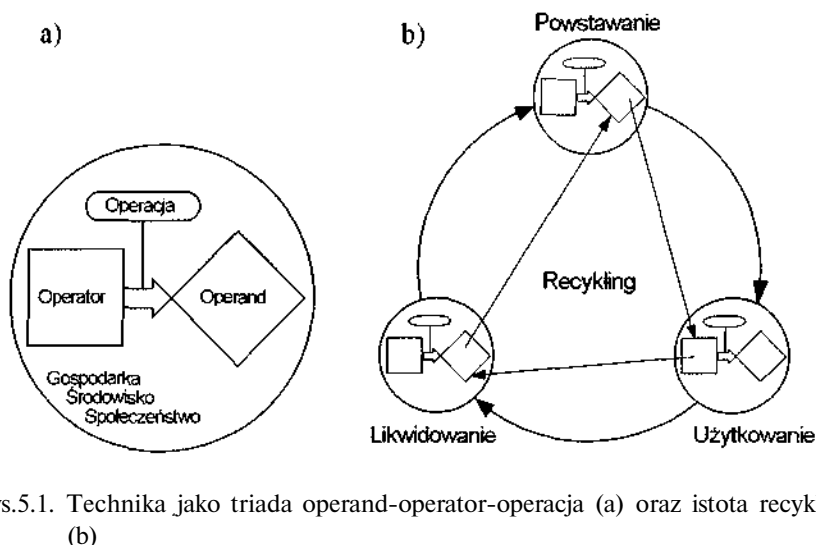
#### *Istota operandu, operatora i operacji*

W każdej technice mamy, ogólnie biorąc, do czynienia z czynnościami i obiektami. Czynności są wykonywane na jakichś obiektach. Obiekty zaś, ze swej strony, służą do wykonywania jakichś czynności. Czynności możemy nazwać *operacjami*; obiekty, które za pomocą czynności są przekształcane w pożądaną stan - *operandami*, a obiekty, za których pomocą wykonywane są te czynności - *operatorami*. Uwzględniając, że operacje mają miejsce w określonym środowisku, społeczeństwie i gospodarce, każdą technikę można przedstawić jako triadę operand-operator-operacja (rys. 5. 1a).

Zgodnie z powyższym, cały rozwój techniki może być widziany jako rosnące zastępowanie operatorów naturalnych przez sztuczne (artefakty). U człowieka pierwotnego zarówno operandy, jak i operatory były obiektami naturalnymi. Operand naturalny „kamień” był łupany operatorem naturalnym „inny kamień”. Przy dzisiejszym stanie rozwoju techniki operatory i operandy są w ogromnej części wytworami techniki. Widać to szczególnie w przemyśle lotniczym, elektronicznym czy maszynowym. W górnictwie, hutnictwie, technice rolniczej czy technice środków spożywczych mamy do czynienia głównie z operandami naturalnymi.

W dotychczasowym przedstawieniu techniki, jako zbioru operandów, operatorów i operacji nie uwzględnialiśmy najważniejszego „obektu” techniki - człowieka. Patrząc przedmiotowo człowiek jest w technice przede wszystkim operatorem. Na przykład operacja „dzielenie chleba” jest wykonywana na

operandzie „chleb” za pomocą *bezpośredniego operatora* „nóż” i za pomocą *pośredniego operatora* „człowiek”. Człowiek może w tej operacji być także operatorem bezpośrednim, gdy dzieli chleb samymi palcami dłoni. Jako operand człowiek występuje podczas operacji medycznych, a także, z reguły nieświadomie, podczas nieprzewidywalnych, niepożądanych oddziaływań techniki na środowisko (np. zapylenie powietrza, przypadek Czarnobyla itp.).



Rys.5.1. Technika jako triada operand-operator-operacja (a) oraz istota recyklingu (b)

Nowoczesna technika to niezliczone maszyny, urządzenia, aparaty, narzędzia, przyrządy, instrumenty, przybory, budowle, niezliczone materiały do przeróbki i obróbki, niezliczone procesy i metody. Mamy więc do czynienia z niezliczonymi operatorami, operandami i operacjami. Powstaje pytanie: jak te niezliczone, różnorodne obiekty racjonalnie klasyfikować? Jakie kryterium zastosować w tym celu?

Każdy produkt techniki służy (powinien służyć) zamierzonemu celowi, czyli spełnia *określoną, funkcję*. Funkcję tę można przyjąć jako kryterium klasyfikacji. W ten sposób produkty techniki można sprowadzić do płaszczyzny abstrakcyjnej, niezależnej od konkretnej struktury każdorazowego produktu. Różne produkty mogą spełniać jedną i tę samą funkcję. Wprawdzie jakaś struktura może spełniać tę funkcję lepiej niż inne struktury, ale w tym przypadku nie chodzi o strukturę lepszą (to należy do konstruktora), ale o istotę podstawowej różnicy między różnymi produktami technicznymi. Oprócz tego funkcja jest tak samo kategorią techniczną, jak i społeczną. Z tej uprzywilejowanej pozycji funkcji wynika, że najpierw powinniśmy zająć się operacjami technicznymi, a później dopiero operandami i operatorami.

## Podstawowe operacje, operandy i operatory techniczne

Funkcje techniczne opisywane są słowami, które odzwierciedlają zdarzenia, stany, właściwości i zależności. Porównawcza analiza znaczeń tych niezliczonych słów (nazwijmy je słowami funkcyjnymi) pokazuje, że wyrażają one, ogólnie biorąc, jakąś zmianę operandu. Chodzi tu przede wszystkim o zmianę stanu operandu, jego położenia, struktury, właściwości i wielkości, które go opisują. Dlatego czasownik „zmieniać”, a właściwie rzeczownik odczasownikowy „zmienianie”, można potraktować jako najbardziej uogólnioną operację techniczną. To „zmienianie” odbywa się z reguły przez stworzenie pewnego sposobu oddziaływania na operand. Dalsza analiza słów funkcyjnych prowadzi do wniosku, że w zadaniach technicznych (operacjach), ogólnie biorąc, chodzi o *gromadzenie (magazynowanie), przewodzenie (transportowanie) i przemienianie (przekształcanie, przetwarzanie, rozdzielanie, wiązanie)*. Do tych sześciu czynności można zredukować praktycznie wszystkie czasowniki i rzeczowniki odczasownikowe, służące do opisywania operacji technicznych.

Na pierwszy rzut oka wydaje się, że obiektami operacji technicznych mogą być tylko obiekty konkretne, czyli bezpośrednio odczuwalne przez zmysły, a więc surowce, półfabrykaty, materiały i inne konkretne obiekty materialne. Istnieją jednak przeciwieństwo obiekty, które nie są bezpośrednio odbierane przez zmysły. Obiektami takimi są: siła, moc, energia, informacja i wiele innych pojęć nauk przyrodniczych.

Powstaje pytanie: czy tak dużą liczbę różnorodnych obiektów (operandów) można sprowadzić do kilku operandów podstawowych? Pytanie to należy do kategorii pytań o podstawowe pojęcia nauk przyrodniczych. Dlatego musimy sięgnąć do filozoficznych podstaw nauk przyrodniczych. Znajdziemy tam, że pojęcia materii, energii i informacji postawione są obok siebie jako pojęcia podstawowe [Weizsäcker 1971]. Pojęcia te stały się podstawą nauki konstruowania w budowie maszyn i okazały się nie do zastąpienia. Nazwane zostały nawet *ogólnymi wielkościami nauki konstruowania* [Roth 1982]. W technice pojęcia te są jednak stosowane nieco inaczej niż w naukach przyrodniczych. Są one najczęściej powiązane z konkretnymi wyobrażeniami fizykalnymi lub technicznymi. I tak materia określana jest z reguły materiałem, informacja kojarzona najczęściej z jej nośnikiem - sygnałem, a energia podawana jest zwykle wraz z formą jej występowania (mechaniczna, elektryczna, cieplna itd).

*Materia, energia i informacja* mogą być więc traktowane jako podstawowe operandy techniki. Za pomocą niezliczonych operatorów są one zmuszane do zmiany, rozdzielane lub wiązane, przez co powstają operacje techniczne.

Jeżeli triadę operand-operator-operacja powiążemy z fazami życia produktu, to zobaczymy, że pierwotny operand staje się w pewnej fazie operatorem i później



znowu operandem (rys 5.1b). I tak, np. samochód jest podczas wytwarzania operandem, podczas jazdy - operatorem, podczas konserwacji znowu operandem. Wycofane z użytkowania auto może stać się wejściowym operandem w procesie wytwarzania. Powstający w ten sposób obieg operand-operator-operand, nazywany *recyklingiem* (recycling), jest ważny nie tylko z ekonomicznego, ale także, a może przede wszystkim, z ekologicznego punktu widzenia.

Powiedzieliśmy wcześniej, że operatorem technicznym może być zarówno obiekt sztuczny, jak i naturalny. Jakie są jednak cechy tych obu rodzajów operatorów? Weźmy samochód osobowy. Zarówno sam samochód, jak i kierowca są operatorami. Operacja „zmiana miejsca człowieka” nie musi być jednak realizowana za pomocą samochodu; człowiek może przecież zmienić swoje miejsce na pieszo. Co więc wnosi samochód w tę operację? On zmieniają tylko ilościowo, czyni szybszą i wydajniejszą. Stąd wniosek: człowiek jest *operatorem pierwotnym*, samochód - *operatorem wtórnym*. Operacja formowania glinianego garnka może być dokonywana samymi dłońmi, bez pomocy sztucznego operatora; wystarczy naturalny operand „glina” i naturalny operator „człowiek”, dokładnie biorąc jego dłonie, aby przeprowadzić operację „formowanie”. Dołączenie sztucznego operatora „koło garncarskie” prowadzi tylko do poprawy wydajności i jakości produktu.

Jakie są więc podstawowe rodzaje (klasy) sztucznych operatorów technicznych? Historycznie rzecz biorąc są to: *narządzie, budowla, maszyna, automat i robot*. Włączając do rozważań podstawowe operacje techniczne możemy określić operatory typowe, znane powszechnie (tab. 5.1).

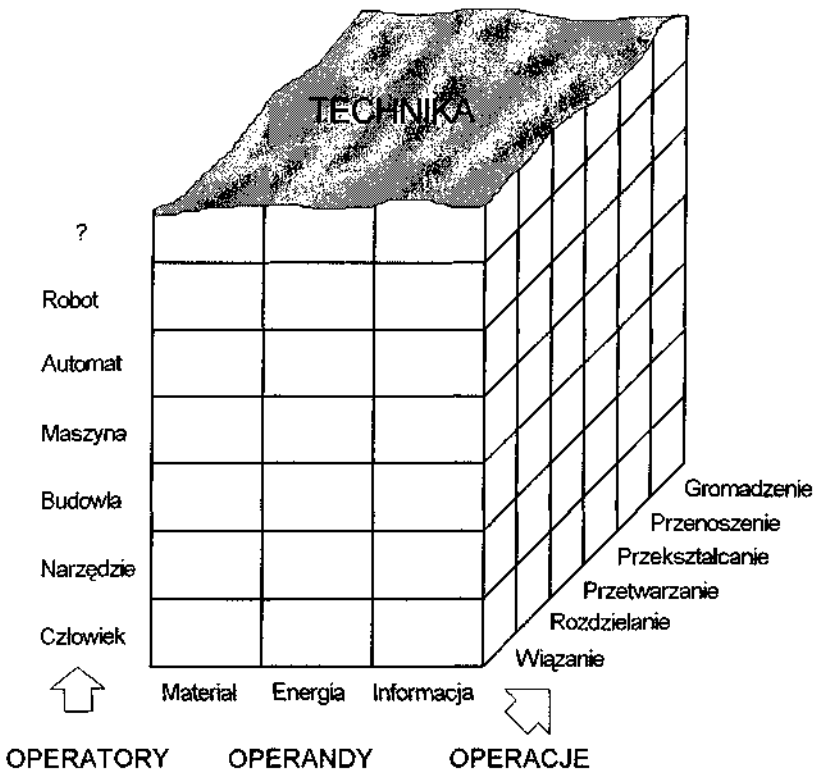
Tabela 5.1.

## Podstawowe operacje techniczne i typowe operatory

Podstawowe operacje		Typowe operatory
Gromadzenie	Magazynowanie	Mieszkanie, hala, magazyn, port, lotnisko, zbiornik wody, piec akumulacyjny, sprężyna, koło zamachowe, akumulator, taśma magnetofonowa, dyskietka, płyta kompaktowa
Przewodzenie	Transportowanie	Pojazd, dźwig, rurociąg, przewód elektryczny, kabel, most, linia kolejowa, łożyskowanie wału
Przemienianie	Przekształcanie	Nóż, nożyczki, szpadel, forma odlewnicza, matryca, przekładnia, wzmacniacz, przekształtnik
	Przetwarzanie	Silnik, turbina, generator, cylinder hydrauliczny, katalizator gazowy, przetwornik
	Rozdzielanie	Tokarka, filtr, oddzielacz, miernik napięcia, miernik przepływu
	Wiązanie	Droga, klatka schodowa, kolektor, zawój, włącznik, licznik

## Podsumowanie

Technika daje się przedstawić jako triada operand-operator-operacja, działająca w gospodarce, środowisku i społeczeństwie. W modelu tym cała technika jawi się nam jako prostopadłościan (rys. 5.2), w którym operandy i operacje tworzą podstawę, a operatory - wysokość. Za pomocą takiego modelu można łatwo i systematycznie ująć i przedstawić najważniejsze wewnętrzne i zewnętrzne zależności w każdym konkretnym systemie technicznym. Każdy proces techniczny (operacja techniczna) może być przedstawiony jako pożądana relacja między operandem i operatorem. Można w ten sposób przedstawić nie tylko istotę każdej szczególnej techniki, ale także łatwo ująć jej wewnętrzne i zewnętrzne powiązania systemowe. Można też obrazowo przestawić naukowe metody analizy i syntezy obiektów technicznych. Model może być także użyteczny podczas tworzenia planów nauczania (curriculum) dla kształcenia ogólnotechnicznego i technicznego na każdym poziomie.



Rys.5.2. Model techniki

## **Rozdział 6.**

### **Nauka, technika, nauki techniczne, technologia**

Szkieletem treści edukacyjnych są pojęcia podstawowe, kluczowe. W każdej edukacji technicznej, szczególnie w tej na średnim i wyższym poziomie, zawsze będziemy mieć do czynienia z takimi pojęciami, jak nauka, technika, technologia, nauki techniczne, nauki przyrodnicze; z ich wzajemnym powiązaniem i nie zawsze jednakowym sensem. Dlatego rozważania nasze powinniśmy zacząć od próby ścisłego określenia tych pojęć. Nie jest to zadanie łatwe. Pojęcia te zmieniają się w czasie, nabierają nowych treści i obejmują nowe zakresy. Ewolucji tej nie zatrzyma się przez żadne definiowanie. Jeżeli więc nie można oczekiwać ostatecznych definicji tych pojęć, to przynajmniej próbujmy jednoznacznie rozumieć ich istotę. I to jest właśnie pierwszym celem rozważań w tym rozdziale.

Nazwa „nauki techniczne” jednoznacznie sugeruje, że przedmiotem tych nauk jest z jednej strony nauka, a z drugiej technika. Taka jest też struktura rozważań. Składa się ona z dwóch zasadniczych części: nauki i techniki. Nie oznacza to jednak wcale, że w pierwszej części będziemy mówić tylko o nauce, a w drugiej tylko o technice. O nauce postaramy się mówić nie tracąc z oczu techniki, o technice zaś będziemy mówić w sposób ukazujący to, co jest w niej naukowe. Najpierw pokażemy drogę, jaka prowadzi od różnego rodzaju wiedzy o technice do wiedzy tej najbardziej twórczej, czyli naukowej; w drugiej zajmimy się naukowym przedstawieniem najważniejszych działów techniki. Wcześniej musimy się jednak zająć istotą samej techniki. Powód jest prosty. Przecież najpierw pojawiły się maszyny i inne urządzenia techniczne, a dopiero potem nauka o nich. Najpierw była więc technika, a dopiero znacznie, znacznie później nauki techniczne.

Nie każda wiedza jest naukowa. Istnieje ogromna wiedza pozanaukowa. Różnica między pierwszym a drugim rodzajem wiedzy dotyczy sposobu jej zdobywania, czyli metody badawczej. Nie wszystkie problemy można bowiem badać naukowo. Istnieje wiele pytań i problemów, np. dotyczących moralności, których nie można z powodzeniem badać w sposób naukowy. Pytanie o to, jakie problemy można badać naukowo, a jakie nie i gdzie leży granica badań naukowych, jest pytaniem o granice nauki, a tych jeszcze nie zdefini-

wano. Wiadomo jedno: posługując się wiedzą naukową i metodą naukową mamy - w przeciwieństwie do zdrowego rozsądku - większe szansę, aby poprawnie rozwiązać stojący przed nami problem. Dotyczy to szczególnie techniki. Świadczy o tym jej imponujący rozwój w ostatnim stuleciu, który prawie wyłącznie zawdzięczamy nauce. Istnieje więc - przynajmniej w wiedzy przyrodniczej i technicznej - wyższość wiedzy naukowej nad pozanaukową. Wyższość ta polega na tym, że tworzenie wiedzy naukowej jest sterowane, skutecznie kierowane na osiągnięcie pożądaných celów. Ukazanie istoty tego sterowania i kierowania, szczególnie w naukach technicznych, jest drugim, podstawowym celem niniejszych rozważań.

Trzecim celem jest ukazanie oblicza nauk technicznych. W jakim stopniu są ona zwykłym, banalnym, a w jaki twórczym zastosowaniem wiedzy nauk przyrodniczych? Na to podstawowe pytania spróbujemy odpowiedzieć poniżej.

### *Nauka*

Słowo „nauka” jest w języku polskim rozumiane różnie. Jako wiedza ludzka; jako zespół poglądów stanowiących usystematyzowaną całość (teoria, doktryna, zespół poglądów religijnych); jako zasób wiadomości (erudycja, wykształcenie); jako uczenie się, kształcenie lub nauczanie kogoś (lekcje, studia, edukacja) czy wreszcie jako pouczenie, wskazówka, morał, przestroga, nauczka. Tak szerokie rozumienie nauki znajdujemy w słownikach języka polskiego. W naszych rozważaniach naukę będziemy rozumieć w znaczeniu znacznie węższym, podobnym jakie ma przymiotnik „naukowy”. Nie jest on tak szeroko rozumiany jak „nauka”, lecz dotyczy przede wszystkim nauki jako procesu badania i jako rzeczywistości społecznej, będącej układem różnorodnych elementów, w którym uczeni i ich teorie odgrywają rolę podstawową, ale nie jedyną [por. np. Marciszewski 1987].

Jako proces badania nauka zajmuje się sposobami postępowania, czyli procedurami, za których pomocą możemy racjonalnie i skutecznie szukać odpowiedzi na pytania i rozwiązywać problemy. Efekty działalności naukowej nie są ograniczone wyłącznie do doznań, przeżyć i myśli tego, kto tę działalność prowadzi. Są dostępne także innym, inaczej podchodzącym do danego problemu naukowemu. Innymi słowy działalność naukowa i jej efekty zamknięte są w twierdzeniach intersubiektywnie sprawdzalnych i intersubiektywnie komunikowalnych.

Cele nauki są dwojakie. Po pierwsze dąży ona do poznania obiektywnej prawdy o rzeczywistości, a po drugie - ustala reguły optymalizacji działań, służących zaspokojeniu praktycznych potrzeb społeczeństwa.

Słowa „nauka” i „naukowy” są często nadużywane. Często obejmuje się nimi działalność praktyczną, związaną np. z wprowadzaniem postępu technicznego (tzw. promowanie postępu technicznego), co nie jest słuszne. Przyśługujący nauce autorytet wykorzystuje się często do celów, które z nauką nie mają nic wspólnego, np. w zarządzaniu przemysłem, w administracji Czy badaniu opinii publicznej. Zapomina się przy tym, że słowa „nauka” i „naukowy” mają swój właściwy sens tylko wtedy, gdy ich zakresem obejmuje się tylko proces umysłowy zdobywania, przetwarzania, przekazywania i stosowania wiedzy o prawidłowościach otaczającej nas rzeczywistości.

## *Technika*

Słowo „technika”, podobnie jak „nauka”, jest także rozumiane różnie. Jeżeli zajrzemy do słowników, to przekonamy się, że przez „technikę” można rozumieć: (1) środki i czynności, związane z wytwarzaniem dóbr materialnych (wysoka technika, rozwój techniki, osiągnięcia techniki); jako dziedzina nauki i działalności, zajmująca się wykorzystywaniem praw przyrody do budowania i użytkowania rzeczy wymyślonych przez człowieka (maszyny, budowle, urządzenia, aparaty, narzędzia itp.); (2) celowy, racjonalny sposób wykonywania jakichś prac, czynności, posługiwania się jakimiś instrumentami, przyrządami (technika gry na skrzypcach, technika malarska, aktorska, radiowa, wojskowa), jakimś rodzajem wiedzy (socjotechnika), a także (3) metodę, sposób przeprowadzania różnorodnych procesów wytwórczych (technologia). Przymiotnik „techniczny” ma podobnie szerokie znaczenie.

Słowo „technika” wywodzi się z łacińskiego „technica”, to ostatnie zaś z greckiego „techne”, oznaczającego sztukę, umiejętność. W starożytnej Grecji oznaczało ono sztukę, przemysł, rzemiosło, także naukę, rzemiosło i umiejętność w sztuce, jak również osiągnięcie czegoś określonego, konkretnego (np. technika malarstwa). W wąskim sensie technika jest dziś rozumiana jako konstrukcyjne tworzenie urządzeń i procesów, przy wykorzystywaniu materiałów i sił (praw) przyrody.

Podział techniki ukierunkowany jest na obszary, które tworzą pewną wspólnotę praktyczną i przemysłową, jak np. górnictwo, hutnictwo, budowa maszyn, budowa okrętów, elektrotechnika z elektroniką, włókiennictwo, technika lotnicza, rolnicza, jądrowa, sanitarna itp.

O różnych znaczeniach słowa „technika”, jego semantyce i mylnym pojmowaniu oraz o samej istocie techniki szeroko pisze Wasiutyński [1981].

## **Nauka a technika**

W środkach masowego przekazu, a także często w literaturze technicznej, nauka i technika rzadko są określane w sposób jasny i jednoznaczny. Prowa-

dzi to czasami do instrumentalnego traktowania nauki - nauka jako najlepsza technika - lub do traktowania techniki jako nauki. Biorąc pod uwagę wieloznaczność słów „nauka” i „technika”, postępowanie takie wydaje się częściowo uzasadnione. Nie można jednak tego czynić generalnie. Nauka i technika są bowiem dwiema różnymi formami działalności ludzkiej.

Nauki nie można traktować jako wyżej zorganizowanej części techniki, ponieważ istnieje jednoznaczna różnica celów. Podstawowym celem nauki jest poznanie, techniki zaś - zastosowanie. Nauka to teoria, technika to praktyka. Nauka to przede wszystkim analizowanie, poznawanie, stawianie hipotez, opracowywanie teorii; technika zaś to syntezywanie, stosowanie, projektowanie, konstruowanie, wytwarzanie, użytkowanie, utrzymywanie, organizowanie. Rezultatem nauki jest wiedza, zdobywana w celu głębszego zrozumienia naszego otoczenia i nas samych; rezultatem techniki - sztuczne wytwory materialne (artefakty) oraz procedury ich wytwarzania i użytkowania, ogólnie biorąc - systemy techniczne. Technika, w odróżnieniu od nauki, nie zajmuje się rzeczami jakie one są, ale jakimi mogłyby być [Grove 1984]. Nauka bada rzeczywistość, a technika ją tworzy, zgodnie z naszym planem.

Nauka jest więc na tyle technika, na ile korzysta z techniki w realizacji swego podstawowego celu - poznania; technika zaś jest na tyle nauka, na ile korzysta z nauki w realizacji swego podstawowego celu - zastosowania. To drugie stwierdzenie charakteryzuje jednocześnie przedmiot nauk technicznych.

### *Nauki techniczne - samodzielna dziedzina wiedzy czy banalne zastosowanie nauk przyrodniczych?*

Technika zmienia nasz świat w tempie wprost oszałamiającym. Nie ma chyba takiego drugiego czynnika, który tak jak ona decydowałaby o przemianach w życiu społeczeństwa współczesnego. Bezpośrednim powodem tych przemian są jej wytwory: maszyny, urządzenia, aparaty, przyrządy, instrumenty, automaty, komputery, budowle itp. Ponieważ wytwory te są dziś budowane i użytkowane na podstawie ogromnej wiedzy nauk przyrodniczych, łatwo powstaje przekonanie, że wiedza techniczna sprowadza się do zwykłego zastosowania wiedzy tych nauk. Czy tak jest w rzeczywistości? Czy naukową wiedzę techniczną można zredukować do zwykłego stosowania matematyki, fizyki, chemii, biologii? Przecież zadania i problemy techniczne rozwiązywane były powszechnie przed powstaniem nauk przyrodniczych. Dawne sposoby wytopu metali czy budowy mostów nie potrzebowały do swego wynalezienia i zastosowania żadnej naukowej wiedzy przyrodniczej w dzisiejszym sensie. Powstawały one bez lub za pomocą fałszywej wiedzy przyrodniczej, wyłącznie dzięki technicznemu (rzemieślniczemu) sposobowi myślenia i pracy. Takie

epokowe wynalazki techniczne, jak np. urządzenia nawadniające w starożytnym Egipcie, statki Fenicjan czy drogi starożytnego Rzymu, świadczą o tym, że powstanie wiedzy technicznej niewiele miało wspólnego z zastosowaniem naukowej wiedzy przyrodniczej. Odwrotnie. To raczej nauki przyrodnicze powstawały z ducha techniki i wiedzy technicznej. Trzeba to wyraźnie podkreślić, ponieważ dopiero wtedy staje się jasna istota techniki, a szczególnie wiedzy technicznej i to zarówno tej dawnej - rzemieślniczej, zdroworozsądkowej - jak i tej współczesnej - naukowej.

Pogląd, że technika jest wyłącznie obserwowaniem i zastosowaniem przyrody, a współczesna wiedza techniczna wyłącznie zastosowaniem nauk przyrodniczych, jest błędny. W takim ujęciu sprawy nie widać bowiem ani celu, ani zadań, ani istoty techniki. Widać jedynie to, że nauki przyrodnicze są jednym z najważniejszych środków, za których pomocą można łatwiej rozwiązywać jej zadania i problemy. Sama czysta wiedza nauk przyrodniczych nie wystarcza do tworzenia technicznego. Jest ona istotnym, ale nie wyłącznym środkiem osiągania celów technicznych. Najczęściej musi być przeformułowana i skonkretyzowana, uzupełniona o wiedzę innych nauk. Dopiero to wszystko razem tworzy naukową wiedzę techniczną. Jaka jest geneza tej wiedzy? Jakie jest jej oblicze? W jakim stopniu jest ona zwykłym, banalnym, a w jaki twórczym zastosowaniem wiedzy nauk przyrodniczych? Na te podstawowe pytania spróbujemy odpowiedzieć poniżej.

### Jak powstawały nauki techniczne?

Powstanie załóżków wiedzy technicznej wiąże się nierozzerwalnie z powstaniem gatunku ludzkiego. Aby przeżyć, człowiek pierwotny musiał być technikiem. Wiedza o działaniu ognia, o siłach powstających podczas uderzenia kijem lub ostrym przedmiotem, o siłach powstających podczas zamrażania wody czy pęcznienia drewna, znana jest co najmniej od paru milionów lat. Początkowo twórcy, a właściwie odkrywcy tej wiedzy, byli jednocześnie wyłącznymi użytkownikami jej wytworów (narzędzi). Z biegiem czasu ci, którzy posiadli największe umiejętności posługiwania się tą wiedzą, zaczęli zajmować się wyłącznie tworzeniem narzędzi, stając zawodowymi technikami (rzemieślnikami). W ten sposób powstawała zdroworozsądkowa wiedza techniczna, do której każde pokolenie rzemieślników dodawało swoją cegiełkę.

Aż do XVII wieku wiedza ta nie była przedmiotem zainteresowania nauki. Angielski filozof Bacon (1561-1626) był jednym z pierwszych, którzy zaczęli zalecać naukowcom studiowanie wiedzy rzemieślniczej i odwrotnie - rzemieślnikom wiedzy naukowej. I dlatego u niego, oraz u nawołującego do opanowania przyrody Kartezjusza (1596-1650), należy dopatrywać się począt-

ków naukowego myślenia technicznego, czyli początków nauk technicznych w dzisiejszym sensie.

Właściwe powstawanie nauk technicznych, rozumianych jako świadome, systematyczne, teoretyczne opracowywanie problemów technicznych, zaczęło się jednak dopiero pod koniec XVIII wieku. Za matematyki i nauk przyrodniczych - szczególnie z fizyki - zaczęła wyodrębniać się naukowa wiedza techniczna. Powiązane to było ściśle z burzliwym rozwojem tych nauk, z wynalezieniem pierwszych cieplnych maszyn energetycznych (parowy silnik tłokowy), maszyn roboczych (przędzarki i krosna mechaniczne, obrabiarki do metali) oraz z przejściem od pracy ręcznej w manufakturze do pracy maszynowej w fabryce. Gromadzona przez pokolenia wiedza rzemieślnicza zaczęła być systematyzowana i uogólniana. Powstawać zaczęła wiedza naukowa o tym jak celowo wykorzystywać siły przyrody, jak stosować maszyny i jak organizować produkcję przemysłową. Teorię mechaniki zaczęto stosować do budowy maszyn i wznoszenia budowli. Powstała teoria mechanizmów jako podstawa nauki o maszynach. Rozwojowi maszyn parowych, włókienniczych i obrabiarek do metali towarzyszyły różnorodne problemy. Do ich rozwiązywania, w miejsce metod rzemieślniczych, coraz częściej stosowano metody naukowe. W ten sposób powstały nauki techniczne jako podstawa produkcji materialnej.

### „Rewolucje” techniczne

Powstanie i rozwój nauk technicznych często kojarzy się z pojęciem „rewolucji” technicznych. Szczególnie chodzi tu o „rewolucję” energetyczną, która dokonała się na przełomie XVIII i XIX wieku. Jeżeli popatrzymy na rozwój techniki na przestrzeni wieków, z punktu widzenia rozwoju operacji technicznych, w więc przekształcanie materiałów, energii i informacji, to możemy mówić także o innych „rewolucjach” technicznych (rys. 6.1).

Historycznie rzecz biorąc technika zaczęła się od opanowania przekształcania materiału, później przyszła kolej na opanowanie przekształcania energii, a obecnie opanowujemy przede wszystkim przekształcanie informacji. Chronologię tych przekształceń można przedstawić jako trzy „rewolucje” techniczne: mechaniczną (związaną z przekształceniem materiału), energetyczną i informacyjną.



Lata							
1940	Tworzywa sztuczne	Maszynowe środki transportu		Energia jądrowa	Urządzenia sterujące i reguluj	Urządzenia przetwarzające	"Rewolucja" informatyczna
1880	Opanowanie materiału	Opanowanie maszyny		Maszyny elektryczne	Regulator odśrodkowy		"Rewolucja" energetyczna
1780 n.e.		Złożone elementy maszyn		Maszyny ciepłe			
2 tys. p.n.e.		Proste elementy maszyn	Wiatr, płynąca woda				"Rewolucja" mechaniczna
6 tys. p.n.e.	Żelazo, miedź, brąz	Dźwignia, klin, śruba					
od 9 tys. do 800 tys. p.n.e.	Drewno, kamień						
4 mil. p.n.e.	Ręka	Korpus człowieka	Ogień, przetwarzające drewno	Mięśnie człowieka i zwierząt roboczych	Organy (ludzkie) sterowania i regulacji	Organy (ludzkie) rozstrzygnięcia logicznego	
	Narzędzie	Przyrząd	z otoczenia	przetworzona	Sterowanie, regulacja	Rozstrzygnięcie logiczne	
	MATERIAŁ		ENERGIA		INFORMACJA		

Rys.6.1. „Rewolucje” techniczne

Jakie jest oblicze nauk technicznych?

Nauki techniczne utożsamia się często z całą wiedzą techniczną lub nawet z samą techniką. To pierwsze może być usprawiedliwione tym, że ogromna większość współczesnej wiedzy technicznej powstała na drodze naukowej. W takim rozumieniu do nauk technicznych należy wszystko to, co służy zdobywaniu, pomnażaniu, przedstawianiu i przekazywaniu naukowej wiedzy o technice. Nie powinno się jednak utożsamiać nauk technicznych z samą techniką. One jej służą, ale są przede wszystkim nauką. Naukowe rozwiązanie problemu „Jak coś ma być robione?” nie jest przecież równoważne z samym „robieniem”. Pierwsze jest domeną naukowca, drugie - technika. To, że w naukach technicznych naukowiec jest bardzo często równocześnie technikiem,

który naukę stosuje, lub z zastosowania ją rozwija, nie upoważnia jeszcze do stawiania znaku równości między naukami technicznymi a techniką.

Technika jest przedmiotem nauk technicznych. Z niej wynikają cele, zadania i treści tych nauk. Polegają one, ogólnie biorąc, na analizowaniu istniejących i synteżowaniu nowych systemów technicznych, a więc maszyn, urządzeń, budowli, aparatów, narzędzi, przyrządów, metod, sposobów, zabiegów, czynności, technologii, procedur, reguł postępowania itp. Ogólnym efektem tego analizowania i synteżowania, czyli ogólnym efektem naukowej działalności w technice są:

- teorie, które wyjaśniają dlaczego coś takie jest lub jak coś przebiega;
- metody i sposoby postępowania (procedury), które wyjaśniają jak coś robić w sposób celowy i racjonalny.

Istotą nauk technicznych jest ich konkretny, twórczy, operacyjny i integracyjny charakter. Spróbujmy go bliżej określić.

### Konkretny, twórczy, operacyjny i integracyjny charakter nauk technicznych

Konkretność nauk technicznych przejawia się w tym, że ich *rozwój orientowany jest na cele konkretne*, wywodzące się z potrzeb społecznych. Aby je zaspokoić, należy stworzyć nowe lub poprawić stare systemy techniczne. Nie znaczy to wcale, że w naukach technicznych nie dąży się do osiągania bieżących celów praktyki produkcyjnej. Stawia się także cele długofalowe, dotyczące, ogólnie biorąc, wynalazienia i opracowania nowych sposobów wytwarzania i przetwarzania materiałów, energii i informacji.

Nauki techniczne mają charakter twórczy. Ich treścią jest *umysłowe przewidywanie, synteżowanie i ocenianie* struktur, postaci i funkcji systemów technicznych oraz dróg, prowadzących do ich urzeczywistnienia. Celem jest „nowe”, nie istniejące dotychczas. Chodzi tu przede wszystkim o reguły, zasady, wytyczne, wskaźniki, strategie i przepisy dotyczące praktycznego urzeczywistnienia systemów technicznych, a więc ich projektowania, konstruowania, wytwarzania, użytkowania, obsługi i, co staje się coraz ważniejsze, likwidowania. Dąży się przy tym do rozwiązań optymalnych. Dlatego do nauk technicznych należą także metody wartościowania techniki, czyli metody oceny celowości rozwiązań, zarówno z technicznych, jak i pozatechnicznych (ekonomicznych, ekologicznych, społecznych itp.) punktów widzenia.

Nauki techniczne mają charakter operacyjny. Starają się dać odpowiedź na pytanie *jak się to robi?*; wyjaśniają jak postępować, by osiągnąć zamierzony cel techniczny. Dlatego od nauk technicznych wymaga się:

- systematycznego przedstawienia podstaw dotychczasowych rozwiązań technicznych (prawa, zależności, zasady, struktury, funkcje, wskaźniki itp.);
- teoretycznie uogólnionego uzasadnienia wyników badań systemów technicznych;
- wyboru (selekcji) wiedzy przyrodniczej i technicznej, dokonanego z punktu widzenia jej zastosowania w produkcji wytworów techniki;
- umysłowego analizowania procesu opracowywania i rozwiązywania zadań i problemów naukowo-technicznych.

Wymagania powyższe sprawiają, że praca naukowo-techniczna ma miejsce nie tylko w badaniach podstawowych, ale także w działalności projektowej i konstruktorskiej, w badaniu systemów technicznych i na płaszczyźnie metanaukowej. Tak samo obszerne są metody stosowane w naukach technicznych.

Nauki techniczne integrują inne nauki. W tym miejscu warto zacytować to, co o naukach praktycznych - a to, że nauki techniczne są naukami praktycznymi nie budzi chyba najmniejszej wątpliwości - pisał Kotarbiński [1986, s. 17]:

*„... w naukach praktycznych następuje konieczność jakiejś syntezy i ta synteza polega na tym, że do konkretnego przedmiotu, jeżeli ma spełniać pewne zadane warunki, musimy zastosować pewne uogólnienia i musimy je ze sobą zestawić, uznać, którym dajemy preferencję przed którymi, pod którym względem staramy się jak najdokładniej, pod innym raczej drugorzędnie zastosować się do danego uogólnienia. W każdym razie musimy uwzględnić wszystkie względy, pod którymi dany obiekt ma być znany i zamierzony, zastosować się do nich. To są nauki o olbrzymiej doniosłości. To coś, że są niejako składankowe, są integracyjne. ”*

Składankowość nauk technicznych bierze się z wielorakiego oblicza samej techniki. Łączy ona bowiem w sobie pierwiastki matematyczne, przyrodnicze, czysto techniczne, ekonomiczne, ekologiczne, społeczne. Jej cele i oddziaływania mają aspekty społeczne, ekonomiczne, prawne, polityczne, etyczne; techniką zajmują się przecież nie tylko technicy i nie tylko im ona służy.

## Nauki techniczne a przyrodnicze - różnice i podobieństwa

Cele i zadania techniki kierowane są jednoznacznie na zmienianie istniejącego świata przyrodniczego. Nawet gdy chodzi o jego zachowanie - o czym ostatnio coraz głośniejsze - to przecież w istocie rzeczy ma się na myśli technikę,

która pozwoli ten świat zachować; wprowadzić zmiany, które utrzymają bądź poprawią stan dotychczasowy.

To, co łączy nauki techniczne z przyrodniczymi jest oczywiste - naukowy sposób postępowania podczas tworzenia wiedzy. Sposób ten należy jednak rozumieć bardzo szeroko, ponieważ przedmiot, cel, logika badań (metoda), a także powiązanie obu grup nauk z potrzebami życia praktycznego różnią się istotnie (patrz tab. 6.1).

Podstawowa różnica między wiedzą przyrodniczą a techniczną bierze się z tego, że przyroda jest rzeczywistością daną, technika zaś stworzoną przez człowieka. Tworzenie wiedzy przyrodniczej odbywa się przez *proces odkrywania*; wiedzy technicznej zaś, a szczególnie samej techniki, przez *proces wynajdowania*. Nauki przyrodnicze interesują się rzeczywistością daną (systemami przyrodniczymi), nauki techniczne zaś zajmują się wytworami człowieka (systemami technicznymi), a więc tworzeniem rzeczy sztucznych (artefaktów) i procedur związanych z ich powstawaniem, zastosowaniem i, coraz częściej, likwidowaniem. Problemy, jakimi zajmują się nauki przyrodnicze, nie wyrastają bezpośrednio z praktyki życiowej, jak to ma miejsce w przypadku nauk technicznych. Dlatego nauki przyrodnicze zalicza się do nauk teoretycznych, a techniczne do praktycznych. Nauki przyrodnicze szukają, jak pisze Kotarbiński [1986, s. 19] „warunków tego, co zachodzi, warunków zachodzenia takich rzeczy, które już są”, zaś nauki techniczne szukają „warunków zachodzenia takich rzeczy, których jeszcze nie ma”.

Podstawowym celem nauk przyrodniczych jest poznanie systemów przyrodniczych: tworów i zjawisk przyrody. Chodzi tu o uzyskanie obiektywnej wiedzy o tych tworach i zjawiskach; wiedzy mającej zwykle postać praw i stałych przyrodniczych. Natomiast podstawowym celem nauk technicznych jest zastosowanie wiedzy, przyrodniczej i pozaprzyrodniczej, do tworzenia systemów technicznych, służących określonym celom społecznym. Wiedza ta przejawia się zwykle w postaci praw funkcjonowania (działania) i syntezy (konstruowania) systemów technicznych oraz w postaci stałych empirycznych, słusznych tylko w ściśle określonych warunkach.

Tabela 6.1.

Porównanie nauk przyrodniczych z technicznymi

Punkt widzenia	Nauki przyrodnicze	Nauki techniczne
Przedmiot zainteresowań	Nieskończony, <i>ograniczony</i> zbiór tworów i zjawisk przyrodniczych <b>Systemy przyrodnicze</b>	Nieskończony, <i>nieograniczony</i> zbiór wytworów człowieka (artefaktów, procedur) <b>Systemy techniczne</b>
Powiązanie z potrzebami życia praktycznego	<i>Pośrednie</i> <b>Nauki teoretyczne</b>	<i>Bezpośrednie</i> <b>Nauki praktyczne</b>
Cel podstawowy	Obiektywna wiedza o systemach przyrodniczych mająca postać: <ul style="list-style-type: none"> <li>• praw funkcjonowania systemów przyrodniczych,</li> <li>• stałych przyrodniczych</li> </ul> Poznanie	Obiektywna wiedza o systemach technicznych mająca postać: <ul style="list-style-type: none"> <li>• praw flinkcjonowania (działania) systemów technicznych,</li> <li>• stałych empirycznych,</li> <li>• praw syntezy (konstruowania) systemów technicznych</li> </ul> Zastosowanie
Kryterium podjęcia badań	Sam fakt istnienia zjawiska  Samo istnienie zjawiska	Wartość skutku zjawiska (efektu przyrodniczego) dla spełnienia funkcji w konkretnym systemie technicznym  <b>Względna wartość zjawiska</b>
Logika badań (metoda)	<i>Samodzielna</i> , orientowana na obiektywne analizowanie, poznawanie, wyjaśnianie i systematyzowanie systemów przyrodniczych  Analiza relacji przyczyna -> skutek	<i>Integrująca</i> metody różnych nauk, orientowana na poznawanie i stosowanie wiedzy do syntezy, analizowania projektowania, konstruowania wytwarzania, użytkowania i organizowania systemów technicznych  <b>Synteza relacji środek -&gt; cel</b>

Metoda nauk przyrodniczych jest samodzielna, skierowana na obiektywne poznanie i odzwierciedlenie systemów przyrodniczych. Jest ona oparta głównie na analizie, a jej istotą jest relacja przyczyna-»skutek. Metoda nauk technicznych jest składankowa. Opiera się na syntezie. Synteza w naukach technicznych ma donioślejsze znaczenie niż analiza w naukach przyrodniczych. Jest ona skierowana na zastosowanie zjawisk i zależności zarówno przyrodniczych, jak i pozaprzyrodniczych. Jej istotą jest relacja środek->cel. Gdy tech-

nik w znanym świecie technicznym szuka związków i zależności, pracuje podobnie jak przyrodnik, działa jak odkrywca; gdy jednak wzbogaca znany świat techniczny o nowe wytwory to działa jak wynalazca.

Aby służyć określonym celom społecznym, każdy system techniczny musi działać w ściśle określony sposób, czyli spełniać określoną funkcję techniczną. Spełnianie funkcji technicznych odbywa się za pomocą efektów przyrodniczych, czyli skutków zjawisk fizykalnych, chemicznych, biologicznych. Nie oznacza to jednak wcale, że prawa, rządzące tymi efektami, zostały wyjaśnione na polu nauk przyrodniczych w sposób umożliwiający ich bezpośrednio zastosowanie do spełniania funkcji technicznych. Także zrealizowanie jakiejś funkcji technicznej nie musi wcale oznaczać, że prawa, rządzące wykorzystywanym efektem przyrodniczym, wymuszającym tę funkcję, zostały dokładnie poznane i świadomie zastosowane. Aby więc tworzyć nowe i ulepszać stare systemy techniczne, trzeba:

- opracowywać (konkretyzować, przeformułowywać) znane efekty przyrodnicze w sposób umożliwiający ich bezpośrednio zastosowanie do spełniania funkcji technicznych;
- lepiej poznawać prawa rządzące tymi efektami, które znalazły już zastosowanie do spełniania różnorodnych funkcji technicznych.

To właśnie stanowi domenę nauk technicznych.

Powstaje jednak pytanie: czy skonkretyzowanie i przeformułowanie istniejących praw, teorii i hipotez nauk przyrodniczych jest zagadnieniem naukowym, czy tylko banalnym zastosowaniem? Odpowiedzią niech będą znowu słowa Kotarbińskiego [1986, s. 19]:

*„... każde zagadnienie nauki praktycznej, która szuka warunków powstania przedmiotu nowego, prowadzi do rozwiązania nie przez podstawienie pod jakieś ogólne twierdzenie którejs z poszczególnych nauk teoretycznych. Zachodzi tu zawsze konieczność jakiegoś zebrania splotu warunków, które stanowią specyficzną dla danego przypadku syntezę rozmaitych nauk teoretycznych. Praktyka mówi, że takie stworzenie zespołu zastosowań ma charakter inwencyjnego twierdzenia, a nie charakter banału. ”*

Istota nauk technicznych polega właśnie na tym, że wiele różnorodnych praw i prawidłowości przyrodniczych należy połączyć w jedną spójną teorię, ponieważ muszą one oddziaływać wzajemnie w tym samym rozwiązaniu technicznym. Weźmy silnik spalinowy. Jego działanie opiera się nie tylko na prawach termodynamiki, ale także na chemii paliwa, mechanice gazów, mechanice układu korbowego i na innych podstawach teoretycznych, które dopiero we wzajemnym powiązaniu stanowią o jakości systemu technicznego „silnik spalinowy”, umożliwiając jego skuteczne działanie i rozwijanie. Inna

cecha specyficzna nauk technicznych polega na tym, że jeden i ten sam efekt przyrodniczy, czyli skutek zaistnienia konkretnego zjawiska przyrodniczego, może być wykorzystany do spełniania bardzo różnorodnych funkcji technicznych. I odwrotnie, jedna i ta sama funkcja techniczna może być spełniana za pomocą najróżnorodniejszych efektów przyrodniczych lub/i ich kombinacji. I tak efekt tarcia można wykorzystać do hamowania, podpierania, podgrzewania itd. Funkcję hamowania można spełniać za pomocą efektu tarcia, efektu elektromagnetycznego czy hydraulicznego. Funkcja mierzenia czasu może być spełniana za pomocą efektu optycznego (zegar słoneczny), mechanicznego (zegar sprężynowy) czy elektrycznego (zegar elektroniczny). Efekt rozszerzalności cieplnej metali może być wykorzystany zarówno do pomiaru temperatury, jak i do wyłączania przepływu prądu elektrycznego (bimetal). Przykłady te wskazują na to, że efekty przyrodnicze muszą być analizowane i oceniane z punktu widzenia ich zastosowania do spełniania najróżnorodniejszych funkcji technicznych, a funkcje konkretnych wytworów techniki - z punktu widzenia zastosowania (wykorzystania) konkretnych efektów przyrodniczych. Analiza taka jest jednym z podstawowych zadań nauk technicznych.

Powyższe przykłady świadczą o przyrodniczych korzeniach nauk technicznych. Ale czy zawsze załączki teorii technicznych wywodzą się z teorii przyrodniczych? Odwołajmy się znowu do słów Kotarbińskiego [1986, s. 20]:

*„Jeżeli jakaś nauka praktyczna stawia sobie za zadanie poszukiwanie zachodzenia warunków przedmiotu o nowej jakiejś charakterystyce różnej od cech przedmiotów zastanych, to często ... dzieje się tak, że ona musi po prostu szukać zależności teoretycznych, którymi nauki teoretyczne jakoś nie bardzo się dotychczas zajmowały. Musi po prostu dla własnych celów rozwiązywać zagadnienia teoretyczne.”*

Oznacza to, że w ramach nauk praktycznych mogą powstawać teorie, które nie mają podstaw w istniejących naukach teoretycznych. W naszym przypadku chodzi o teorie techniczne, które nic mają podstaw w naukach przyrodniczych. Taką teorią jest np. teoria regulacji. Została ona stworzona dla wytworów techniki. Inspiracją był tu odśrodkowy regulator prędkości, zastosowany przez Watta w maszynie parowej. Dopiero kilkadziesiąt lat później teoria ta zaczęła odgrywać rolę w naukach przyrodniczych, szczególnie w biologii (zjawisko homeostazy). Innym przykładem może być model obiegu ciepła, wynaleziony przez Carnota (1796-1832) do obliczania maszyn cieplnych pracujących okresowo (maszyn tłokowych). Model ten nie należy do fizyki (termodynamiki teoretycznej), ale do nauk technicznych (termodynamiki

technicznej), ponieważ przyroda nie zna „maszyn” ciepłych pracujących okresowo.

Nauki przyrodnicze szukają niezmienników zależności stałych. Mają więc charakter poniekąd statyczny. Zależność raz poznana traci wiele ze swego intelektualnego wdzięku. Nauki techniczne, przeciwnie, są w swej istocie dynamiczne. Każde nowe rozwiązanie techniczne narzuca bowiem nowe problemy.

## Badania w naukach technicznych a badania w naukach przyrodniczych

Różnice między badaniami w naukach przyrodniczych a badaniami w naukach technicznych nie są tak duże jakby to mogło się wydawać z tabeli 6.1. W obu grupach nauk dominuje eksperyment. Każde badanie eksperymentalne poprzedzane jest fizykalną analizą systemu badanego. Polega ona na wyborze tych wielkości (parametrów), które - zdaniem badacza - decydująco wpływają na zachowanie się systemu. Jest to podstawą opracowania programu eksperymentu, zmierzającego do odkrycia jakiejś nowej prawidłowości lub potwierdzenia hipotezy wysnutej z dociekań spekulatywnych.

Większość systemów przyrodniczych i technicznych to systemy bardzo złożone. Opisanie ich za pomocą klasycznych metod analizy matematycznej jest bardzo trudne, a czasem wręcz niemożliwe. W takich sytuacjach, szczególnie w przypadku systemów technicznych, ogromne usługi oddaje *analiza wymiarowa* - dział matematyki stosowanej, zajmujący się wyznaczaniem postaci wzorów fizykalnych, poprawnych wymiarowo. Zbudowana na tej podstawie *teoria podobieństwa mechanicznego* pozwala badać zjawiska procesy i systemy techniczne (a także przyrodnicze) na modelach, zmniejszonych lub zwiększonych geometrycznie. Przykładami mogą być badania modeli samolotów w tunelach aerodynamicznych, modeli statków w kanałach wodnych itp. Oszczędza się w ten sposób koszty i czas.

Zbiór systemów przyrodniczych można, przynajmniej na naszej planecie, potraktować jako nieskończony, ale ograniczony. Badania w naukach przyrodniczych mają służyć przede wszystkim poznaniu i wyjaśnieniu tego zbioru. Inaczej jest z systemami technicznymi. Te, w porównaniu z systemami przyrodniczymi, są teoretycznie nieprzeliczalne. Jedno i to samo zjawisko przyrodnicze może być przecież wykorzystane w nieskończonej liczbie systemów technicznych. Stąd bierze się różnica celów, jakim służą badania w obu grupach nauk. Podczas gdy w naukach przyrodniczych badania służą głównie analizowaniu, poznawaniu, wyjaśnianiu i systematyzowaniu, to w naukach technicznych przede wszystkim syntezowaniu, stosowaniu, projektowaniu, konstruowaniu, wytwarzaniu, użytkowaniu, likwidowaniu, organizowaniu.



Teorie nauk technicznych, ogólnie biorąc, mają na celu:

- przewidzieć *zachowanie się* planowanego systemu technicznego, przy znanej jego strukturze, albo odwrotnie;
- przewidzieć *strukturę* systemu dla pożądanego jego zachowania się.

Osiąganiu tych celów wydatnie służy teoretyczna analiza istniejących systemów technicznych.

Do podjęcia badań w naukach przyrodniczych wystarcza już sam fakt, a nawet podejrzenie, że zjawisko istnieje. W naukach technicznych musimy dodatkowo ocenić skutek tego zjawiska dla konkretnych rozwiązań technicznych. Od techników żąda się więc wartościowania. Nie jest to proste ani łatwe, ponieważ, oprócz kryteriów czysto technicznych i ekonomicznych, coraz częściej muszą być uwzględniane dalekosiężne skutki społeczne (a czasem i etyczne) zastosowania zjawiska.

Teorie nauk przyrodniczych są tym cenniejsze, im mniej ograniczona jest ich ważność w czasie i przestrzeni, czyli im są bardziej ogólne. W naukach technicznych jest inaczej. Teorie orientowane są tu bowiem na działanie praktyczne, a to z kolei wymusza powiązania ekonomiczne. Inspiracją do badań w naukach technicznych z reguły jest konkretnie postawione zadanie lub problem praktyczny, który, właśnie z powodów ekonomicznych, jest rozwiązywany w określonych warunkach przestrzennych i czasowych. Most budowany jest w konkretnych warunkach topograficznych; ma, związane z tym miejscem, wymagania wymiarów, nośności, przepustowości itp.; maszyna rolnicza konstruowana jest dla konkretnych warunków terenowo-głębowych, konkretnych ciągników, gospodarstw itp. W takich przypadkach mało interesuje nas ogólne zachowanie się mostu lub pługa, ważne staje się zachowanie w warunkach konkretnych. I dlatego nauki techniczne nie dążą, za wszelką cenę (jak nauki przyrodnicze) do teorii ogólnych. Dają one pierwszeństwo teoriom szczególnym, przydatnym w ściśle określonych warunkach praktycznych.

Logika badań w naukach technicznych zmusza nas na każdym etapie badań do wyboru. Najpierw musimy wybrać cele badań. Kolejnym wyborem są prace wcześniejsze (jeżeli istnieją), na których będziemy nasze badania opierać. Następnie musimy wybrać (określić, ustalić) własne teorie i hipotezy, które należy sprawdzić empirycznie. Na koniec musimy wykazać ich słuszność za pomocą wybranego sposobu.

W ostatnich latach obserwujemy wyraźną zmianę proporcji między empiryczną i teoretyczną stroną nauk technicznych. Na podstawie olbrzymiego materiału empirycznego, uzyskanego za pomocą eksperymentów, badań analitycznych i działalności produkcyjnej, powstaje synteza teoretyczna. Wykształcają się w ten sposób nowe, specyficzne teorie, które z powrotem orientowane są na działalność empiryczną. Takimi teoriami, a właściwie naukami o krót-

kiej, choć bogatej tradycji są np. teoria sprężystości, teoria plastyczności, teoria systemów technicznych, nauka konstruowania, tribologia, robotyka czy mechatronika.

W jakim więc stopniu nauki techniczne są stosowanymi naukami przyrodniczymi? Chyba w takim, w jakim bezpośrednio stosują hipotezy, teorie i metody nauk przyrodniczych do rozwiązywania problemów technicznych. A jeżeli chodzi o autonomiczność nauk technicznych jako odrębnej grupy nauk, to przydatne wydaje się być zacytowanie w tym miejscu opinii Kotarbińskiego [1986], broniącej odrębności nauk praktycznych od teoretycznych. W opinii tej termin „nauki praktyczne” pozwoliliśmy sobie zastąpić przez „nauki techniczne”, zaś „nauki teoretyczne” przez „nauki przyrodnicze”. Oto ona:

*„... nauki techniczne ...w rozwiązywaniu swoich zasadniczych zadań ciągle muszą się na tamte (przyrodnicze) powoływać, tylko to powoływanie nie jest po prostu banalnym stosowaniem jakiegoś schematu przez zwyczajne podstawienie, tylko to jest, po pierwsze, synteza rozmaitych zależności, po drugie, to jest wykorzystywanie dla własnego użytku zależności, którymi nauki przyrodnicze nie bardzo się interesują z własnego punktu widzenia zależności specyficznych dla tego przypadku, kiedy poprzednik określonej zależności jest wywołany przez podmiot działający. ”*

## Technologia

Słowo „technologia” należy do najczęściej używanych słów w dzisiejszym społeczeństwie przemysłowym. Słowo to jest pojmowane bardzo różnie, niejednoznacznie. Dlatego celowe wydaje się sięgnięcie do jego historii.

W wieku XVIII i XIX przez technologię rozumiano naukę o rozwoju techniki z jej społecznymi współzależnościami. Pod koniec XIX wieku zakres tego pojęcia, szczególnie w Niemczech, ograniczono do nauki stosowanej, zajmującej się procesami wytwarzania produktów z materiałów wyjściowych. I tak pozostało. Dziś jest to nauka o technikach procesowych, charakteryzująca te techniki przede wszystkim od strony zjawisk przyrodniczych (technologia mechaniczna, chemiczna, biologiczna, elektroniczna, cienkich warstw) lub branż przemysłu (technologia włókiennicza, spożywcza).

Abstrahując od faktu, że technologia często jest błędnie utożsamiana z techniką, pojęcie to obejmuje przede wszystkim sieć wzajemnych powiązań człowieka, społeczeństwa i techniki. Tak właśnie technologię rozumiał jej twórca - Niemiec Beckmann (1739 - 1811). We „Wprowadzeniu do technologii ...”, wydanym w 1777 r., definiował ją następująco:

*„Technologia jest nauką, która naucza przeróbki naturalistów lub znajomości rzemiosł. Zamiast tego, że tylko w warsztatach wiadomo jest jak przepisy i zwyczaje mistrza powinny po sobie następować w celu wytwarzania towarów, technologia daje, w porządku systematycznym, podstawowe wprowadzenie jak właśnie do tych samych celów końcowych, z prawdziwych podstaw i niezawodnych doświadczeń, znaleźć środki i jak zjawiska, występujące podczas przeróbki, powinny być objaśnione i wykorzystane. ”*

Trzydzieści lat później w „Projekcie technologii ogólnej” Beckmann rozważał teoretycznie możliwości zastosowania tej nauki o technice we wszystkich ówczesnych obszarach techniki i rzemiosła. Pisał tak:

*„Życzyłbym sobie spisu wszystkich naj różnorodni ej'szych myśli i zamiarów, jakie rzemieślnicy i artyści mają podczas swoich różnych prac i, obok tego, wszystkich tych środków, za których pomocą wiedzą jak je osiągać. W ten sposób jednemu spisowi nadałbym imię technologii ogólnej, pierwszemu lub ogólnej części technologii. Część szczególna (szczegółowa) zawierałaby opis poszczególnych rzemiosł. Nauczałaby jak w różnorodny sposób, i za pomocą różnorodnych narzędzi, ciała różnego rodzaju są wygładzane, czynione chropowatymi, rozdrabniane, wiązane, suszone, prostowane, zginane, hartowane, usztywniane, zagęszczane, spulchniane, rozcieńczane, przesiewane, podgrzewane lub chłodzone, robione przejrzystymi i nieprzejrzystymi, elastycznymi, zginalnymi itp.; dalej za pomocą jakich środków ciała ciekłe są klarowane, odbarwiane, odparowywane, zmiekczone. ”*

W ten oto sposób Beckmann zapoczątkował specyficzne, naukowo-techniczne podejście do produkcji dóbr wszelkiego rodzaju. Jest to nic innego jak początek systematyki metod, sposobów i procesów produkcji. Z dzisiejszego punktu widzenia w postępowaniu Beckmanna uderza całościowe potraktowanie i integrowanie zarówno czynników technologicznych, jak i socjo-ekonomicznych. Ta całościowość i integracja znikły prawie całkowicie pod koniec XIX wieku, kiedy następowało coraz silniejsze specjalizowanie i różnicowanie nauk. Dzisiejsze wołanie o myślenie systemowe, czy o technologie w równym stopniu uwzględniające teclnikę co człowieka, jest tego dowodem. Dlatego zakresem słowa „technologia” próbuje się objąć nie tylko przyrodniczo-techniczne prawidłowości kształtowania procesów produkcyjnych, ale także świadome zastosowanie tych prawidłowości przez człowieka. Dzisiejsze wracanie do pierwotnego, szerokiego zakresu znaczenia technologii wskazuje na rosnące uświadomienie sobie ścisłego powiązania techniki z innymi czynnikami społecznymi. Po prostu technologia staje się wreszcie tym, co wynika z etymologii tego słowa - ogólna nauką o technice, o jej tworzeniu i wyko-

## Rozdział 7.

### Nauki techniczne a pedagogiczne - bliższe sobie niż się wydaje

To, że nauki pedagogiczne należą do humanistyki, nie budzi wątpliwości. Wynika to jednak z bezpośredniej orientacji na człowieka, a nie z charakteru tych nauk. Ten ostatni bliższy jest bowiem naukom technicznym. Z punktu widzenia celu, metody badawczej, kryteriów podejmowania badań oraz powiązania z potrzebami życia praktycznego nauki techniczne i pedagogiczne różnią się bowiem niewiele. Spróbujemy to wykazać. Najpierw zastanowimy się nad wspólnymi cechami obu nauk: integracyjnością, konkretnością, operacyjnością i twórczością (kreatywnością). Punktem odniesienia będą przy tym nauki techniczne; do nich będziemy porównywać nauki pedagogiczne. Spróbujemy wykazać, że także z punktu widzenia celu, metody badawczej, kryteriów podjęcia badań oraz powiązania z potrzebami życia praktycznego nauki techniczne i pedagogiczne wykazują ogromne podobieństwo. Zajmiemy się także najważniejszymi dydaktycznymi aspektami techniki i ich rolą w kształceniu ustawicznym.

#### *Co łączy nauki techniczne z pedagogicznymi?*

##### Integracyjność

Obu naukom próbuje się niekiedy odmawiać znamion naukowości: nauki techniczne sprowadza się do roli *stosowanych nauk przyrodniczych*, a pedagogiczne do *stosowanych nauk humanistycznych*.

Pogląd taki bierze się przede wszystkim z integracyjnego charakteru obu grup nauk. Integracyjność i składankowość nauk technicznych bierze się z wielorakiego oblicza samej techniki. Łączy ona bowiem w sobie pierwiastki matematyczne, przyrodnicze, czysto techniczne, ekonomiczne, ekologiczne, społeczne. Jej cele i oddziaływania mają aspekty społeczne, ekonomiczne, prawne, polityczne, etyczne; techniką zajmują się przecież nie tylko technicy i nie tylko im ona służy.

To samo można powiedzieć o naukach pedagogicznych. Ich składankowość bierze się z wielorakiego oblicza samej pedagogiki. Łączy ona bowiem w sobie pierwiastki filozoficzne, psychologiczne, socjologiczne, dydaktyczne, przyrodnicze, techniczne, ekonomiczne, ekologiczne, społeczne. Jej cele i oddziaływania mają szerokie aspekty społeczne, ekonomiczne, prawne, polityczne, etyczne; pedagogiką zajmują się przecież nie tylko pedagodzy i nie tylko im ona służy.

### Konkretność

Konkretność nauk technicznych przejawia się w tym, że ich *rozwój orientowany* *Jest na cele konkretne*, wywodzące się z potrzeb społecznych. Aby je zaspokoić, należy stworzyć nowe lub poprawić stare systemy techniczne. Nie znaczy to wcale, że w naukach technicznych nie dąży się do osiągania bieżących celów praktyki produkcyjnej. Stawia się także cele długofalowe, dotyczące, ogólnie biorąc, wynalazienia i opracowania nowych sposobów wytwarzania i przetwarzania materiałów, energii i informacji.

W naukach pedagogicznych jest podobnie. Ich rozwój orientowany jest także na cele konkretne, wywodzące się z potrzeb społecznych. Aby je zaspokoić, należy stworzyć nowe lub poprawić stare systemy pedagogiczne. Także w naukach pedagogicznych nie dąży się do osiągania bieżących celów praktyki pedagogicznej. Stawia się także cele długofalowe, dotyczące, ogólnie biorąc, opracowania nowych metod wychowania, nauczania i uczenia się.

### Operacyjność

Nauki techniczne mają charakter operacyjny. Starają się dać odpowiedź na pytanie *jak się to robi?*; wyjaśniają jak postępować by osiągnąć zamierzony cel techniczny. Dlatego od nauk technicznych wymaga się:

- systematycznego przedstawienia podstaw dotychczasowych rozwiązań technicznych (prawa, zależności, zasady, struktury, funkcje, wskaźniki itp.);
- teoretycznie uogólnionego uzasadnienia wyników badań systemów technicznych;
- wyboru (selekcji) wiedzy matematycznej, przyrodniczej i technicznej, dokonanego z punktu widzenia jej zastosowania w produkcji wytworów techniki;
- umysłowego analizowania procesu opracowywania i rozwiązywania zadań i problemów naukowo-technicznych.

Nauki pedagogiczne *także* starają się dać odpowiedź na pytanie *jak się to robi?*; wyjaśniają jak postępować, by osiągnąć zamierzony cel pedagogiczny. Także dlatego od nauk pedagogicznych można wymagać:

- systematycznego przedstawienia podstaw dotychczasowych rozwiązań pedagogicznych (prawa, zależności, zasady, struktury, funkcje, wskaźniki itp.);
- teoretycznie uogólnionego uzasadnienia wyników badań systemów pedagogicznych;
- wyboru (selekcji) wiedzy różnych nauk, dokonanego z punktu widzenia jej zastosowania w praktyce pedagogicznej;
- umysłowego analizowania procesu opracowywania i rozwiązywania zadań i problemów pedagogicznych.

Oczywiście nie zamierzamy tu redukować nauk pedagogicznych do poszukiwania odpowiedzi na pytanie *jak się to robi?* Takie podejście może zadowalać jedynie dział pedagogiki zwany technologią kształcenia. Dla nauk pedagogicznych nie mniej ważne, a może nawet ważniejsze, jest poszukiwanie odpowiedzi na pytanie *dla czego to się robi?*. Chodzi tu o cele wychowania, ideały wychowawcze i wzorce osobowe. Jest to problem bardzo złożony już choćby dlatego, że istotnie zależy od tego czy rozpatruje się go np. ze świeckiego czy religijnego punktu widzenia [por. hasła związane z celami wychowania i kształcenia w Encyklopedii Pedagogicznej 1996].

## Twórczość

Nauki techniczne mają charakter twórczy. Ich treścią jest *umysłowe przewidywanie, syntezywanie i ocenianie* struktur, postaci i funkcji systemów technicznych oraz dróg prowadzących do ich realizacji. Celem jest „nowe”, nie istniejące dotychczas. Chodzi tu przede wszystkim o reguły, zasady, wytyczne, wskaźniki, strategie i przepisy dotyczące praktycznej realizacji systemów technicznych, a więc ich projektowania, konstruowania, wytwarzania, użytkowania, obsługiwanie i - co staje się coraz ważniejsze - likwidowania. Dąży się przy tym do rozwiązań optymalnych. Dlatego do nauk technicznych należą także metody wartościowania techniki, czyli metody oceny celowości rozwiązań, zarówno z technicznych, jak i pozatechnicznych punktów widzenia.

A na czym polega twórczy charakter nauk pedagogicznych? Także na umysłowym przewidywaniu, syntezywaniu i ocenianiu struktur, postaci i funkcji systemów pedagogicznych oraz dróg prowadzących do ich realizacji. Celem jest „nowe”, dopasowane do bieżących potrzeb praktyki pedagogicznej. Tu także chodzi przede wszystkim o reguły, zasady, wytyczne, wskaźniki, strategie i przepisy dotyczące praktycznej realizacji systemów pedagogicznych, a więc ich projektowania, konstruowania i realizowania. Tu także dąży się do rozwiązań optymalnych, skutecznych. Dlatego do nauk pedagogicznych należą także metody wartościowania systemów pedagogicznych, czyli metody

oceny celowości rozwiązań, zarówno z pedagogicznych, jak i pozapedagogicznych punktów widzenia.

### *Dydaktyczne aspekty techniki*

Chcielibyśmy w tym miejscu tylko zwrócić uwagę na dwa konkretne zagadnienia. Pierwsze - szeroko badane i bardzo spektakularne - dotyczy tzw. *sztucznej inteligencji*. Stanowi ona istotny obszar nowoczesnych nauk technicznych: automatyki, robotyki i mechatroniki. Drugie zagadnienie jest mniej znane, ale bardzo obiecujące. Dotyczy ono podstawowej umiejętności inżynierskiej, a mianowicie *konstruowania*.

Temat sztucznej inteligencji jest nierozzerwalnie związany z wyposażeniem maszyn w pewną zdolność uczenia się. Jeżeli używa się tu słowa „uczenie się” a nie „adaptacja”, to dlatego, żeby podkreślić to, co wyróżnia proces nauczania istot inteligentnych od procesu adaptacji prostych struktur (organizmów i systemów technicznych) [Bruns 1990]. Pojęcia takie, jak „uczenie się maszyn” czy „maszyny uczące się” znaczą więcej niż „maszynowe uczenie się”, czyli automatyczna zmiana w celu zwiększenia np. wydajności. Pojęcia te powinny być orientowane i mierzone według tego jak uczy się człowiek. Uczenie nie powinno być tylko nabywaniem wiedzy czy umiejętności, lecz zmianą zachowania się w określonej sytuacji.

Istnieją jednak naturalne granice sztucznej inteligencji. Proces uczenia się człowieka jest tak złożony, że trudno spodziewać się, aby maszyny dysponowały zdolnością uczenia się podobną jak u człowieka. Zrozumienie uczenia się jest połączone bezpośrednio ze zjawiskami myślenia, pamiętania, wiedzy, emocji. Zjawiska psychiczne, takie jak np. zdolność do samorefleksji, nie poddają się jak dotychczas modelowaniu cybernetycznemu. A to jest warunkiem stworzenia maszyny „myślącej”. Pomimo tego próbuje się tworzyć modele „uczenia się” maszyn. Chodzi tu przede wszystkim o metody i strategie uczenia się robotów. Powstają liczne schematy „uczenia się”. Uczenie się jest np. rozumiane jako dołączenie wiedzy do istniejącej wiedzy podstawowej i ich wzajemne oddziaływanie [Dillmann 1988]. Współpraca z psychologami i pedagogami jest tu niezbędna.

Zwiększeniu skuteczności dokształcania i kształcenia ustawicznego może służyć ujawnienie i wykorzystanie (auto)dydaktycznych aspektów podstawowych czynności i umiejętności zawodowych czy życiowych. Podstawowe umiejętności techniczne - projektowanie i konstruowanie - mają ogromny potencjał dydaktyczny, który nie jest wykorzystywany. Czynności projektowania i konstruowania są nie tylko przecież sposobem na rozwiązywanie problemów, ale także (1) doskonałym, nieświadomym procesem uczenia się, (2) uczeniem się rozwiązywania problemów, (3) grą i zabawą.

Uczenie się przez projektowanie i konstruowanie ujawnia wiele synergicznych efektów uczenia się, projektowania i konstruowania. Przez projektowanie i konstruowanie uczymy się bardzo intensywnie. Ogromna ilość wiedzy przyswajana jest względnie łatwo. Czysto techniczna motywacja, aby stworzyć obiekt techniczny, czyni zbędną każdą motywację czysto dydaktyczną. Projektowanie i konstruowanie stają się nieświadomym uczeniem się.

Inny, ważny dydaktyczny aspekt techniki polega na traktowaniu projektowania procesów nauczania-uczenia jako czynności konstrukcyjnej; czynności polegającej - podobnie jak w technice - na przetwarzaniu informacji. Proces przetwarzania informacji jest w tym przypadku porządkowany i koncentrowany na podstawowe cechy dydaktyczne: cele, treści, środki i wyniki nauczania. Ustalanie tych cech i zdobywanie informacji do projektowania mogą przebiegać podobnie jak podczas metodycznego rozwiązywania problemów konstrukcyjnych w technice [Gawrysiak 1988, 1996b].

### *Podsumowanie*

Przynależność nauk pedagogicznych do humanistyki wynika raczej z ich bezpośredniej orientacji na człowieka, a nie z ich charakteru. Z punktu widzenia celu, metody badawczej, kryteriów podejmowania badań oraz powiązania z potrzebami życia praktycznego nauki pedagogiczne bliskie są naukom technicznym.

Drogi naukowe, prowadzące do budowy systemów technicznych i pedagogicznych, są bardzo podobne. Nauki techniczne i pedagogiczne mają podobne cele, logiki (metody) badań, kryteria podjęcia badań oraz powiązania z potrzebami życia praktycznego (tab. 7.1).

Jeżeli przyjąć, że podstawowym efektem działalności naukowej są metody i sposoby postępowania (procedury), które wyjaśniają jak coś robić w sposób celowy i racjonalny, to nauki techniczne wydają się być bliższe pedagogicznemu niż przyrodniczemu. W tych ostatnich podstawowym efektem są przeciwieństwo teorie, które wyjaśniają dlaczego coś tak jest, lub jak coś przebiega.

Wytwór' techniki nie tylko ułatwiają nam życie fizycznie, ale także zmieniają - świadomie lub najczęściej nieświadomie - zachowania człowieka; mają więc aspekt pedagogiczny. Technika staje się ważnym, a może najważniejszym środkiem dydaktycznym. I to jest chyba najbardziej ogólny dydaktyczny aspekt techniki.

Wykorzystaniu dydaktycznych aspektów techniki do poprawy skuteczności dydaktyki techniki (i nie tylko techniki) może sprzyjać metatechniczne podejście do techniki i nauk technicznych z jednej strony oraz metapedagogiczne podejście do pedagogiki i nauk pedagogicznych z drugiej.



## Porównanie nauk technicznych z pedagogicznymi

Punkt widzenia	Nauki techniczne	Nauki pedagogiczne
Przedmiot zainteresowań	Zbiór wytworów człowieka (artefaktów, procedur)	Zbiór celów i procedur wychowania i nauczania
	<b>Systemy techniczne</b>	<b>Systemy socjotechniczne</b>
Powiązanie z potrzebami praktyki	<i>bezpośrednie</i>	<i>bezpośrednie</i>
	<b>Nauki praktyczne</b>	<b>Nauki praktyczne</b>
Cel podstawowy	Obiektywna wiedza o systemach technicznych, mająca postać: <ul style="list-style-type: none"> <li>• praw funkcjonowania (działania) systemów technicznych,</li> <li>• praw syntezy (konstruowania) systemów technicznych,</li> <li>• stałych empirycznych</li> </ul>	Obiektywna wiedza o systemach pedagogicznych, mająca postać: <ul style="list-style-type: none"> <li>• praw funkcjonowania systemów pedagogicznych,</li> <li>• praw syntezy (konstruowania) systemów pedagogicznych,</li> <li>• podstawowych procesów uczenia się i nauczania</li> </ul>
	<b>Zastosowanie</b>	<b>Zastosowanie</b>
Kryterium podjęcia badań	Wartość skutku zjawiska (efektu przyrodniczego) dla spełnienia funkcji w konkretnym systemie technicznym	Wartość skutku procesu uczenia się/ badań nauczania (efektu kognitywnego) dla spełnienia funkcji w konkretnym systemie pedagogicznym
	<b>Względna wartość zjawiska</b>	<b>Względna wartość procesu</b>
Logika badań (metoda)	<i>Integrująca</i> metody różnych nauk, orientowana na poznanie i stosowanie wiedzy do syntezy, analizowania, projektowania, konstruowania, wytwarzania i użytkowania systemów technicznych	<i>Integrująca</i> metody różnych nauk, orientowana na poznanie i stosowanie wiedzy do syntezy, analizowania, projektowania, konstruowania, organizowania i realizowania systemów pedagogicznych
	<b>Synteza relacji środek -&gt; cel</b>	<b>Synteza relacji środek -&gt; cel</b>

Ukazane dydaktyczne aspekty techniki świadczą o tym, że technika i nauki techniczne mogą być znakomitym źródłem inspiracji dydaktycznych. Jest to tak ciekawe zagadnienie, że poświęcimy mu następne rozdziały.

## **Rozdział 8.**

# **Technika i nauki techniczne jako źródło inspiracji dydaktycznych**

Po wykazaniu najważniejszych podobieństw między naukami technicznymi a pedagogicznymi chcemy pokazać, czym lub w jaki sposób te pierwsze mogą inspirować te drugie, a szczególnie dydaktykę. Źródłem takich inspiracji są przede wszystkim nowoczesne dyscypliny nauk technicznych, takie jak nauka konstruowania, automatyka, robotyka czy inżynieria produkcji. Wynika to w dużej mierze z inter- i transdyscyplinarności tych obszarów. Obszary te przejęły narzędzia i techniki innych dyscyplin i przez to są mniej hermetyczne niż tradycyjne dyscypliny techniczne.

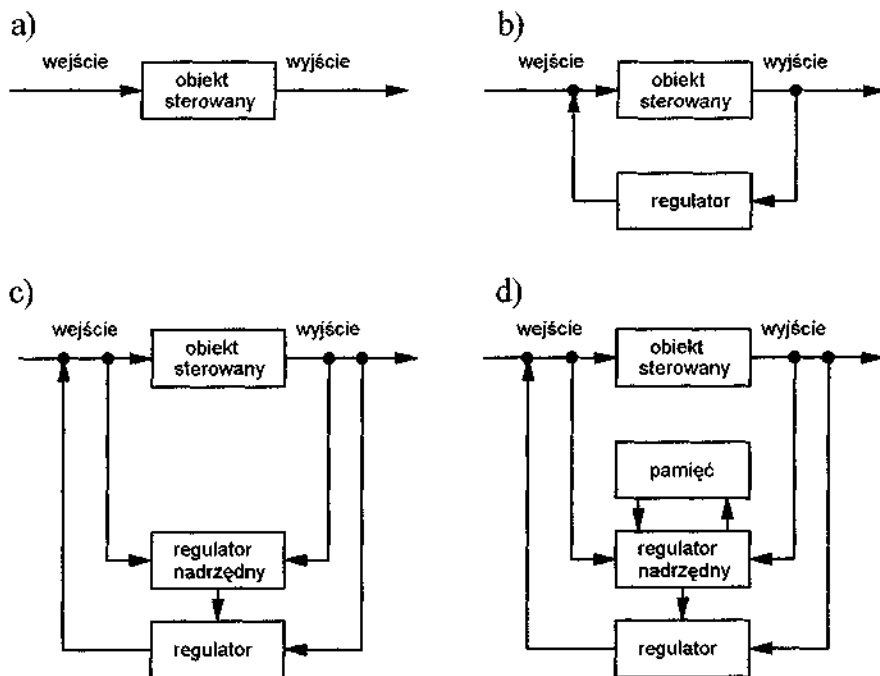
Zacniemy od automatyki, w której najwyższa forma regulacji nazywa się uczeniem. Ogromnie inspirująca jest nauka konstruowania (metodyka konstruowania). Przede wszystkim tworzenie procesu nauczania można traktować jako czynność konstrukcyjną. Jest to tak ważna inspiracja, że poświęcimy jej odrębny rozdział. Z nauki konstruowania można dalej wywieść, że konstruowanie jest także procesem uczenia się, samodzielny studiowaniem, rozwiązywaniem problemów, grą i zabawą. Do tej grupy inspiracji można także zaliczyć znane od dawna w dydaktyce traktowanie projektowania jako metody nauczania. Z bujnie rozwijającej się robotyki, a szczególnie z badań nad nauczaniem robotów, można wynieść inspiracje dotyczące opisu naszej rzeczywistości dydaktycznej w postaci alternatyw}: dydaktyka komputacjonalistyczna czy z konstruktywiczna. Podobne inspiracje, tym razem dotyczące organizacyjnych form nauczania, można wynieść z nowoczesnej inżynierii produkcji. Szczególnie inspirujące jest tu zagadnienie fabryki fraktalnej. Posłuży ono nam do analizy podobieństwa między industrializacją a scholaryzacją społeczeństw oraz do próby odpowiedzi na pytanie czy metody pedagogiczne zmieniły świat w takim samym stopniu jak metody techniki.

### *Regulacja jako proces uczenia się*

Uczenie się nie jest dziś pojęciem związanym wyłącznie ze zdolnościami i umiejętnościami człowieka. Coraz częściej spotykamy się z tym pojęciem

w zastosowaniu do maszyn. Jak do tego doszło, że mówi się coraz częściej o uczeniu się maszyn, o maszynach uczących się czy o tzw. sztucznej inteligencji? Spróbujemy to pokazać poniżej na podstawie drogi, jaka prowadzi od sterowania przez regulację do uczenia się.

Jeżeli maszyna ma spełniać przypisane jej funkcje samoczynnie, czyli ma być automatem, to musimy jej przyporządkować rozwinięty system przetwarzania informacji. Ogólnie biorąc można wyróżnić cztery stopnie rozwoju systemów informacyjnych (rys.8.1): (1) system sterowania, (2) system regulacji, (3) adaptacyjny system regulacji i (4) system uczący się.



Rys.8.1. Stopnie rozwoju systemów informacyjnych: a-system sterowania, b-system regulacji, c-adaptacyjny system regulacji, d-system uczący się

W systemie *sterowania* łańcuch działań jest otwarty (rys. 8.1a). To, co polega działaniom - czyli operandy - transformowane jest ze stanu wejściowego (operandy wejściowe) w stan wyjściowy (operandy wyjściowe), zgodnie z właściwościami systemu. Operandy wyjściowe są od tych właściwości zależne. Można tu mówić o systemie informacyjnym ze stałą funkcją transformacji, bez sprzężenia zwrotnego (informacji zwrotnej).

W systemie *regulacji* łańcuch działań jest zamknięty (rys. 8. Ib). Operandy wyjściowe - a właściwie ich wielkości regulowane - są ciągle mierzone. Na podstawie tej informacji regulator zmienia operandy wejściowe w ten sposób, że wielkości regulowane zrównywane są z wielkościami zadanymi, ustalonymi wcześniej. Chodzi tu o system ze stałą funkcją transformacji i z informacją zwrotną.

*Adaptacyjny system regulacji* charakteryzuje się tym, że - zależnie od wielkości występujących w obwodzie regulacji - zachowanie się regulatora lub jego parametry zmieniane są samoczynnie, według pożądaných kryteriów (rys. 8. Ic). Potrzebny jest do tego drugi regulator (regulator nadrzędny), który identyfikuje każdorazowy stan obiektu regulacji, ocenia go według podanego modelu i wydaje decyzję o tym jak ma być zmieniona funkcja transformacji regulatora. Jest to więc system ze zmieniającą funkcją transformacji i z informacją zwrotną.

*System uczący się* (rys. 8. Id), w porównaniu do systemu adaptacyjnego, dysponuje pamięcią długookresową. Dlatego jest on w stanie gromadzić operandy wejściowe, które, jednorazowo w określonych warunkach otoczenia, zostały określone jako optymalne. Te operandy wejściowe mogą być przywołane powtórnie, w tych samych lub podobnych warunkach otoczenia, i służyć - jako podstawa - do dalszej optymalizacji przez system adaptacyjny.

Tak więc uczenie się jest wyższą formą regulacji, ponieważ obok zmiany ilościowej w danej rzeczywistości (regulowanie) także sama jakość działania jest zmienna (uczenie się). Dzieje się to wtedy, gdy - przez zwrotne zameldowanie sukcesu lub klęski jakiegoś działania - oferowana jest poprawa schematu tego działania.

Odpowiedź na pytanie, jakie systemy mogą być uznawane za systemy uczące się, zależy od wybranej definicji uczenia się. Według Klause [1968] uczenie się jest zmianą zachowania się pewnej podklasy systemów cybernetycznych, która prowadzi do poprawy adaptacji i umożliwia nowe, uwarunkowane okolicznościami, dopasowanie się. Zgodnie z tą definicją już adaptacyjny system regulacji byłby systemem uczącym się, ponieważ zawarty w nim regulator nadrzędny zmienia zachowanie się systemu w sensie właściwym. Jeżeli sytuacja otoczenia występuje powtórnie, to proces dostosowania przebiega od nowa zamiast bezpośrednio przywoływać te operandy wejściowe, które wcześniej zostały rozpoznane jako optymalne. Dlatego, zgodnie z przedstawionymi schematami blokowymi, za systemy uczące się należałoby uznawać tylko te, które, na podstawie wbudowanej pamięci, dysponują rosnącym zasobem przyporządkowań między warunkami otoczenia i optymalnymi operandami wejściowymi.

## *Konstruowanie jako uczenie się, rozwiązywanie problemów, gra i zabawa*

Podczas poszukiwania najbardziej efektywnych form kształcenia można pójść dwoma drogami. Pierwsza wychodzi z dydaktyki ogólnej lub szczegółowej (metodyki) i stosuje zalecane tam formy. Druga może wychodzić z dotychczasowego doświadczenia (praktyki) uczących się i nauczających, aby znaleźć i otworzyć aspekty (auto)dydaktyczne tkwiące w czynnościach tego doświadczenia. Przykładem może być wykorzystanie dydaktycznych aspektów konstruowania do kształcenia i doksztalcania inżynierów, szczególnie konstruktorów [Gawrysiak 1993].

Konstruowania w kształceniu inżynierów, i nie tylko inżynierów, nie sposób przecenić. Jego szczególna rola polega na tym, że konstruktor ponosi największy ciężar podczas rozwiązywania zadań inżynierskich. Ma on najwięcej możliwości wpływania na przyszły produkt. Podstawową czynnością inżyniera jest konstruowanie. Podczas konstruowania inżynier stosuje wiedzę podstawową i ujmuje całą złożoność powstawania, wytwarzania, stosowania i, coraz bardziej dziś ważnego, likwidowania systemów technicznych. W tym celu konstruktor musi ciągle przyswajać sobie obszerną nowopowstającą wiedzę.

Jak konstruktor może sprostać takiemu wyzwaniu? Czy musi ukończyć nowe kierunki studiów? Jeżeli tak, to jak powinny być te kierunki ukształtowane? Addytywnie czy integracyjnie do przyswojonych sposobów postępowania i posiadanej wiedzy?

Racjonalnym rozwiązaniem wydaje się być „uczenie się przez konstruowanie”. Taki sposób uczenia się umożliwia otwarcie i świadome zastosowanie synergetycznych efektów uczenia się i konstruowania. Szczególna rola konstruowania bierze się także stąd, że sama wiedza może być również traktowana jako swego rodzaju konstrukcja. Perkins [1986] twierdzi, że rozumienie jakiegokolwiek kawałka wiedzy czy jakiegokolwiek produktu umysłu ludzkiego zawiera widzenie go jako konstrukcji (konstrukt), struktury ukształtowanej dla jakiegoś celu. W szczególności rozumienie to polega na umiejętności odpowiedzi na cztery pytania konstrukcyjne o obiekcie: (1) Co jest jego celem (lub celami - może ich być więcej niż jeden)? (2) Jaka jest jego struktura? (3) Jakie są przypadki modelowe? (4) Jakie argumenty (dowody) wyjaśniają i oceniają obiekt?

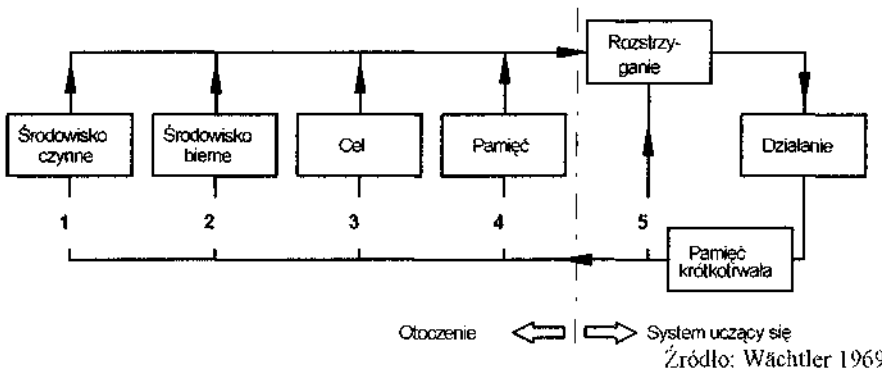
Poniżej spróbujemy przedstawić najważniejsze inspiracje dydaktyczne, jakie tkwią w konstruowaniu oraz możliwości ich wykorzystania w kształceniu i doksztalcaniu technicznym.

## Konstruowanie jako proces uczenia się

Istnieje analogia między regulowaniem a konstruowaniem [Wächtler 1967]. W obu przypadkach mamy do czynienia z systemami ze sprzężeniem zwrotnym, a nie ze zwykłymi, otwartymi łańcuchami informacji. Podczas regulowania regulator koryguje regulowaną wielkość tylko ilościowo; podczas konstruowania konstruktor - zdążając do celu - dokonuje zmian nie tylko ilościowych, ale i jakościowych. Zmienia nie tylko wielkości, ale i zasady. Dlatego możemy przyjąć, że:

- *konstruowanie* jest, nastawionym na realizację określonego zadania technicznego, procesem uczenia się;
- *konstruktor* jest systemem uczącym się;
- *konstrukcja* jest idealnym wynikiem procesu uczenia się.

Strukturalnie oba procesy - konstruowania i uczenia się - można przedstawić jako procesy kołowe, obwodowe. Pięć istotnych sprzężeń troszczy się w tym procesie kołowym (nazwanym tu obwodem konstrukcji) o rozwiązanie problemu; od podania celu do dojrzałości wytwórczej. Ten obwód konstrukcji pokazany jest na rysunku 8.2 [Wächtler 1969].



Rys.8.2. Obwód konstrukcyjny z systemem uczenia się i otoczeniem

System uczący się (konstruktor, zespół konstrukcyjny, komputer) otrzymuje ze swego otoczenia zadanie i dostarcza temu otoczeniu rozwiązanie. Przez umysłową obróbkę (działanie) problemu powstają idee przyczyniające się do jego rozwiązania. Idee te są przechowywane w krótkotrwałej pamięci systemu uczącego się. Porównanie każdorazowego stanu rozwiązań z wymaganiami daje odchylenia. Rozstrzygnięcia, wyprowadzone z wyniku porównania, prowadzą do nowych działań. Jeżeli odchylenie osiągnie swe minimum, to rozwiązanie traktuje się jako optymalne.

System uczący się nie może być traktowany w sposób izolowany. Otoczenie w procesie uczenia się jest bowiem czymś więcej niż tym, kto stawia zadania i odbiera rozwiązania. Ma ono decydujący udział w znajdowaniu rozwiązania. Na informacje, wydawane z systemu uczącego się, otoczenie reaguje zarówno biernie, jak i czynnie. Aktywność otoczenia jest możliwa przez to, że zawiera ono rozstrzygnięcia dotyczące systemu. Te rozstrzygnięcia otoczenia mogą być dla systemu uczącego się pobudzeniem lub zakłóceniem jego czynności. Ważna jest przy tym zdolność reagowania systemu uczącego się na rozstrzygnięcia otoczenia w interesie zbliżenia się do celu, a więc uczenia się. Z drugiej strony system ma możliwość sprawdzenia informacji przed wydaniem jej do otoczenia. Na podstawie poprzednich wyników uczenia się system uczenia tworzy sobie pewien model otoczenia. Opierając się na tym modelu system uczenia zna prawdopodobną reakcję otoczenia.

I jeszcze jedno ważne zagadnienie. W czynności konstrukcyjnej, podobnie jak w procesach nauczania w innych obszarach, dla osiągnięcia sukcesu w uczeniu się istotna jest bezpośredniość przeżycia. Dwa rodzaje uczenia się określają sukces. Pierwszym jest uczenie się przez „próbę i błąd” przy pomocy otoczenia. Drugim - uczenie się przez „wgląd” jako proces wewnątrz systemu uczenia się.

### Konstruowanie jako samodzielne studiowanie

Podczas konstruowania wiedza przyswajana jest niejako samoczynnie, *implicite*. Odbywa się to przez samodzielne intensywne obcowanie z literaturą naukową, przez zmaganie się z wykładnikami naukowymi i przez indywidualne opracowywanie problemów i zadań. Wiadomo, że samodzielne studiowanie jest charakterystyczną cechą studiowania w szkołach wyższych, a jego ranga ciągle rośnie.

Formy nauczania, oparte na konstruowaniu, mogą znacznie ułatwić uczenie się. Wiadomo, że im więcej materiału pasuje do zastałej struktury informacyjnej uczącego się, tym łatwiej nowe informacje mogą być włączone do tej struktury. Przystwojenie konstrukcyjno-metodycznego sposobu postępowania może służyć jako dobry szkielet dla zastałej struktury informacyjnej. Szkielet ten może być wykorzystany jako ogólny szkielet dla specjalistycznej wiedzy różnych obszarów. Oznacza to istotne ułatwienie przyjmowania i stosowania wiedzy.

Zarówno podczas konstruowania, jak i podczas uczenia się i nauczania, mamy do czynienia z czynnościami planowania, porządkowania, oceniania, szacowania, różnicowania, porównywania, kombinowania itp. Wiadomo również, że przekazywanie materiału, który przedstawia powiązanie teorii z praktyką na przykładzie zadań praktycznych, daje lepsze efekty nauczania

niż wyizolowane wyłożenie ogólnych twierdzeń i dowolnych przykładów pojedynczych. A więc jeszcze jedno zdanie w obronie konstruowania.

Wniosek: Przez konstruowanie studiuje się intensywnie. Ogromna ilość wiedzy przyswajana jest względnie łatwo. Konkretna motywacja, jaką jest stworzenie określonego produktu, powoduje, że motywacja do uczenia staje się zbyt duża. Studiowanie wiedzy o tworzonej produkcie i dla tworzonego produktu jest przyjmowane jako coś oczywistego. Uczenie następuje „po drodze”, zwykle w sposób niezauważony i nieświadomy. Dlatego prace konstrukcyjne powinny znaleźć nie tylko miejsce w nauczaniu techniki, ale w każdym innym.

### Konstruowanie jako uczenie się rozwiązywania problemów

Wiadomo ogólnie, że w nauczaniu, i to na wszystkich jego szczeblach, zbyt mało miejsca zajmuje kreatywność. Punkt ciężkości leży na przekazywaniu materiału (wiedzy), podczas gdy kreatywne obchodzenie się z tym materiałem, sprzyjające nabywaniu umiejętności rozwiązywania problemów, prawie nie odgrywa żadnej roli lub pozostaje całkowicie nieświadome.

Istotą konstruowania jest samodzielne poznawanie i rozwiązywanie problemów. Jeżeli porównamy to stwierdzenie z najbardziej ogólnym celem studiowania na wyższej uczelni - rozwojem zorientowanego na rozwiązywanie problemów zachowania się studenta - to dojdziemy do wniosku, że szczególna rola konstruowania w kształceniu i doksztalcaniu nie daje się przecenić.

Nie ma takiej drugiej działalności inżyniersko-technicznej, podczas której w tak dużej mierze wiedza podstawowa musi być stosowana specyficznie, muszą być przejrane złożone zależności, musi być wydatkowana praca twórcza nad szczegółami i muszą zostać znalezione nowe rozwiązania. Ktoś, kto umie konstruować, jest w stanie po najkrótszym czasie pomyślnie opracowywać inne problemy naukowo-techniczne.

Konstruowanie oznacza więc pobudzanie kreatywności. Dlatego formy nauczania oparte na konstruowaniu bardzo nadają się do wykształcania zachowania zorientowanego na rozwiązywanie problemów. Nauczycielowi dają takie formy dodatkowo możliwości wychowawczego oddziaływania na uczniów, ponieważ proces rozwoju osobowości także może być traktowany jako swego rodzaju samokonstruowanie.

### Konstruowanie jako zabawa i gra

G. Binnig [1989], fizyk i laureat nagrody Nobla, tak pisze o kreatywności:

*„Jeżeli obserwować dziecko, najlepiej małe dziecko, jak ono się uczy, to można ustalić, że to uczenie się jest pewną kombinacją bawienia się i matę-*



*riału, albo, wyrażając się inaczej, zabawy i zabawki. Obie rzeczy są konieczne. Zabawka jest warunkiem zabawy, a zabawa jest warunkiem, aby pojąć zabawkę; pojąć w tym przypadku nawet w najbardziej prawdziwym sensie słowa, ponieważ zabawka jest zabawowo obmacywana. Wiadomo, że dzieci, które mają nadmiar zabawek przestają się bawić. Obfitość materiału dusi kreatywność."*

## I dalej

*„... wielu profesorów traktuje zabawowe obchodzenie się z materiałem jako dziecinadę lub jako stratę czasu. W ich oczach kreatywność zaczyna się dopiero wtedy, gdy materiał staje się opanowany. Przy takim podejściu umykają jednak uwadze dwie istotne rzeczy. Po pierwsze, że zabawowe ujęcie materiału jest najlepszą metodą uczenia się, ponieważ jest przyjemnością i podkreśla chęć, a po drugie, że „mięśnie kreatywnościowe” muszą być trenowane. Myślenie kreatywne chce być uczone i ćwiczone. ”*

Cele i wymagania konstrukcyjne mogą więc być realizowane przez ideę i metody zabawy. Wydaje się to być szczególnie ważne dla nauczania konstruowania. Zadania konstrukcyjne mogą być przy tym „ubrane” w działania zabawowe, które są podniecające i wywołują chęć do zabawy. Zadanie konstrukcyjne otrzymuje w ten sposób charakter zadania zabawowego. Rozwiązanie zadania zabawowego wymaga wykonania działań uczących, jak zapamiętywanie, rozróżnianie, porównywanie, kombinowanie, wybieranie, porządkowanie itd., które są typowe zarówno dla procesu konstruowania, jak i uczenia się. Na tym podwójnym charakterze - zabawy i uczenia się - można budować dydaktyczne korzyści konstruowania.

Materiały, typowe zespoły i elementy konstrukcyjne z jednej strony, a funkcje tworzonych produktów z drugiej, mogą być traktowane jako zabawki dydaktyczne w formie abstrakcyjnych bloków logicznych. Uczący się powinien stanąć przed wyzwaniem, aby cechy (atrybuty) tych bloków porównywać, porządkować, wybierać, kombinować itp. Wyzwanie to dotyczy przede wszystkim umiejętności i operacji, a nie czynności rutynowych, tak że zabawa staje się systematycznym uczeniem się. Od typowego uczenia szkolnego odróżnia się ono tym, że materiał uczenia się deklarowany jest jako materiał zabawowy, a proces nauczania jest przemieniany w fikcyjne działanie zabawowe. Ten materiał zabawowy jest, w odróżnieniu od typowego materiału zabawowego dzieci, specjalnie przygotowany, wydaje się być pozbawiony sensu i przedstawia obiekty abstrakcyjne; działanie zabawowe nie odnosi się, w odróżnieniu od spontanicznych działań zabawowych, do rzeczywistych stosun-

ków między ludźmi. Sam proces uczenia się przebiega przy tym mimowolnie, jest zasłonięty, nie doświadczany świadomie przez uczącego się.

Konstruowanie jako zabawa oznacza więc równoczesne zaspokojenie dwóch pozornie ekstremalnych potrzeb: (1) potrzeby odprężenia, wypoczynku, oderwania się od codzienności, zanurzenia się w wymyślonej sytuacji oraz (2) potrzeby twórczego kształtowania, wynajdowania, odkrywania itd.

W żadnym wypadku nie jest to tylko możliwe podczas zabawy, ale może być wzmacniane w znacznym stopniu przez momenty czynności zabawowej, jej struktury. Ważne są tu przede wszystkim gry strategiczne, które nie opierają się na przypadku, jak np. gry *zależne* tylko od szczęścia. Teorie zabawy (gry) służą do tego, aby za pomocą środków matematycznych i określonej strategii szukać systematycznie nowego rezultatu lub dla osiągnięcia określonych rezultatów określać optymalne strategie (jako sprzyjające drogi do celu). W teoriach gry (zabawy) widać jasno, że gra i zabawa jako przedmiot badań są obiecujące z punktu widzenia ich czynności z procesem uczenia się.

### *Projektowanie jako metoda nauczania*

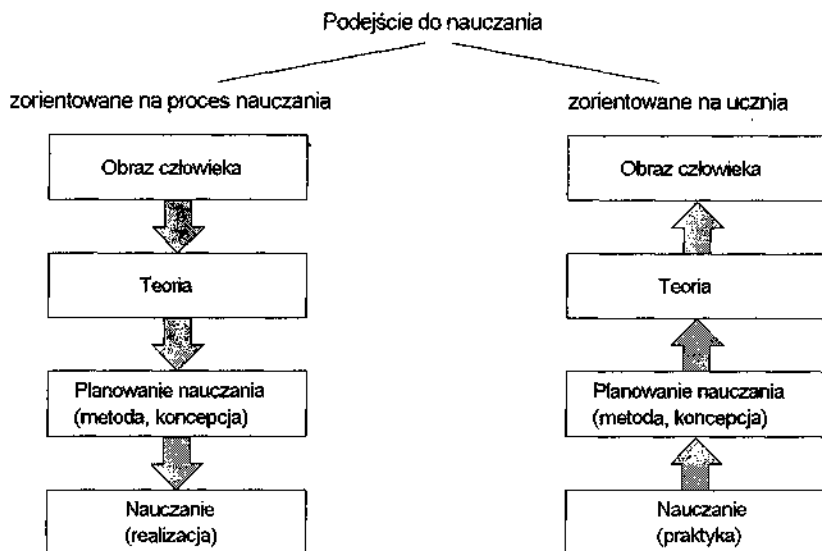
Nauczanie metodą projektowania wychodzi z zupełnie innego obrazu człowieka niż nauczanie podające, frontalne czy inne metody stawiające nauczyciela w centrum nauczania. Nauczanie przez projektowanie jest częścią koncepcji otwartej, zorientowanej na działanie. Uczenie się jest widziane jako pobudzenie do samodzielnego działania. Kontrastuje to z metodami nauczania zorientowanymi na nauczyciela, gdzie uczenie się widziane jest przede wszystkim jako odtwarzanie podanych treści i struktur.

### Dwa spojrzenia na proces nauczania

Dzisiejsze nauczanie w szkołach zarówno podstawowych, średnich, jak i wyższych sprowadza się do starych wzorców nauczania frontального, proponowanych już przez Komeńskiego i Herbarta. U podstaw tego nauczania leży określone spojrzenie na proces uczenia się człowieka. Można je sprowadzić do stwierdzenia, że uczenie się jest reakcją na impulsy otoczenia, a jego ekstremalnym przypadkiem jest tresura [Bonz 1994],

Pedagodzy tacy jak Rousseau, inaczej niż Herbart, wychodzili z założenia, że człowiek uczy się z siebie samego i że istota nauczania polegać powinna przede wszystkim na pobudzaniu i wspomaganiu indywidualnych możliwości rozwoju ucznia. Tym dwóm różnym spojrzeniom na proces uczenia się odpowiadają dwa różne podejścia do nauczania: (1) zorientowane *na proces nauczania* oraz (2) zorientowane *na ucznia*. Podstawowe elementy (etapy procedur) obu podejść są takie same: obraz człowieka, teoria, planowanie na-

uczania, proces nauczania. Droga między obrazem człowieka a procesem nauczania przebiega jednak *odwrotnie* (rys. 8.3).



Źródło: Bonz 1994

Rys.8.3. Podstawowe podejścia do nauczania

W podejściu zorientowanym na proces nauczania punktem wyjścia jest idealizowany obraz człowieka (jakim człowiek powinien być), zaś celem - realizacją procesu nauczania, który ma ukształtować człowieka według tego obrazu. Wychodzi się tu z konkretnego obrazu człowieka, opisuje się ten obraz teoretycznie, na tej podstawie planuje się nauczanie i realizuje je.

W podejściu zorientowanym na ucznia jest odwrotnie. Punktem wyjścia jest tu zastana w szkole praktyka nauczania, celem - obraz człowieka o rozwiniętych indywidualnych możliwościach. Wychodzi się więc z zastanej praktyki nauczania, planuje się na tej podstawie nauczanie (pobudzanie i wspomaganie indywidualnych możliwości rozwoju), wykorzystuje się do tego odpowiednią teorię i dochodzi się w ten sposób do obrazu człowieka.

Nauczanie przez projektowanie jest właśnie jednym z zastosowań podejścia zorientowanego na uczącego się. Wywodzi się ono z amerykańskiego pragmatyzmu i kojarzone jest z nazwiskiem Kilpatricka. Zakłada, że uczenie się jest dążeniem człowieka do pokonania sytuacji życiowej, co oznacza przede wszystkim rozwiązywanie problemów praktycznych. Ujęcie takie zaakceptowała niemiecka pedagogika reformowana i podniosła do maksy

samodzielności działań uczącego się (nauczyciel powinien czynić tylko to, czego uczeń nie jest w stanie czynić).

Metoda projektów jest najbardziej znana w szkołach zawodowych i wyższych, szczególnie na studiach technicznych. Metodę tą stosuje się do nauczania wiedzy wieloprezydentowej, na ostatnich latach studiów (prace przejściowe, dyplomowe).

## Projekt i projektowanie

Czym jest projektowanie? W słowniku języka polskiego pod hasłem „projekt” czytamy:

*((zamierzony plan działania, postępowania, pomysł, zamysł).*

Pod hasłem „projektować” mamy:

*/. ((układać projekty, plany zamyślać coś, zamierzać» oraz 2. «opracowywać projekt budowlany, architektoniczny, technologiczny itp.; przedstawiać projekt czegoś za pomocą rysunku, szkicu, planu, obliczenia itp.».*

Projektowanie jest bardziej wyodrębnionym zbiorem czynności. Ich zakres zależy od tradycji, uwarunkowań kulturowych itp. W istocie projektujemy zawsze wtedy, gdy opracowujemy sposoby przekształcania danej sytuacji w inną, lepszą, dogodniejszą. Projektowanie techniczne, architektoniczne, prawnicze, pedagogiczne lub ogólniej - społeczne, medyczne, administracyjne - to poszczególne przypadki projektowania w ogóle [Gasparski 1988],

Pojęcie projektowania odnosi się z reguły do projektowania w technice, zwanego często projektowaniem inżynierskim. Pojęcie projektowania dydaktycznego jest pojęciem stosunkowo młodym.

Projektowanie jest umiejętnością syntezy. Stanowi ono podstawę kształcenia wyższego w dowolnym zawodzie. Głównym zadaniem uczelni, zarówno technicznych jak i pedagogicznych, jest w istocie nauczyć projektowania.

Podmiotem projektowania jest zarówno projektant, jak i użytkownik projektu. Przedmiotem projektowania jest sytuacja praktyczna, pewien fragment rzeczywistości rozważanej przez projektanta, gdy obmyśla on zmiany tego fragmentu lub jego części oraz wszelkich związanych z tym konsekwencji. Przedmiot projektowany jest częścią przedmiotu projektowania. Przedmiot projektowania składa się z reguły z wielu, wzajemnie powiązanych, przedmiotów projektowych.

Ze względu na charakter projektowanie można podzielić na zadaniowe i sytuacyjne. Projektowanie zadaniowe utożsamia przedmiot projektowania z przedmiotem projektowanym. Jest ono opartą na doświadczeniu działanością, polegającą na rozwiązywaniu bardzo szczegółowych i wyraźnie zdefiniowanych problemów (zadań projektowych). Projektowanie takie ma charakter służebny względem tych zadań.

Projektowanie sytuacyjne jest sposobem przezwyciężenia sytuacji praktycznej. Projektowanie takie rozszerza się o czynności diagnostyczne zmierzające do sformułowania problemu praktycznego, obejmując tym samym formułowanie celu.

### Zdolność do działania jako założenie pracy projektowej

Nauczanie przez projektowanie wychodzi z założenia, że *człowiek uczy się sam z siebie*. Innymi słowy, że uczenie się jest czymś, co głęboko tkwi w samej naturze człowieka. Bodźce z zewnątrz są oczywiście celowe czy nawet konieczne (np. te sprzyjające systematyczności). Także gotowość do pomocy oraz porada przez nauczającego odgrywają tu niemałą rolę. Jednak jak dalece jest to możliwe proces nauczania powinien rozwijać się „sterowany od wewnątrz” lub przez pomoc i bodźce (zachęty) w powiązaniu z uczącym się, jak również być kierowany przez impulsy pochodzące od mediów.

Zdolność do działania z punktu widzenia prac projektowych zakłada wewnętrzną motywację i obejmuje, jako następstwo, zdolność do odbierania impulsów z otoczenia społecznego i pozytywnego reagowania na nie, do czego wnosi się własną wiedzę i zdolności. Umiejętność współpracy z otoczeniem społecznym, czyli kompetencja socjalna i zdolność odpowiadania na bodźce z otoczenia socjalnego, prowadzą do tego, że człowiek (1) konfrontuje się z zadaniami (problemami) projektu, (2) planuje i otwiera drogi rozwiązań, (3) rozważa oferowane pomoce uczenia się oraz (4) bada rozwiązania. Istotna jest przy tym jedność planowania, wykonywania i oceniania.

Obraz człowieka leżący u podstaw pracy z projektami staje się jasny wtedy, gdy naszkicujemy obraz przeciwny. Nauczanie frontalne zakłada gotowość ściślego prowadzenia się według wymagań nauczyciela do z góry zaplanowanego celu, po zadanych drogach uczenia się. Tradycyjne nauczanie ma obraz człowieka o zdolności dopasowywania się i gotowości podporządkowywania się, wykonania, zrealizowania i umiejętności odpowiadania, jak również akceptowania autorytetu nauczyciela, od którego ucznia dzieli przepaść wiedzy i umiejętności.

Nauczanie przez projektowanie orientuje się na całościowe uczenie się i dlatego dotyczy nie tylko poszczególnych aspektów człowieka, jak np. jego kognitywnego zachowania się.

Nauczanie przez projektowanie jest metodą *nauczania zorientowanego na działanie*. Podczas takiego nauczania do odczuwania i myślenia dochodzi działanie. Projekt jest scharakteryzowany przez to, że praktyczne i wzięte z życia zamierzenie w ustalaniu celów, planowaniu, wykonaniu i ocenie w dużej części niesione jest przez samego ucznia. Uczeń jest konfrontowany całościowo, przy czym do tego wciągany jest poznawczy, uczuciowy i psychomotoryczny obszar uczenia się. Proces uczenia się jest długi w czasie. Uczniowie sami organizują swój proces uczenia się. Nauczyciel staje się doradcą procesu uczenia się jego uczniów. Oznacza to, że uczenie zorientowane na działanie wymaga od nauczycieli, którzy już (tylko) niewiele nauczają. Nauczanie ma przy tym złożoną naturę.

### Cechy i składniki metody projektowej

Najważniejsze cechy projektowej metody nauczania-uczenia się to:

- procesy *rozwiązywania problemów* zajmują miejsce centralne;
- możliwe jest więcej niż jedno rozwiązanie;
- istnieje *wiele faz konkretyzowania*, które służą do strukturyzowania nauczania;
- praca z projektami jest *orientowana na osiągnięcie określonych celów* (pedagogicznych); orientacja i cele, ogólnie biorąc, nie pokrywają się;
- praca z projektami może odbywać się zarówno w *grupach, jak i pojedynczo*;
- praca z projektami jest *ponadfachowa*;
- stosowane są *różne metody nauczania i różne środki nauczania*.

Praca z projektami wymaga ze strony nauczyciela zarówno wiedzy fachowej, jak podstawowej wiedzy pedagogicznej

Składnikami metody projektowej, według Freya [1993], są: (1) inicjatywa projektowa, (2) rozważenie inicjatywy projektowej we wcześniej uzgodnionych ramach, (3) wspólne rozwinięcie obszaru roboczego, (4) przeprowadzenie projektu (wzmoczone czynności w obszarze roboczym) i (5) zakończenie projektu.

Jak inicjatywa projektowa w ramach zastosowanej metody projektowej może być skonkretyzowana w programie nauczania? W metodzie projektowej na początku zawsze jest jakiś punkt wyjścia: uczniowie mają zawsze całkiem określone idee, nazywają praktyczne przykłady czy donoszą o swych doświadczeniach z jakiegoś szczególnego obszaru. Wszystko to pobudza inicjatywę projektową.

Inicjatywa projektowa jest zbiorem materiału, przy czym idealnie jest gdy propozycje pochodzą od ucznia, a nie od nauczyciela. Jeżeli projekt jest (przez inicjatywę projektową) zaczęty, to następuje zmaganie się z tą inicjatywą

w uzgodnionych wcześniej ramach. Wynikiem jest szkic projektu. Określa on, z grubsza, przebieg projektu. Z pierwszych fantazji powstaje realizowalne zamierzenie. Powstają jasne wyobrażenia o możliwym punkcie końcowym. Powstaje plan projektu i uczniowie robią z inicjatywy własny projekt.

### *Podsumowanie*

Zarysowaliśmy najważniejsze inspiracje dydaktyczne, jakie można znaleźć w naukach technicznych, szczególnie w automatyce i nauce konstruowania. Projektowanie przedstawiliśmy jako metodę nauczania; konstruowanie jako proces uczenia się, jako samodzielne studiowanie, jako rozwiązywanie problemów oraz jako grę i zabawę; uczenie się jako najwyższą formę regulacji.

Pewne inspiracje wydają się tak ważne, że zajmiemy się nimi bliżej w trzech kolejnych rozdziałach. Zacniemy od inspiracji wywodzącej się z robotyki. Komputacjonalizm -jeden z najpowszechniejszych paradygmatów dzisiejszej nauki - zostanie zastosowany do pokazania alternatywy: dydaktyka komputacjonalistyczna czy konstruktywiczna? W kolejnym rozdziale - inspirowanym przez nowoczesną inżynierię produkcji - elastyczne systemy produkcyjne i pojęcie fabryki fraktalnej posłużą do analizy podobieństwa między industrializacją a scholaryzacją społeczeństw oraz do odpowiedzi na pytanie, czy metody pedagogiczne zmieniły świat w takim samym stopniu jak metody techniki. Na koniec - w rozdziale inspirowanym przez naukę konstruowania - pokażemy, że tworzenie procesu nauczania można traktować jako czynność konstrukcyjną i proces przetwarzania informacji, porządkowany i koncentrowany na cele, treści, metody, środki i wyniki nauczania. Ustalanie tych cech i zdobywanie potrzebnych informacji mogą przebiegać podobnie jak podczas metodycznego rozwiązywania problemów konstrukcyjnych w technice.

Zanim jednak przejdziemy do powyższych zagadnień spróbujmy, na podstawie dotychczasowych rozważań, wykazać skąd się bierze ten duży potencjał dydaktyczny, jaki tkwi w technice i nowoczesnej wiedzy technicznej. Wynika on, naszym zdaniem, przede wszystkim z różnorodności dydaktycznych aspektów techniki i technicznych aspektów dydaktyki. Spróbujmy wyszczególnić najważniejsze z nich.

### Dydaktyczne aspekty techniki i techniczne aspekty dydaktyki

Najważniejszymi dydaktycznymi aspektami techniki wydają się być:

- dydaktyka w technice, technika jako przedmiot nauczania, nauczanie techniki; nauczanie i uczenie się maszyn (robotów), sztuczna inteligencja;
- rola techniki z punktu widzenia celów, treści, metod, środków i wyników nauczania, a więc jaką technika (i wiedza techniczna) ma wartość na przykład z punktu widzenia podstawowych reguł dydaktycznych (od kon-

kretu do abstraktu, od prostego do skomplikowanego, od znanego do nieznanego, od bliskiego do dalekiego);

- patrzeć na technikę przez pedagoga (dydaktyka, nauczyciela) wyłącznie z punktu widzenia dydaktyki;

- inspiracje dydaktyczne, których źródłem jest technika

Przez analogię wymieńmy najważniejsze techniczne aspekty dydaktyki:

- technika w dydaktyce, rosnąca technizacja nauczania i uczenia się, środki dydaktyczne, media, multimedia, techniczne środki nauczania-uczenia się;

- technologia kształcenia, inżynieria dydaktyczna;

- rola dydaktyki z punktu widzenia techniki, a więc jaką dydaktyka (wiedza dydaktyczna) ma wartość z punktu widzenia projektowania, konstruowania, wytwarzania i likwidowania systemów technicznych;

- patrzeć na dydaktykę przez technika (inżyniera) wyłącznie z punktu widzenia techniki;

- inspiracje techniczne, których źródłem jest dydaktyka.

### Technologia kształcenia czy inżynieria dydaktyczna?

Trudno nie pominąć najbardziej chyba popularnego dydaktycznego aspektu techniki, jakim jest pojęcie technologii kształcenia. W swym początkowym okresie zredukowano technologię kształcenia do zastosowania środków technicznych w dydaktyce. Tak przynajmniej rozumiany jest angielski zwrot „educational technology”, szeroki termin obejmujący każdy rodzaj techniki, od tablicy i kredy, do złożonego (skomplikowanego) używania technik informatycznych [Report 1993, s. 84]. Ale technika to nie tylko środki (media), ale także, a może przede wszystkim, metody (w tym metody nauk technicznych). Ostatnio przez technologię kształcenia rozumie się coraz częściej dydaktykę praktyczną [Skrzydlewski 1990], stosowaną [Skrzypczak 1995] czy kompleksową metodę projektowania, realizacji i oceniania całego procesu nauczania-uczenia się [Skrzydlewski 1990], Z punktu widzenia rozumienia słowa „technologia” w naukach technicznych wydaje się to słuszne.

Skrzydlewski [1990, s. 8] definiuje technologię kształcenia jako

*„dyscypliną pedagogiczną będącą dziedziną praktycznego dorobku dydaktyki, psychologii uczenia się oraz wiedzy o komunikowaniu w celu opisywania, wyjaśniania i konstruowania procesu nauczania-uczenia się, w którym media prezentują informacje, rozwijają procesy wewnętrzne jednostki, usprawniają procesy porozumiewania się, stanowiąc równocześnie efektywne i atrakcyjne źródła wiedzy. ”*



Wydaje się, że do treści tej definicji lepiej pasuje pojęcie inżynierii dydaktycznej, ponieważ lepiej oddaje aspekt konstruowania procesu. Pojęcie technologii podkreśla, przynajmniej w naukach technicznych, zwykle aspekt stosowania; ma charakter bardziej rutynowy i mniej twórczy od pojęcia inżynierii. Inżynieria bowiem to przede wszystkim umiejętność projektowania, konstruowania, nauka stosowania wiedzy do rozwiązywania problemów (technicznych, pedagogicznych, społecznych<sup>1</sup>) w praktyce.

Reasumując - inżynieria kształcenia może być rozumiana jako zastosowanie nauk o człowieku, szczególnie psychologii i socjologii, do zmiany ludzi w procesach dydaktycznych. To konstrukcja, czyli synteza przydatnego systemu dydaktycznego, jest tym, co odróżnia inżynierię kształcenia od nauk psychologicznych i socjologicznych.

---

<sup>1</sup> Por. pojęcia inżynierii społecznej czy inżynierii behawiorystycznej np. u Kozielskiego [1996], s. 64-65.

## Rozdział 9.

### Dydaktyka komputerowa czy konstruktywistyczna?

Z publikacji poświęconych sposobowi nauczania w polskiej szkole jasno wynika, że dominuje przekaz wiedzy. Wiedza pojmowana jest jako informacja, która została zapamiętana i może być przywołana w celu odpowiedzi na pytanie. Rola nauczyciela sprowadza się do „zapisania” informacji (faktów, pojęć, zasad itp.) w głowie ucznia i „przywoływania” tej informacji podczas sprawdzianu ustnego lub pisemnego. Niezwykle mało miejsca zajmuje przy tym rozwijanie u uczniów zdolności poznawania i rozumienia, przede wszystkim kreatywnego używania pojęć i zasad w odpowiadaniu na pytania, w wyjaśnianiu, w korygowaniu błędów; w projektowaniu, w rozwiązywaniu problemów itp. Wniosek: uczniowie są traktowani jak komputery, a właściwie jeszcze gorzej - jako niezapisane dyskiety. Celem nauczania jest zapisanie dyskietki „głowa ucznia”, a nie wykształcenie programu operacyjnego samo-programującego mikroprocesora „umysł ucznia”; wypełnienie szuflad, a nie umiejętność kojarzenia tego, co w szufladach; wiedza faktów, a nie wiedza metod, procedur i kontekstów. Jest to wynikiem komputerowego podejścia do dydaktyki.

W nauce panuje dziś powszechnie paradygmat komputerowy. Nie tylko w naukach technicznych, ale także w psychologii poznawczej. Ta ostatnia zajmuje się tym, w jaki sposób system nerwowy przetwarza informacje i inspirowana jest osiągnięciami informatyki, cybernetyki i techniki komputerowej (por. Malim, Birch, Wadeley 1994). Komputerowa teoria umysłu (służ) nie tylko badaniu procesów myślowych człowieka, ale także tworzeniu maszyn „inteligentnych” (np. nowoczesnych robotów autonomicznych), gdzie problemy „dydaktyczne” (nauczanie maszyn) nabierają coraz większego znaczenia. Pojęcie sztucznej inteligencji stało się tu pojęciem kluczowym.

Okazuje się jednak, że istnieją naturalne granice sztucznej inteligencji [Neipp 1993]. Podejście czysto komputerowe nic w pełni opisuje procesy poznawania. Ogranicza się ono bowiem do operowania przedstawieniami (reprezentacjami). Alternatywą może być konstruktywistyczne podejście do poznania, zakorzenione w elementarnych organizmach żywych. Pro-

wadzi ono do radykalnie nowego rozumienia zjawisk, takich jak poznanie, komunikacja, reprezentacja, działanie intencjonalne i język.

Stawia się tezę, że dydaktyka powinna mieć raczej charakter konstruktywistyczny, a nie komputacyjny. Dydaktyka komputacyjna jest skuteczna w przypadku maszyny (i to nie zawsze), a nie w przypadku człowieka. Poniżej postaramy się to wyjaśnić. Wykorzystamy przy tym pojęcia i argumentację Stewarta [1995], jakiej użył do wyjaśnienia dlaczego komputacyjna teoria umysłu nie jest jedynym możliwym podejściem do badania procesów poznawczych u człowieka. Artykuł Stewarta był zresztą inspiracją do napisania niniejszych rozważań.

W celu przedstawienia różnic między dydaktyką komputacjonalistyczną i dydaktyką konstruktywistyczną musimy ustalić, co rozumiemy przez termin „poznanie”. Zgodnie z klasyczną sztuczną inteligencją i komputacjonalistycznym paradygmatem w nauce o poznawaniu (cognitive science), „poznanie” (kognicja<sup>1</sup>) definiowane jest jako operowanie przedstawieniami symbolicznymi zgodnie z regułami jakiejś składni formalnej (formal syntax). Przykładem może być nauczenie się zdania na pamięć, bez rozumienia jego treści.

W celu uzasadnienia twierdzenia, że w dydaktyce podejście konstruktywistyczne jest skuteczniejsze od podejścia komputacyjnego, będziemy potrzebowali alternatywnej teoretycznej definicji poznania. Uczynimy to w punkcie następnym, gdzie przedstawimy, konstruktywistyczną definicję poznania, wywodzącą się z elementarnych systemów adaptacyjnych. W kolejnym punkcie omówimy, za Stewartem [1995], zagadnienie obiektywizmu, które tworzy uzasadniony powód dlaczego paradygmaty, komputacjonalistyczny i konstruktywistyczny, są zdecydowanie różne i w istocie niewspółmierne. Dalej przedstawimy zarys ewolucji, od niskich do wysokich organizmów kognitywnych, opierający się przede wszystkim na bieżącym kursie filogenezy biologicznej. Na koniec spróbujemy porównać oba podejścia z punktu widzenia dydaktyki i nakreślić pewne wnioski, które mogą mieć znaczenie dla badań dydaktycznych.

### *Konstruktywistyczną alternatywa komputacjonalizmu w dydaktyce*

Proponujemy tu następującą alternatywną definicję tego, co możemy rozumieć przez termin „poznanie” w dydaktyce. Rozważmy ucznia zaangażowanego zarówno w doznawanie (sensation) i działanie (action) w odniesieniu

---

<sup>1</sup> Używam tu słowa „kognicja” i jego odmian dlatego, żeby jednoznacznie podkreślać rolę przetwarzania informacji w procesie poznawania. Samo słowo „poznanie” jest zbyt wieloznaczne i wprowadza zbyt dużą nieostrość do rozważań.

do swego środowiska. Doznania ucznia ingerują w prowadzenie jego działań, a działania z kolei modyfikują jego następne doznania tak, że uczeń jest zaangażowany w dynamiczne, kolejno powtarzające się (rekursywne) konfiguracje działanie-doznawanie. Powstaje sprzężenie zwrotne między działaniem a doznawaniem. Takiego ucznia można nazwać „poznającym” (kognitywnym) wtedy, gdy jego działania będą kierowane przez jego własne doznania w taki sposób, że usatysfakcjonowana jest jego sfera życiowa (viability constraint) Jak zobaczymy, „wiedza”, jaką taki uczeń ma o swoim środowisku, przybiera postać reguł, które wynikają ze skutków działań. Wiedza jest „słuszna” jeżeli jest używana w taki sposób, że utrzymuje poziom sfery życiowej ucznia. Jest to, oczywiście, wymaganie minimalne, pewien rodzaj „poznania” o „poziomie zero”. Jest to jednak dalekie od trywialności. Aby wyjaśnić ten punkt, postaramy się wykazać, co rozumiemy przez sferę życiową.

Istotną cechą pojęcia „sfera życiowa ucznia” (konieczną, ale nie, jak to zobaczymy, wystarczającą) jest to, że jej poziom jest ograniczany raczej zakazami niż nakazami. *Ograniczenie nakazowe* (preskryptywne, prescriptive constraint) podaje, w każdym szczególe, dokładnie co uczeń powinien robić w każdej możliwej sytuacji. Tak właśnie wyglądają powszechnie formułowane cele nauczania. Mają one charakter nakazowy. Dąży się do pokrycia wszystkich możliwych sytuacji w życiu ucznia, do wyszczególnienia wszystkiego, co uczeń powinien umieć. Jest to długie, skomplikowane i nudne. Jest to z góry skazana na niepowodzenie próba nauczania wszystkiego. Więcej, ponieważ uczeń „funkcjonuje” przez proste uwewnętrznianie (internalizowanie) tych zewnętrznych nakazów (ograniczeń nakazowych), jest niesamodzielny (heteronomiczny) w sensie bycia dokładnie zdeterminowanym z zewnątrz. Uczeń taki robi tylko to, co jest mu powiedziane, aby robił, ani mniej, ani więcej, podobnie jak komputer.

*Ograniczenie zakazowe* (proskryptywne, proscriptive constraint), odwrotnie, jest zwykle wyrażane w terminach negatywnych. I tak możemy wymagać od ucznia, aby: (1) nie był bierny, (2) nie miał złych ocen i (3) nie pozostał w klasie na drugi rok. Mimo, że to może brzmieć nieco negatywnie, umiejętność realizowania ograniczenia proskryptywnego jest właściwie osiągnięciem pozytywnym. Szczególnie dlatego, że strategia realizacji celu nie jest dyktowana z zewnątrz. Ograniczenie proskryptywne nie tylko bowiem zezwala na pewną autonomię ze strony ucznia, ale nawet, ogólnie biorąc, jej wymaga.

### *Składnia, znaczenie, obiektywizm*

Paradygmat komputacjonalistyczny opiera się na postulacie, że reprezentacje symboliczne - podłoża operacji poznawczych - są w istocie *formalne*. Innymi słowy, operacje kognitywne są wykonywane zgodnie z regułami czy-

sto składniowymi (syntaktycznymi), nie uwzględniającymi znaczeniowej (semantycznej) treści symboli. Aby te operacje miały charakter poznawczy, symbole muszą mieć treść semantyczną. Analogicznie jak w modelowej teorii matematyki formalnej, treść semantyczna formalnych symboli jest dawana przez środki relacji korespondencyjnych ze „stanem rzeczy w realnym świecie”. Jest to uzasadnienie dla centralnej pozycji w paradygmacie komputacjonalistycznym, zajmowane przez pojęcie reprezentacji umysłowej (mental representation): symbole muszą *reprezentować* aspekty świata realnego.

Takie podejście z góry zakłada pewien obiektywizm. Fakt, że jest to zwykle obiektywizm ukryty (implicit), a nie widoczny (explicit) nie powinien nas zwodzić: w celu nawet usiłowania oparcia symbolu przez korespondujące relacje *musi* istnieć coś, co jest wcześniej dane (pre-given), aby służyło jako odniesienie,,

Stewart [T995] definiuje „obiektywizm” jako postulat metafizyczny, że istnieje skończony, odniesieniowy „stan rzeczy w realnym świecie”. Stan ten może (w zasadzie) być jednoznacznie i wyjątkowo wyszczególniony, niezależnie od jakiegokolwiek odniesienia do podmiotu poznającego.

Przez kontrast do klasycznego komputacjonalizmu podejście konstruktywistyczne jest samo w sobie nieobiektywistyczne. Wiadomo, że przyczynowości kołowe, które, z jednej strony, wewnętrznie charakteryzują organizmy autopoetyczne (samotwórcze), a z drugiej kognitywne działanie-doznawanie, są fundamentalnie identyczne. Z konstruktywistycznego punktu widzenia wszystkie organizmy żyjące są więc kognitywne już z samej definicji. Gdy żywotny organizm skutecznie rozwija jakąś szczególną strategię życia w dotąd niezróżnicowanym „medium”, wnosi on do egzystencji korespondującą „niszę ekologiczną”. Organizm i nisza są odmienne, ale nierozdzielne; nie jest możliwe wyszczególnić niszę bez odniesienia do organizmu i na odwrót. Ta koncepcja nierozdzielności między podmiotem i przedmiotem została rozwinięta przez wielu autorów. Podkreślają oni, że organizm „ustanawia” świat, w którym żyje. *Wniosek*: z konstruktywistycznego punktu widzenia, podmiot i przedmiot poznawczy są różne, ale nierozdzielne. To z kolei prowadzi do podejścia, które jest zdecydowanie nieobiektywistyczne.

### *Poznanie elementarne, komunikacja, percepcja*

Konstruktywistyczne podejście do poznania opiera się na szeregu pojawiających się zjawisk, które ujawniły się w procesie ewolucji biologicznej. Przedstawimy teraz, za Stewartem [1995], kilka ważnych etapów tego procesu, od pierwszego pojawienia się kognicji do powstania języka. Porządek etapów jest chronologiczny z punktu widzenia filogenezy biologicznej. Struktura logiczna nie jest jednak liniowa. Ze wspólnego punktu startowego poznania

elementarnego wywodzą się dwie równoległe linie ewolucji. Pierwsza dotyczy zjawisk komunikacji: początkowo komunikacji międzykomórkowej, prowadząc do wielokomórkowych roślin i zwierząt, a następnie komunikacji etologicznej między zwierzętami, dając wzrost do spójnych kolonii. Druga linia ewolucji prowadzi od doznawania (sensation) do postrzegania (perception) i następnie do przedstawień (representations) i zamiarów (intentions). W każdej z tych linii etapy następne zależą od poprzednich bardziej w sensie etapów indywidualnego rozwoju poznawczego niż badane przez Piageta i Inheldera [Piaget 1996]. W końcu kombinacja tych dwóch wcześniej niezależnych linii ewolucji prowadzi do typowo ludzkiej komunikacji językowej.

Inspiracja do takiego wyjaśnienia jest wyraźnie biologiczna. Można ją jednaką ująć w terminach wystarczająco ogólnych, aby mogła być zastosowana w różnych obszarach, np. w technice do tworzenia modeli sztucznego życia czy np. w dydaktyce do objaśniania procesów poznawczych podczas nauczania.

Początkowym zdarzeniem w ewolucji biologicznej jest powstanie życia. Najbardziej prymitywne organizmy żywe, takie jak bakterie, w samej rzeczy spełniają podstawową definicję poznania jako podmiotu rekursywnych doznań-działań (sensation-actions) stosownie do tego, co sprzyja utrzymaniu jego żywotności (viability constraint). Na przykład bakterie są w stanie prowadzić swoje działania (ich rzeski albo płyną w spójnych falach, produkując ruch w linii prostej, lub falują chaotycznie, produkując ruch „miotający się” i przypadkowe zmiany kierunku) jako funkcję swych doznań (ich sensory różnią między sytuacją, w której środowiskowa koncentracja cukru rośnie i sytuacją, w której maleje) w ten sposób, że dążą do poruszania się w kierunku źródła pożywienia, jakim jest cukier. To osiągnięcie jest minimalnie „poznawcze” w sensie zaproponowanej definicji. Tak zachowują się niektóre współczesne maszyny, np. roboty mobilne.

Kolejnym etapem biologicznej ewolucji zdolności poznania jest pojawienie się komunikacji. W klasycznym komputacjonalizmie komunikacja jest niczym innym jak transmisją informacji. W podejściu konstruktywistycznym jest inaczej. Komunikacja jest tu strukturalnym powiązaniem między jednostkami (istotami) kognitywnymi, które daje w wyniku koordynację ich działań, niezbędną dla utrzymania ich wzajemnej zdolności do życia (viability). Może to może być wykonywane przez rozszerzenie repertuaru działań do włączenia emisji sygnałów oraz repertuaru doznań do włączenia czucia takich sygnałów. Przykładem paradygmatowym jest inteligencja roju w koloniach owadów społecznych. Jednak faktycznie komunikacja (taka ja tu definiowana) prawdopodobnie po raz pierwszy objawiła się w ewolucji biologicznej z pojawieniem się organizmów wielokomórkowych około 1000 milionów lat temu. To, na co chcemy zwrócić uwagę, to fakt, że „obiekt komunikacji” (jak tu zdefi-

niowanej) nie jest odniesieniowym stanem rzeczy w jakiejś obiektywnie zewnętrznej rzeczywistości, ale ujawniającym się wynikiem skutecznej koordynacji działań między współdziałającymi istotami kognitywnymi. „Obiekty” jak gniazda i szlaki pokarmowe owadów społecznych czy organizm wielokomórkowy jako zintegrowana całość, są wyraźnie nierozdzielne od działalności poznawczej składowych „podmiotów”.

Z pojawieniem się komunikacji tego rodzaju wkraczamy w obszar sygnałów semiotycznych. Należy zauważyć, że ważność tych sygnałów nie tkwi w samych sygnałach, ale bierze się ze szczególnych warunków ich wysyłania, w powiązaniu ze szczególnymi reakcjami odbiorców. Tak więc sygnał nie ma żadnej treści informacyjnej, zaś analiza jego struktury jest w zasadzie nieistotna dla jego ważności semiotycznej.

Istnieje ważne rozróżnienie między prostymi *doznaniem* (sensations), które możemy zdefiniować jako uaktywnienie organu czuciowego (sensory organ) funkcjonującego jako interfejs w interakcjach między istotą kognitywną i jego otoczeniem, i *percepcjami* wypracowanymi na podstawie tych pierwotnych doznań (względnie niezmiennych). Studiowanie niezmienników percepcyjnych jest głównym zagadnieniem psychologii kognitywnej. Problemem jest zdolność istoty kognitywnej do rozróżniania między modyfikacjami swych doznań wynikających z jej własnych działań (np. zmiana w stymulacji siatkówki wynikająca z ruchu oczu czy obracania głową) i tymi, które wynikają z ruchu „obiektu” percepcji. Kognitywna zdolność tego rzędu jest podstawą dla *konstrukcji* stabilnego „świata” zewnętrznego, zaludnionego przez „obiekty” niezmiennie. Należy zauważyć, że w przeciwieństwie do klasycznego komputacjonalizmu, gdzie obiekty wiedzy są rozpatrywane jako wstępnie zdefiniowane niezależnie od podmiotu, „obiekty” percepcyjne, z którymi mamy tu do czynienia, są projekcjami kognitywnej działalności podmiotu opierającej się na regularnościach w jego własnych korelacjach sensomotorycznych.

„Obiekty” percepcyjne są pojawiającymi się jednostkami, które istnieją tylko jako wynik kognitywnych akcji usytuowanych w czynniku; nie powinniśmy ich mylić z obiektami, które - jako zewnętrzni obserwatorzy - możemy uważać za istniejące w środowisku niezależnie od czynnika. Percepcja jest bowiem procesem twórczym, polegającym na aktywnym odbiorze, analizie i interpretacji zjawisk zmysłowych [por. Grabowska, Budohoska 1995].

## *Reprezentacja a język*

W klasycznym komputacjonalizmie reprezentacje to symbole wstępnie zdefiniowanych obiektów. Symbole te są odniesieniowymi stanami czy zdarzeniami w świecie zewnętrznie obiektywnym. „Klasyczne” roboty, wyposażone w reprezentacje tego rodzaju, nie są autonomiczne, ponieważ obie rzeczy

- definicja obiektów reprezentacji i gwarancja adekwatnych relacji odpowiedniości między tymi obiektami - wymagają interwencji efektywnie wszystkowiedzącego obserwatora zewnętrznego, w tym przypadku inżyniera, konstruktora robota. W podejściu konstruktywistycznym, przeciwnie, „reprezentacje” są reprezentacjami przewidywanych konsekwencji akcji jakiegoś czynnika dla jego własnych przyszłych percepcji. „Treningowy” zestaw przykładów akcji i odpowiadających percepcyjnych modyfikacji jest generowany przez sam czynnik w czasie okresu uczenia się względnie swobodnej interakcji z otoczeniem czynnika. Przez unikanie odniesienia do wstępnie zdefiniowanej zewnętrznej rzeczywistości, „reprezentacje” konstruktywistyczne tego rodzaju (które są formułowane rygorystycznie w ramach kategorii własnej domeny kognitywnej czynnika) otwierają drogę do rozszerzenia swych możliwości (capacities) kognitywnych, co jest w pełni kompatybilne z ich autonomią. W szczególności możliwość do reprezentowania konsekwencji akcji hipotetycznych czyni możliwym, aby czynnik opracowywał sekwencje akcji, skonstruowane do realizowania celu sformułowanego w kategoriach stanu percepcyjnego wyspecyfikowanego z góry. Innymi słowy, czynnik staje się zdalny do chronienia *intencji*. Z biologicznego punktu widzenia wyższy poziom kognicji tego rodzaju jest charakterystyką ssaków, a w szczególności małp człekokształtnych. Jest to jednak pogląd sporny.

Główna przeszkoda w rozwoju tego podejścia w przypadku czynników sztucznych dotyczy wyszczególnienia celów jakie mają być osiągnięte. We wszystkich wykonywanych pracach wyszczególnienie to (specyfikacja celów) jest wykonywana heteronomicznie przez człowieka-inżyniera; podczas gdy zwierzęta wyszczególniają swe cele motywacyjne autonomicznie. Nie jest nieprawdopodobne, że rozwiązanie tej zagadki włącza rolę emocji. To zagadnienie jest w poważnej części unikane przez naukę o kognicji, ponieważ emocje nie mogą być w żaden sposób skonstruowane jako reprezentacja obiektywne, wcześniej istniejącego zewnętrznego stanu zdarzeń. W celu wzrostu efektywności względnie autonomicznego uczenia się zwierząt niektórzy badacze sugerują wprowadzenie „ból*u* i/lub rozkosz*u*”. Jednak to również służy podkreśleniu ważnego rozróżnienia między symulacjami modelu i właściwie żyjącą kognicją, ponieważ możliwość, że robot może być obdarzony uczuciami, nie może być brana poważnie w obecnym czasie.

Reprezentacje konstruktywistyczne, wspomniane w poprzednim punkcie, nie są, jako takie, symboliczne. Zobaczyliśmy, że sygnały semiotyczne, w perspektywie konstruktywistycznej, są faktycznie odnoszone do komunikacji. Korresponduje to ze zjawiskami *języka* na granicy między naukami przyrodniczymi, humanistycznymi i społecznymi.

Teza dotycząca radykalnej różnicy między podejściami, komputacjonalistycznym i konstruktywistycznym, jest szczególnie dobrze ilustrowana przez



gólnie dobrze ilustrowana przez przypadek języka. Stosownie do paradygmatu komputacjonalistycznego nie ma żadnej istotnej różnicy między językami naturalnymi i formalnymi językami logiki i nauki o komputerach. Komunikacja lingwistyczna jest uważana za proces kodowania, transmitowania i dekodowania informacji. Przy takim punkcie widzenia, ponieważ wartość transmitowanej informacji jest normatywnie gwarantowana przez odniesienie do unikalnie obiektywnej rzeczywistości, nie rozumiemy się wzajemnie tylko wtedy, gdy: albo (1) jesteśmy rozmyślnie nieuczciwi, albo po prostu (2) jesteśmy niechlujni w popełnianiu błędów w procesach kodowania, transmitowania i dekodowania.

Konstruktywistyczny punkt widzenia jest całkowicie różny. Język jest tu definiowany jako drugiego rzędu „komunikacja o komunikacji”, czyli meta-komunikacja. Może on być jakościowo różny od sygnałów semiotycznych komunikacji zwierzęcej przez metaforyczną różnorodność w semantyce poszczególnych sygnałów wskutek umiejscowionej kontekstualności. Wynika stąd, że ogromne bogactwo komunikacji językowej jest nieoddzielne od faktu, że jest ona procesem interpretacyjnym, który nigdy nie może być odniesieniem pewny. Zakładając tę niepewność komunikacja ludzka jest możliwa tylko dlatego, że my *mamy intencję* komunikowania i ciągle zwracamy uwagę na to czy jesteśmy rozumiani (czy nie rozumiani) wzajemnie. Porównując z poglądem komputacjonalnym i jego wnioskiem obiektywistycznym, różnica w kategoriach naszego samorozumienia tego, co to znaczy być człowiekiem, jest ogromna.

Jeżeli, za I. Kurcz [1995], wyróżnimy w wiedzy językowej kompetencję językową (zdolność do posługiwania się językiem) i kompetencję komunikacyjną (umiejętność posługiwania się językiem odpowiednio do sytuacji społecznej), to tej pierwszej możemy przypisać cechy komputacjonalne, drugiej zaś wyraźnie konstruktywistyczne.

## Podsumowanie

Dydaktyka komputacjonalna odwołuje się do zjawiska wysokopoziomowej zdolności poznawczej człowieka. Towarzyszą temu zalety natychmiastowej efektywności operacyjnej w zas takich tosowaniach jak sztuczna inteligencja i systemy ekspertowe. Te zalety mają jednak swoją cenę. Jest nią „obiektywizm”, czyli brak jakiegokolwiek odniesienia do podmiotu poznającego. Próbowaliśmy tu pokazać, że istnieje alternatywna dydaktyka konstruktywistyczna, w której nasze rozumienie wysokopoziomowej zdolności poznawczej człowieka jest oparte na relacji do pierwotnie filogenetycznej biologicznej kognicji i, ostatecznie, na właściwościach materii, która czyni możliwymi autonomiczne organizmy żywe. Nasza teza polega na tym, że to, co wchodzi w grę

podczas wyboru między paradygmatami, komputacjonalnym i konstruktywistycznym, nie jest zagadnieniem typu wysokopoziomowa a niskopoziomowa zdolność poznawcza człowieka, ponieważ konstruktywizm ma swoje własne różniące się podejście do wysokopoziomowej zdolności poznawczej; ale raczej zagadnienie obiektywizmu, ponieważ komputacjonalizm jest koniecznie obiektywistyczny, podczas gdy konstruktywizm jest sam w sobie nieobiektywistyczny. W konkluzji przedstawimy możliwe znaczenie zagadnienia obiektywizmu dla projektowania systemów dydaktycznych.

Jeżeli podejść do projektowania systemów dydaktycznych ze ściśle inżynierskiego punktu widzenia, to obiektywizm nie jest tylko do przyjęcia, ale pod wieloma względami byłby nawet preferowany. Inżynier ma zwykle dobrze zdefiniowane wymagania i życzenia dotyczące konstruowanej maszyny. Mają one charakter ograniczenia preskryptywnego. Ograniczenie preskryptywne nie musi korespondować z absolutnie obiektywną rzeczywistością w pełnym sensie filozoficznym; w odniesieniu do maszyny odgrywa ono jednak rolę analogiczną, ponieważ jest dane wstępnie (pre-given) i ustalone przed konstruowaniem i wytworzeniem maszyny. Dlatego szłusne jest adoptowanie podejścia komputacjonalistycznego (w szerokim sensie terminu, włączając podsymboliczne sieci neuronowe i algorytmy genetyczne, przy warunku, że podlegają one wstępnie wyszczególnionym relacjom wejście-wyjście, które mają być osiągnięte). W perspektywie inżynierskiej istnieje stanowcze wymaganie, że maszyna powinna być heteronomiczna. Ostatnią rzeczą, jakiej inżynier chce w stosunku do maszyny, jest włożenie jej do „głowy” jakiejś rzeczy „mądrej” ale nieprzewidywalnej, która może być katastroficzna. Konfrontując to z uczącym się człowiekiem, który jest sam z siebie autonomiczny, konstruktor systemu dydaktycznego chce właściwie zredukować swojego ucznia do heteronomicznego statusu predyktywnej maszyny wejście-wyjście, na przykład przez doprowadzanie nauczanych uczniów do odpowiedniego stanu.

Jednak to, co jest właściwe i usprawiedliwione z inżynierskiego punktu widzenia, staje się błędne i antyproduktywne, gdy spojrzymy z perspektyw' biologicznej (i etycznej), w której szukamy naturalnie naukowego rozumienia organizmów żywych jako w istocie autonomicznych. W tym przypadku słuszne staje się podejście konstruktywistyczne, gdzie jedynym ograniczeniem jest proskryptywne ograniczenie zdolności do życia. Metodologicznie wymaga to jasnego konceptualnego rozróżnienia między mniej lub więcej finalistycznym opisem ujawniającego się zachowania czynnika przez zewnętrznego obserwatora naukowego, z jednej strony, oraz, z drugiej strony, mechanistycznym opisem tego, co czynnik robi „w swoich własnych kategoriach”. Biolodzy odnoszą sukcesy w traktowaniu żywych organizmów jako systemy złożone wtedy, gdy radzą sobie z wartościowaniem obu tych nie ulegających wątpliwości opisów. Wydaje się to być słuszne w przypadku nauczycieli. Schematycznie więc

uważamy, że istnieją dwie odmienne perspektywy w dydaktyce, które można nazwać podejściem „inżynierskim” i podejściem „biologicznym”. Obie są możliwe, ale uważamy, że ta druga jest bardziej etyczna. W podejściu inżynierskim uczniowie są jednostkami heteronomicznymi, podobnie jak materialne maszyny, podczas gdy w podejściu biologicznym uczniowie są jednostkami autonomicznymi. Podejście inżynierskie jest właściwie obiektywistyczne, podczas gdy biologiczne podejście ma tylko sens gdy jest konstruktywistyczne (por. tab. 9.1).

Tabela 9.1.

Porównanie podejścia komputacjonalistycznego z konstruktywistycznym

Punkt widzenia	Podejście <b>komputacjonalistyczne</b> („inżynierskie”)	Podejście <b>konstruktywistyczne</b> („biologiczne”)
Poznanie (kognicja)	podmiot operuje symbolami zgodnie do reguł jakiejś składni formalnej	podmiot kieruje się własnymi działaniami, przez własne doznania, w taki sposób, że usatysfakcjonowana jest jego sfera życiowa
Komunikacja	transmisja informacji	powiązanie między istotami kognitywnymi, dające koordynację ich działań konieczną do ich <u>wzajemnej żywotności</u>
Percepcja	obiekty wiedzy są wstępnie definiowane, niezależnie od podmiotu	„obiekty” percepcyjne są projekcjami kognitywnych działań podmiotu
Reprezentacja	symbole (formalizm)	niesymboliczna, odniesiona do komunikacji
Rzeczywistość	wstępnie zdefiniowana	sformułowana rygorystycznie w ramach terminów własnej domeny kognitywnej
Język	proces kodowania, transmitowania i dekodowania informacji	komunikacja o komunikacji (metakomunikacja)
Autonomia	brak (heteronomia)	tak
Liczba rozwiązań	jedno (optymalne)	kilka dobrych (równorzędnych)
Ograniczenia	nakazowe (preskryptywne) <i>co uczeń powinien umieć?</i>	zakazowe (proskryptywne) <i>czego uczeń nie powinien robić?</i>

Dochodzimy tu do ciekawego wniosku. Podejście konstruktywistyczne bardziej przypomina podejście biologiczne niż techniczne, choć z nazwy bliższe jest technicznemu. W ten sposób na pytanie o to jak nauczyciel powinien traktować ucznia - jako niezapisaną dyskietkę czy jako samoprogramowalny mikroprocesor? - odpowiedź brzmi: przede wszystkim i co najmniej jako samoprogramowalny mikroprocesor.

## Rozdział 10.

### Szkoła fraktalna?

W przedmowie do frapującej książki H. J. Warnecke [1992] „Fraktalna fabryka” O. Schiele pisze:

*„Gdy myślimy o przemyśle, myślimy przede wszystkim o jego produktach - samochodach, samolotach, komputerach, telewizorach. Odzwierciedlają oni nasze życzenia i obawy, sądy i uprzedzenia. Częsty pogląd, że produkty te istotnie zmieniają nasz świat jest całkiem słuszny. Jest to tylko jednak połowa prawdy. Z historycznego punktu widzenia to nie produkt, a raczej metody jego produkcji były i są tym, co kształtowało historię naszej kultury i nie tylko tego.”*

Czy, parafrazując powyższe, możemy napisać: gdy myślimy o szkole, myślimy przede wszystkim o jej „produktach” - uczniach, absolwentach, ludziach wykształconych. Odzwierciedlają oni nasze życzenia i obawy, sądy i uprzedzenia. Częsty pogląd, że ludzie wykształceni istotnie zmieniają nasz świat jest całkiem słuszny. Jest to tylko jednak połowa prawdy. Z historycznego punktu widzenia to nie „produkt” (absolwent), a raczej „metody jego produkcji” (metody kształcenia) były i są tym, co nadało kształt historii naszej kultury i nie tylko tego.

Czy metody pedagogiczne zmieniły świat w takim samym stopniu jak metody techniki? Jakie są podobieństwa między industrializacją a scholaryzacją społeczeństw? Czy można mówić o automatyzacji „produkcji” absolwentów, tak samo jak się mówi o automatyzacji produkcji samochodów?

### **Szkoła tradycyjna**

Polska szkoła jest bardzo tradycyjna. Tę tradycyjność należy rozumieć raczej w sensie nieświadomej rutyny, a nie w sensie dobrej tradycji. Szkoła ta przekazuje, a właściwie usiłuje przekazać dużo wiedzy, ale bardzo mało umiejętności praktycznych. Nauczyciele są zwykle tak kształceni, że nie potrafią inaczej uczyć niż sami zostali uczeni i nauczeni. Dyrektorzy są zbyt słabi, że-

by wymusić lepszą pracę nauczyciela. Nie ma rynku nauczycieli ani konkurencji między szkołami.

Tradycyjna szkoła opiera się na zbyt deterministycznym obrazie świata. Taką szkołę łatwo by było zautomatyzować (zrobotyzować), ponieważ czynności nauczyciela są w niej bardzo proste i rutynowe. A takie czynności automatyzuje się najłatwiej.

Ten deterministyczny obraz świata, ze swoimi typowymi zależnościami przyczynowo-skutkowymi, jest nieadekwatny. Jest on słuszny tylko w określonych, ograniczonych aspektach rzeczywistości. Matematycy znają trudności polegające na niemożności kwantyfikowania i obliczania systemu z licznymi elementami wielokrotnie zależnymi od siebie i to często nieliniowo. Próba stworzenia porządku z chaosu jest możliwa tylko za pomocą prawdopodobieństw, przybliżeń o koncepcji rozmyć (fuzzy).

Jeżeli zaakceptujemy to jako rzeczywistość, która nie może być, i prawdopodobnie nie będzie, kwantyfikowana i modelowana bardziej skutecznie w przewidywalnej przyszłości, to musimy zmienić nasze podejścia i działać stosownie. Powstające szybkie globalne systemy informacyjne i komunikacyjne dają nam wgląd w bardzo złożony świat, świat, którego dynamiczna natura stawia pod znakiem zapytania każdą dalece przyjętą pozycję. Oznacza to, że musimy przemyśleć nasze dotychczasowe poglądy na organizację nauczania, zarządzanie nauczycielami i na struktury nauczania.

Celem tych rozważań, inspirowanych pojęciem fabryki fraktalnej, nie jest powiedzenie czegoś radykalnego o naszej rzeczywistości szkolnej. Chodzi raczej o próbę pokazania całościowego (holistycznego) podejścia do szkoły i kształcenia.

### *Fraktal - miara wysoce złożonych struktur*

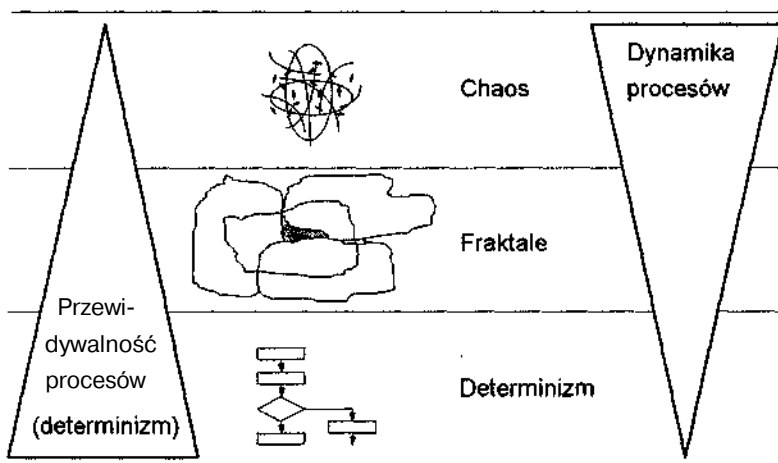
Wiele struktur naturalnych od dawna broniło się przed opisem matematycznym wskutek swych nieregularnych i postrzępionych kształtów. Ani geometria euklidesowa, ani rachunek różniczkowy i całkowy nie zapewniają właściwych narzędzi do poradzenia sobie z tym problemem. Staje się to jasne, gdy badamy jak zmieniają się kształty wraz ze zmianą skali: „gładkie” obiekty stają się coraz prostsze gdy je powiększamy, podczas gdy obiekty naturalne ujawniają coraz więcej szczegółów. Zjawisko to można nazwać nietrywialnym efektem skali.

Takie struktury są przedmiotem teorii geometrii fraktalnej. Mandelbrot [1987] nazywa obiekty tej geometrii „fraktalnymi”. Termin pochodzi z łacińskiego „fractus” (złamany, fragmentaryczny). Za pomocą tego Mandelbrot otwiera możliwości matematycznej obróbki naturalnych kształtów fraktalnych, których zgrubność i struktura pozostają w zasadzie takie same gdy ro-

śnie rozdzielczość. Główną charakterystyką tych struktur jest więc to, że każda z ich części zawiera w sobie całość struktury.

Pojęcie „szkoła fraktalna” wyraża próbę zredukowania rozważań i zjawisk w teorii i praktyce pedagogicznej do pewnego wspólnego mianownika. Przede wszystkim jest to problem stymulowania świadomości. Jest to warunek wstępny, aby spowodować zmiany w myśleniu.

Mamy świadomość, że pojęcie „fraktal” nie da się od razu przyswoić, ponieważ jest w nauce ciągle pojęciem nowym. Zostało ono zastosowane do opisu organizmów i struktur w przyrodzie i technice przez użycie małej liczby samonaśladowujących się elementów. Fraktale są stanem pośrednim między determinizmem a chaosem (rys. 10.1). Chodzi przy tym o struktury, które wielokrotnie występują w złożonych rozwiązaniach różnych problemów. Istotnymi charakterystykami fraktali są: samoorganizacja, samoopptymalizacja i dynamika. Tak więc również szkoła powinna być widziana jako żywy organizm. W gospodarce rynkowej, której celem jest zaspokajanie potrzeb - a to samo w sobie jest aspektem bardzo humanistycznym - szkoły powinny być miejscem procesu selekcji, podobnego do tego jaki ma miejsce w przyrodzie. To musi pozostać i pozostanie, jeżeli gospodarka rynkowa ma kontynuować osiąganie jej pierwotnych celów i nie ma być zakłócana przez inne, zbyt ambitne cele operacyjne, które mogłyby owocować, np. zduszeniem koniecznych modyfikacji strukturalnych. Gospodarka rynkowa pracuje według tych samych zasad jak fraktale: samoorganizacja i samoopptymalizacja w małych, szybko zmieniających się obszarach regulacji. Każdy jest użyteczny dla innych i również ma korzyść z tych ostatnich.



Rys. 10.1. Fraktale jako stan między totalnym determinizmem a totalnym chaosem

## Organizacja fraktalna

Pojęcie organizacji fraktalnej przedstawia próbę sprowadzenia do wspólnego mianownika rozważań i zjawisk w nauce, przemyśle i usługach. Pierwotnym celem tego procesu jest wywołanie nowej świadomości. Jest ona bowiem warunkiem zmian.

Głównymi zasadami organizacji fraktalnej są: samoorganizacja i samoop-  
tymalizacja w małych szybkich obwodach regulacji. Każdy przynosi jakąś  
korzyść dla drugiego i otrzymuje jakąś wartość w zamian.

Produkowanie musi być traktowane jako usługa. Przedsiębiorstwo, które  
funkcjonuje optymalnie, musi być według tej podstawowej zasady kształto-  
wane wewnątrz i z zewnątrz. Podział pracy i ścisłe zorientowanie na funkcje  
w przedsiębiorstwie powodują, że ucieka świadomość usługowa i bezpośred-  
nia komunikacja z odbiorcą, zarówno wewnętrznym kolegą czy zewnętrznym  
klientem. Tym, czego potrzebujemy jest bezpośrednia komunikacja na płasz-  
czyźnie poziomej, zamiast poleceń i informacji przez poziome płaszczyzny  
hierarchii. Istotne jest to, że fraktale komunikują się bezpośrednio z odpo-  
wiednimi fraktalami dostawców względnie odbiorców.

Przez samoorganizację fraktale wybierają każdorazowo metody, które są  
najbardziej celowe do planowania i sterowania procesów w przedsiębiorstwie  
i spełnienia określonego zadania. Nowe struktury wywodzą się z samych  
współpracowników. Jest oczywiste, że prowadzenie i strukturyzowanie  
przedsiębiorstwa, które funkcjonuje według takich punktów widzenia, nie  
staje się prostsze, lecz trudniejsze. Pojedynczy pracownik czy grupa pracow-  
ników jest bardziej obciążona. Ustalanie celów, uzgodnienia i dopasowania  
następują przez sieci komunikacyjne.

Podstawowa rola przypada pojęciu samoorganizacji. Cztery istotne cechy  
samoorganizacji: autonomia, kompleksowość, redundancja i autoreferencja,  
są najważniejszymi elementami optymalnie wykształconej koncepcji struktury  
przedsiębiorstwa [Braun, Kristof, Leisinger 1995]:

- *Autonomia* oznacza wyznaczanie obszarów gry, wewnątrz których  
system kształtuje się sam i przez to sam kieruje swymi działaniami. Taki sys-  
tem zyskuje wtedy własną tożsamość, ale nie niezależność.
- Przez *kompleksowość* rozumie się dużą liczbę elementów systemu z od-  
powiednimi obszarami działania oraz ich dużą interaktywność. Ta różnorod-  
ność prowadzi do nieprzewidywalności różnych wzorców porządku. Pojęcie  
kompleksowości odnosi się więc do wewnętrznego ukształtowania, którego  
logika często nie poddaje się obserwatorowi zewnętrznemu.
- *Redundancja* (nadmiarowość) istnieje tak dalece, jak każdy element  
systemu, np. każdy członek grupy, występuje jako organizator. Ta kompeten-  
cja, która przedtem była scentralizowana, jest teraz szeroko rozsypana. Z tym



wiąże się również, bez wątpienia, także zdobywanie kilku różnych kwalifikacji.

• *Autoreferencja* oznacza, że w przedsiębiorstwie fraktalnym wszystkie działania oddziałują na system z powrotem (sprzężenie zwrotne, informacja zwrotna) i stają się punktem wyjściowym dalszych zdarzeń. Tylko wtedy osiągalna jest wewnętrzna motywacja do kooperatywnego zachowywania się. Wiąże się jednak z tym niebezpieczeństwo odpychania tego wszystkiego, co do systemu nie należy.

Rysunki od 10.2 do 10.7 zestawiają najważniejsze cechy organizacji fraktalnej.

<i>dzisiaj</i>	<i>w przyszłości</i>
* hierarchiczne	* rozlokowane "źródła" i "pograżenie" w sieciach
* ogólne	* we fraktalnych łańcuchach procesowych
* obszernie, wyczerpujące	* zorientowane problemowo
* sztywne, nieelastyczne	* dynamiczne, adaptowalne

Źródło: Warnecke 1992

Rys. 10.2. Systemy informacyjne dzisiaj i w przeszłości

<i>Aby utrzymać siłę innowacji wewnątrz jakiejś organizacji, potrzebne są struktury zorientowane komunikacyjnie!</i>	
* od organizacji ad rem	* do organizacji ad personam
* od funkcjonalnej specjalizacji	* do interdyscyplinarnej generalizacji
* od szukania synergii	* do współzawodnictwa jednostek
* od podkreślania hierarchii i statusu	* do poziomej komunikacji i kooperacji
* od naturalnego centralizmu	* do zdecentralizowanej, płaskiej struktury
* od zewnętrznej organizacji	* do samoorganizacji

Źródło: Höhler 1992

Rys. 10.3. Komunikacja strategiczna w fabryce (szkole)

<i>specjalista</i>	<i>generalista</i>
* oferuje know-how	* koordynuje
* korzysta z doświadczenia, intuicji	* korzysta z węzłów komunikacji
* oferuje ciągłość	* oferuje nowe idee
* osiąga cele	* stawia cele

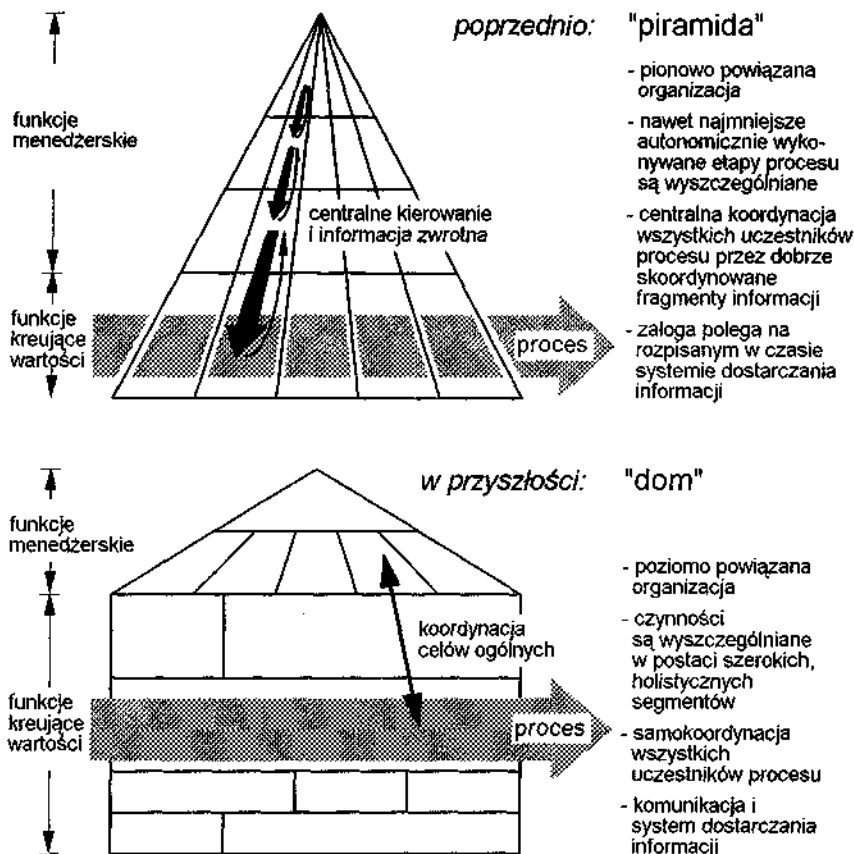
Źródło: Warnecke 1992

Rys. 10.4. Różnica między specjalistą a generalistą

## *Zasady kształtowania szkoły jako przedsiębiorstwa fraktalnego*

Podanie w tym miejscu jedynie słusznej ogólnej recepty, która niezawodnie prowadziłyby do szkoły fraktalnej, byłoby sprzecznością samą w sobie. Nie odpowiadałoby to różnorodnemu pejzażowi naszej rzeczywistości szkolnej i zadaniom szkoły; oznaczałoby powrót do panującego centralizmu i determinizmu oświatowego. W przeszłości można było planować programy kształcenia i budować na nich odpowiednie struktury organizacyjne w szkole. Dziś staje się to coraz trudniejsze. Rynek absolwentów zmienia się coraz szybciej. Nie wiadomo kto będzie potrzebny za pięć czy dziesięć lat. Dlatego szkoła fraktalna musi stać się intensywną siecią informacyjną i komunikacyjną, złożoną z samodzielnie działających jednostek. Niemożliwe jest przewidzenie z góry zapotrzebowania na informacje i komunikacje dla wszystkich pojawiających się sytuacji pedagogicznych i powiązania tego z optymalną organizacją struktury i procesu szkolnego. Ponieważ nauczyciel jest najważniejszym zasobem szkoły - jego ruchliwość i kreatywność są źródłem sukcesu szkoły - muszą zostać opracowane, dla fraktalnego przedsiębiorstwa „szkoła”, takie formy współpracy, które nie tłumią naturalnego zachowania się nauczycieli. Powinny zostać stworzone takie struktury organizacyjne, które to zachowanie, skierują pozytywnie na sukces szkoły. Służyć temu mogą następujące zasady organizacyjne:

- Zasada samoorganizacji i samoopimalizacji mówi, że procesy szkolne nie są ściśle zdefiniowane przez jakąś centralną instancję, ale przez ludzi kompetentnych na miejscu.
- Zasada własnej odpowiedzialności. Zasada ta prowadzi do tego, że grupa robocza, w ramach swojego obszaru działania, rozwiązuje swoje zadania z własną odpowiedzialnością co do jakości, kosztów i czasu/elastyczności.
- Zasada stosunku klient (uczeń, rodzic)-dostawca (nauczyciel). Zasada ta mówi, że synchronizacja procesów szkolnych między obszarami odpowiedzialności jak dalece jest to możliwe prowadzona jest przez poziome obwody regulacji, tzn. bezpośrednio między odcinkami łańcucha tworzenia wartości. Tylko w wyjątkowych przypadkach powinny zostać zbudowane pionowe, judyktywne (oparte na prawie) obwody regulacji.



Źródło: Warnecke 1992

Rys. 10.5. Współzależność organizacji, informacji i kreacji wartości: od „piramidy” do „domu”

Przetworzenie tych zasad organizacji w szkole zakłada całkowicie nową kulturę kierowania; kulturę kierowania, która chce nie tyle ludzi stawiać i rządzić nimi, ile rozwijać do samoorganizacji. Kierować nie znaczy już podporządkowywać, ale wysłuchiwać i uzgadniać. Kierować nie oznacza kontrolować, ale przygotować niezawodnie i w odpowiednim czasie wszystkie czynniki pracy, aby to co zostało uzgodnione mogło zaistnieć. Kieruje się nie drugimi, ale kieruje się dla drugich i zapewnia im nieprzerwane przebiegi pracy, ułatwienia pracy i wysoką miar samoorganizacji. Oczywiście uzgadniane są także reguły gry. Kierujący pozwala wtedy „grze” przebiegać tak jak sędzia na boisku i ingeruje tylko w przypadku naruszenia reguł.

- \* samoorganizacja
- \* podobne sobie cele ogólne
- \* przejrzystość procesów i zmiennych stanu
- \* motywacja jako centralna zasada projektowania (konstruowania)
- \* kooperacja, a nie konfrontacja
- \* internalizacja celów szczegółowych
- \* świadomość jakości jako oczywistość
- \* współzawodnictwo nie ograniczone do granic przedsiębiorstwa

Źródło: Warnecke 1992

Rys. 10.6. Zasady przedsiębiorstwa fraktalnego

- \* tworzenie obszarów manewrowania o pewnym stopniu swobody
- \* dynamiczne struktury organizacyjne (ewolucja)
- \* samoopptymalizacja
- \* opisanie procesów i przedstawienie
- \* pracownicy są zatrudniani w miarę potrzebny
- \* komunikacja ma miejsce w miarę potrzeby
- \* przedsiębiorczość, myślenie i działanie po stronie całej załogi
- \* motywacyjna pętla sterowania

Źródło: Wamecke 1992

Rys. 10.7. Metody przedsiębiorstwa fraktalnego

### *Podsumowanie*

Tradycyjna szkoła opiera się na zbyt deterministycznym obrazie świata. Traktuje się ją jako deterministycznie dającą się opisać jednostkę, którą należy optymalizować w całości. Taką szkołę łatwo można zautomatyzować (zrobotyzować), ponieważ czynności nauczyciela są w niej bardzo proste i rutynowe. Przypomina to procesy produkcyjne w początkowym okresie automatyzacji.

Różnorodna i szybko zmieniająca się baza informacyjna powoduje, że w technice obserwuje się nowy, charakterystyczny trend. Zamiast zastępować ludzi maszynami, jak to miało miejsce w początkowym okresie automatyzacji, chodzi coraz częściej o to, aby wspierać człowieka przez systemy interaktywne, szczególnie psychiczno-mentalną stronę pracy. Zamiast deterministycznie opisywanej jednostki, którą należy optymalizować w całości, wprowadza się

kilka jednostek funkcjonalnych (fraktali), tworzących częściowo autonomiczne obwody regulacji. Głównymi zasadami organizacji fraktalnej są samoorganizacja i samooptymalizacja w małych szybkich obwodach regulacji. Każdy przynosi jakąś korzyść dla drugiego i otrzymuje jakąś wartość w zamian. Na tych zasadach opiera się istota szkoły fraktalnej jako racjonalnej alternatywy dla szkoły tradycyjnej.

## **Rodzia 11.**

### **Konstruowanie systemów dydaktycznych**

Na pytanie „Jak konstruować?” nauka konstruowania systemów technicznych odpowiada: metodycznie, dyskursywnie, prosto, jednoznacznie i pewnie (bezpiecznie) [Palii i Beitz 1984]. Pierwsze dwie cechy dotyczą sposobu postępowania podczas konstruowania, trzy następne są nadrzędnymi regułami konstruowania. Dotyczą one przede wszystkim przyszłych cech konstruowanego obiektu, ale nie tylko. Sama metoda postępowania, prowadząca do powstawania prostego, jednoznacznego i pewnego obiektu, także powinna być prosta, jednoznaczna i pewna (niezawodna). Cechy te zainspirowały nas do podjęcia próby wykorzystania metodycznej wiedzy o konstruowaniu technicznym, szczególnie o konstruowaniu maszyn, do projektowania i konstruowania systemów dydaktycznych.

Pojęcie systemu jest stosowane w pedagogice od dawna i to dość szeroko. Powszechnie używane są takie określenia, jak: system kształcenia, wychowania, system dydaktyczny, klasowo-lekcyjny itp. W określeniach tych słowo „system” ogranicza się najczęściej do wyliczenia pewnego zbioru elementów, nie wyszczególniając explicite właściwości tych elementów, relacji między nimi i otoczenia systemu. Nie stosuje się więc pełnego ujęcia systemowego, rozumianego jako korzystanie z metod pracy i modeli abstrakcyjnych, za których pomocą systemy złożone, służące danym celom w danym otoczeniu, mogą być optymalnie analizowane lub syntezowane.

Także pojęcia konstruowania i projektowania, kojarzące się zwykle z tworzeniem nowych maszyn czy budowli, nie są pedagogice obce. Wystarczy wymienić znane polskiemu czytelnikowi, oryginalne i ciekawie napisane książki amerykańskie: „Konstruowanie systemu kształcenia” [Davis, Alexander, Yelon 1983], „Zasady projektowania dydaktycznego” [Gagné, Briggs, Wager 1992] czy „Projektowanie systemów edukacji. Podróże w przyszłość” [Banathy 1994].

Systemowym podejściem do pedagogiki zajmują się nie tylko przedstawiciele nauk pedagogicznych. Ciekawe systemowe ujęcie procesów nauczania pochodzi od Hubki [1978], jednego z twórców nauki o systemach technicznych i nauki konstruowania. Zastosował on własną systemową teorię pro-

cesów technicznych do opracowania ogólnego systemowego modelu procesu nauczania i do modelu procesu nauczania konstruowania w technice.

Jeżeli więc mamy w dydaktyce do czynienia z konstruowaniem systemów, to może skorzystać z osiągnięć ogólnej nauki konstruowania, rozwiniętej przez przedstawicieli nauk technicznych? Dlaczego nie skorzystać z tej wiedzy, skoro już sam fakt szczegółowego planowania zajęć powoduje wzrost efektów nauczania, o czym wiadomo od dawna; skoro twierdzi się wprost, że dobre zaplanowanie i przygotowanie lekcji jest kluczem do dobrego nauczania i uczenia się [Report 1993, s. 103] i że współczesna sztuka nauczania polega w istocie na projektowaniu systemów dydaktycznych [Kruszewski 1987]. Z tak postawionych pytań wynika podstawowy cel poniższych rozważań. Jest nim próba zbudowania systemowego opisu projektowania i konstruowania procesów nauczania, opartego na definicjach i modelach nauki konstruowania systemów technicznych.

Przedstawiane zagadnienie nie należy do zadań, które umożliwiają potwierdzenie lub odrzucenie opracowanej hipotezy na stanowisku badawczym, jak to ma zwykle miejsce w naukach technicznych. Model konstruowania systemów dydaktycznych został opracowany na drodze spekulatywnej. Nie wszystkie stwierdzenia w nim zawarte są jednak oparte na rozumowaniu czysto abstrakcyjnym. Wiele elementów modelu autor wypróbował w praktyce projektowania i realizowania procesów nauczania przedmiotów technicznych w wyższej uczelni technicznej [Gawrysiak 1988]. Obecnie model ten stosowany jest przez autora do konstruowania systemu nauczania na nowoczesnych, interdyscyplinarnych kierunkach technicznych (automatyka i robotyka, mechatronika) oraz systemu nauczania techniki w szkole ogólnokształcącej.

Potencjalnym adresatem tych rozważań jest szeroko rozumiane grono nauczycieli. Z jednej strony są to ci, którzy nie mają prawie żadnej wiedzy o konstruowaniu technicznym, a z drugiej konstruktorzy-nauczyciele, którzy bardzo często nie mają żadnego wykształcenia pedagogicznego. Między tymi dwiema grupami należy umieścić nauczycieli techniki w szkołach ogólnokształcących i inżynierów-nauczycieli w szkołach i wyższych uczelniach technicznych. Dlatego poniżej zostaną przedstawione niektóre ważne fakty i pojęcia, które dla fachowców danego obszaru wiedzy, szczególnie dla pedagogów, mogą się wydać zbyteczne. Są one jednak niezbędne, aby ułatwić zrozumienie zagadnienia przez wszystkie grupy adresatów.

Rozważania nasze zaczniemy od uzasadnienia, że projektowanie procesów nauczania jest czynnością konstrukcyjną. Krótko omówimy istotę analizy systemowej, systemowej teorii techniki i - opartej na nich - ogólnej nauki konstruowania. Proces nauczania przedstawimy jako system socjotechniczny. Zbudujemy model myślowy, w którym projektowanie procesu nauczania zostanie ujęte jako system działań i jako przetwarzanie informacji. Przedstawi-

my sposób zdobywania informacji do konstruowania oraz porównamy proces konstruowania systemów dydaktycznych z procesem konstruowania systemów technicznych. Na koniec pokażemy przykład konstruowania procesu nauczania przedmiotu „pracownia konstruktorska” dla studentów kierunku „wychowanie techniczne”.

## *Rozważaniapodstawowe*

### Czynnośćkonstrukcyjna

Zanim zastosujemy podstawowe pojęcia i modele systemowej teorii techniki i nauki konstruowania, spróbujmy uzasadnić przyjęte założenie, że projektowanie procesów nauczania jest czynnością konstrukcyjną. W tym celu posłużymy się dwoma cytatami z literatury pedagogicznej.

O rozwiązywaniu zadania projektowania procesu nauczania niemiecki pedagog Knöchel [1984] pisze:

*„ Ta planująca i przygotowująca czynność nauczycieli rozpoczyna się wraz ze świadomym myślowym przeniknięciem przebiegu procesu i z rozpoznaniem struktury warunków, którą trzeba stworzyć; rozpoczyna się ona w pewnym sensie myślowo, antycypująco z rozpoczęciem modelowego wyobrażenia projektowanego procesu w jego czasowo podzielonym zorganizowaniu celowo-treściowym i dydaktyczno-metodycznym. Przy tym wypracowywane są cele, powiązane z określonymi treściami, i wyznaczane są drogi do tych celów w postaci metodyczno-organizacyjnych struktur procesu. Wiążące dane, zdobycze wiedzy o zasadach przebiegu procesu nauczania i uczenia się, o sposobach i możliwościach projektowania, są podczas rozwoju tego modelowego wyobrażenia konstrukcyjnie (podkr. moje) przerabiane.”*

Proces nauczania to celowe oddziaływanie na człowieka. Są one z reguły nakierowane na przyrost wiedzy i umiejętności. Jak więc dojść do celu, danego jako obraz wiedzy i umiejętności? Hubka [1978] odpowiada na to pytanie następująco:

*„ Wistocie chodzi tu o konstrukcję nauczania, to znaczy o szukanie środków (czynników) do danego celu (celu nauczania-uczenia się). Drodze rozwiązania towarzyszy rosnąca konkretyzacja głównych parametrów nauczania: celów, form, treści (materiałowo, czasowo, priorytetowo), środków, sytuacji uczenia się, kontroli wyników i zachowania się nauczyciela. Postępowanie iteracyjne jest uwarunkowane złożonością systemu, szczególnie powiąż-*



*niatni (poprzecznymi) między poszczególnymi elementami całego systemu nauczania. "*

Istnieje więc wiele przesłanek, aby projektowanie procesu nauczania traktować jako czynność konstrukcyjną i tym samym opisywać za pomocą pojęć i modeli ogólnej nauki konstruowania.

Analiza systemowa, systemowa teoria techniki, nauka konstruowania

Pojęcie systemu ma często negatywny odcień modnego hasła. Naukowe metody analizy systemowej są jednak stosowane bardzo efektywnie w różnych obszarach nauki i techniki. Istotne postępy automatyzacji czy komputeryzacji były możliwe głównie dzięki stosowaniu środków i metod analizy systemowej.

Co innego rozumie przez pojęcie systemu inżynier, co innego nauczyciel, a jeszcze co innego naukowiec. Przy całej różnorodności tych rozumowań analiza systemowa dostarcza jednak coś w rodzaju abstrakcyjnych ram; pewnego zmatematyzowanego, *logicznego metajęzyka*, w którym istotne cechy złożonego zjawiska mogą być opisane jaśniej i wierniej .

Zgodnie z pierwotną definicją Bertalanffy'ego [1984] analiza systemowa powinna być stosowana do opisywania złożonych zagadnień wtedy, gdy typowe właściwości systemu wynikają z wzajemnego oddziaływania wielu składników i gdy zachowanie się systemu nie może być opisane przez zwykłe nakładanie się (superpozycję, addytywność) poszczególnych właściwości. Wiadomo, że efekty procesów dydaktycznych wynikają ze wzajemnych, różnorodnych relacji między uczniem, nauczycielem, materiałem i innymi elementami procesu nauczania. Stąd logiczny wniosek, że analiza systemowa może być użyteczna do opisu procesów dydaktycznych.

Metody ogólnej analizy systemowej były i są stosowane do badania bardzo różnorodnych zagadnień. Doprowadziło to do powstania wielu teorii systemowych. Jedną z ciekawszych i o potencjalnie szerokim zakresie wydaje się być systemowa teoria techniki, opracowana przez Ropohla [1978]. Ułatwia ona racjonalne rozwiązywanie problemów technicznych i pozatechnicznych. Teoria ta próbuje bowiem połączyć elementy nauk humanistycznych i społecznych z elementami nauk przyrodniczych i technicznych w jeden *system socjo-techniczny*. Czyni to za pomocą dwóch centralnych pojęć - systemu działań i systemu rzeczy. Z tego powodu wydaje się być interesująca dla pedagogiki, szczególnie dla dydaktyki techniki i rozwijającej się intensywnie pedagogiki inżynierskiej.

Według systemowej teorii techniki technika jest systemem działania. Działanie (funkcja) takiego systemu polega na przeprowadzeniu pewnej sytuacji początkowej w sytuację końcową, zgodnie z określonym celem. Przy tym

sytuacja obejmuje zarówno stan otoczenia systemu, jak i sam system, a proces przeprowadzenia sytuacji początkowej w końcową dotyczy zjawisk materialnych, energetycznych i informacyjnych w przestrzeni i czasie.

Interesujące możliwości opisu procesów nauczania, a szczególnie ich projektowania, oferuje nauka konstruowania [Pahl, Beitz 1984, Gawrysiak 1984]. Rozwinęła się ona głównie w niemieckojęzycznym obszarze naukowym. Jej cechami charakterystycznymi są:

- zastępowanie intuicji i doświadczenia przez *świadomie* opracowane metody postępowania (programy, algorytmy, wykazy pytań, listy kontrolne, linie przewodnie itp.), oraz
- ujęcie systemowe, rozumiane jako korzystanie z metod pracy i *modeli abstrakcyjnych*, za których pomocą systemy złożone (maszyny, urządzenia, budowle), służące danym celom w danym otoczeniu, mogą być optymalnie planowane, kształtowane, użytkowane i likwidowane.

Cechy powyższe sprawiają, że w nauce konstruowania jest coraz więcej miejsca nie tylko na teorie matematyczno-przyrodnicze, ale także na filozoficzno-poznawcze. Sztukę konstruowania próbuje się sprowadzić do obiektywnych procedur i przez to uczynić ją bardziej dostępną. Kopiowanie wzorców zastępuje się metodycznym rozważaniem zadań konstrukcyjnych. Powstało pojęcie *konstruowania metodycznego*, rozumianego jako planowe postępowanie przy zastosowaniu metod i środków, które w tym samym stopniu występują w każdym zadaniu konstrukcyjnym [Rodenacker 1976]. Działalność konstruktorska staje się coraz bardziej normatywna. Dąży się do tego, aby zadania konstrukcyjne formułować jasno, prosto, jednoznacznie; aby poznawać celowość modeli opisowych, opartych na teorii systemów, co umożliwia korzystanie z potężnego narzędzia metodologicznego, jakim jest technika systemowa.

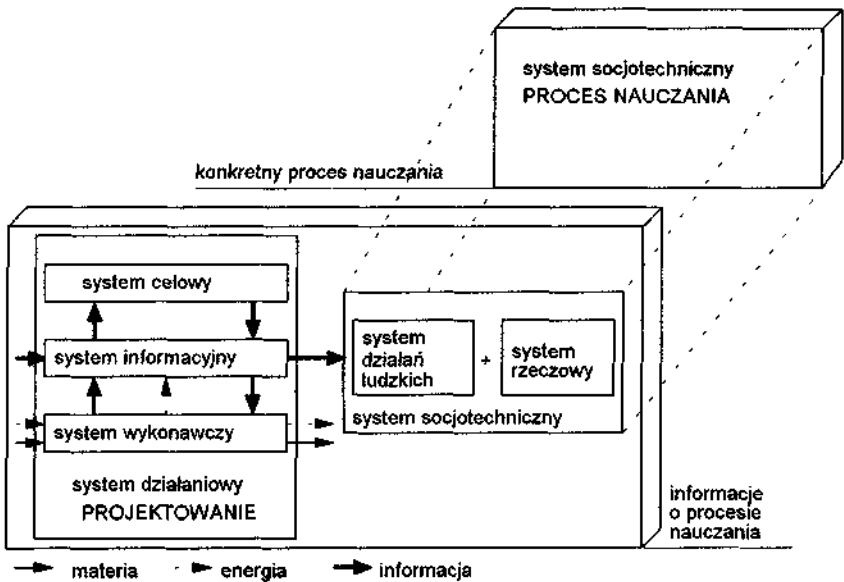
## Proces nauczania jako system socjotechniczny

Pojęcie systemu dydaktycznego w polskiej literaturze dydaktycznej jest definiowane różnie. Przez system nauczania, system dydaktyczny czy system kształcenia, rozumie się najczęściej „całokształt zasad organizacyjnych oraz treść, metody i środki nauczania-uczenia się, tworzące spójną wewnętrzną strukturę i podporządkowane realizacji społecznie akceptowanych celów kształcenia” [Kupisiewicz 1988, s. 30] albo „ukierunkowany przez społecznie wyznaczone cele, dynamicznie działający zespół elementów, obejmujący nauczycieli, uczniów, treść kształcenia i społeczno-moralne środowisko oraz wzajemne związki między tymi elementami” [Okoń 1987, s. 66]. Kruszewski istotę systemu dydaktycznego koncentruje wokół pojęć „zmiana” i „wiadomość” i definiuje go albo jako „wzajemnie na siebie oddziałujące

zmiany w celach, efektach, treści, warunkach materialnych i organizacyjnych oraz w przebiegu działalności nauczyciela i ucznia, zachodzące wskutek zetknięcia się ucznia z wiadomością lub towarzyszące temu zetknięciu" [1987, s. 24], albo jako „ukierunkowane na osiągnięcie założonych zmian w uczących się połączenie ludzi, treści, zasobów materialnych i procedur, wchodzących ze sobą w rozmaite interakcje" [1988, s. 308].

Z powyższych definicji wynika, że system dydaktyczny może być przedstawiony jako zbiór najważniejszych elementów personalnych (uczeń, nauczyciel) i rzeczowych (cel, treść, metoda, organizacja, wynik) każdego procesu dydaktycznego. Wszystkie te elementy, ich cechy i relacje między nimi można - za pomocą systemowej teorii techniki - ująć jako system socjotechniczny.

Podczas rozpatrywania problemów konstruowania systemu nauczania pomocne jest rozróżnianie następujących podsystemów (rys. 11.1):



Rys. 11.1. Systemy istotne podczas konstruowania procesu nauczania

- systemy *działaniowe*, czyli personalne (uczeń, nauczyciel) i socjalne (grupa, klasa, szkoła) podmioty i przedmioty działania. Przy tym system personalny „uczeń” i systemy socjalne „grupa”, „klasa”, „szkoła” są zarówno podmiotami, jak i przedmiotami działania; podmiotami w sensie ich własnej, świadomej czynności uczenia się, a przedmiotami w sensie kierownictwa pedagogicznego;

- systemy *rzeczowe*, czyli projektowane systemy rzeczy; rzeczowe obiekty działania (treści, metody, środki, wyniki);
- systemy *socjotechniczne*, czyli powiązania systemów działaniowych z systemami rzeczowymi;
- systemy *celowe*, czyli zbiory celów albo linie przewodnie (wytyczne) dla systemów działaniowych; cele i zadania nauczania-uczenia się;
- systemy *informacyjne*, czyli procesy informacyjne, które dostarczają systemom działaniowym niezbędnej informacji (wiadomości) oraz gromadzą informacje wypracowane;
- systemy *wykonawcze*, czyli takie, które powodują zmiany materialne i energetyczne.

Abstrakcyjny system działaniowy składa się z trzech podsystemów: celowego, informacyjnego i wykonawczego. Każdy z nich spełnia określone funkcje częściowe w realizacji zadania. Podsystem celowy generuje linie przewodnie (wytyczne) działania. W podsystemie informacyjnym przekształcane są informacje. Podsystem wykonawczy powoduje zmiany nieinformacyjne, a więc materialne i energetyczne. Personalny system działaniowy spełnia więc następujące funkcje częściowe [Ropohl 1978]:

- system celowy                      funkcje motywacyjne;
- system informacyjny            funkcje sensoryczne i kognitywne, zależne od wydawania informacji, jak np. zadziaływanie narzędzi mowy;
- system wykonawczy            funkcje motoryczno-operacyjne, czyli procesy powiązane z pracą fizyczną.

Jeżeli ten formalny opis zastosujemy do działań dydaktycznych, to *system dydaktyczny* możemy zdefiniować jako system socjotechniczny, złożony z (1) systemu działań, powiązanych wzajemnie za pomocą systemu celów nauczania-uczenia się, (2) systemu *rzeczy* (treści, metody, środki i wyniki nauczania-uczenia się) oraz (3) systemu informacyjnego (procesy informacyjne dotyczące nauczania-uczenia się).

Najpowszechniejszą formalną odmianą systemu dydaktycznego jest *system nauczania*. Jest to taki system socjotechniczny, w którym dwa ludzkie systemy działaniowe - uczeń i nauczyciel - powiązane są wzajemnie za pomocą systemu celowego (cele nauczania), systemu rzeczowego (treści, metody, środki i wyniki nauczania) i systemu informacyjnego (wszystkie procesy informacyjne nauczania) [Gawrysiak 1988]. Główna funkcja systemu nauczania polega na przeprowadzeniu ucznia od sytuacji początkowej do sytuacji końcowej nauczania. Działania „nauczanie” jest głównym działaniem nauczyciela; „uczenie się” - ucznia. Oba działania dotyczą obiektów osobowych, socjalnych i rzeczowych.

## Konstruowanie systemu dydaktycznego jako przetwarzanie informacji

Zadanie przeniesienia metody lub modelu z jednej dziedziny nauki w służbę innej nie jest proste. Trudność polega głównie na tym, aby systemy pojęciowe obu nauk uczynić spójnymi. Inaczej grozi niebezpieczeństwo, że metoda lub model będą rozumiane tylko przez przedstawicieli jednej z dziedzin. Proponowany przez nas model powinien więc nie tylko ułatwić inżynierom-konstruktorom projektowanie procesów nauczania, lecz także - a może przede wszystkim - ukazać nauczycielom nieco inne spojrzenie na procesy nauczania: spojrzenie od strony techniki projektowania i konstruowania. Dlatego metodyczny szkielet typowego postępowania podczas konstruowania systemów technicznych spróbujemy wypełnić pojęciami dydaktycznymi. Spośród wielu modeli procesu konstruowania wybraliśmy model najbardziej pogłębiony [Beitz, Ehrenspiel 1983]. Podczas wypełniania szkieletu tego modelu pojęciami dydaktycznymi opieraliśmy się na ogólnej literaturze dydaktycznej [Okoń 1987, Kupisiewicz 1988, Klingberg 1984, KnOchel 1984 i 1986].

Konstruowanie systemu dydaktycznego jest zbiorem działań, wymaganych do tego, aby - wychodząc z wymagań (system celów) - opracować opis procesu dydaktycznego, czyli socjotechniczny system działań. Odbywa się to przez przetwarzanie informacji.

Przetwarzanie informacji stanowi jądro dalszych rozważań. Rozpatrywane będą jednak tylko te informacje, które bezpośrednio służą opisowi procesu dydaktycznego. Nie będą uwzględniane ramy organizacyjne, a więc wewnętrzna i zewnętrzna organizacja procesu nauczania.

Procesy dydaktyczne opisywane są za pomocą elementów o najróżnorodniejszych cechach i przez to wzajemnie powiązanych. W najlepszym wypadku opis taki może ująć tylko część tych cech, ponieważ liczba wszystkich cech (właściwości) konkretnego procesu nauczania jest tak duża, że nie można ich przedstawić w przejrzysty sposób. Dlatego ważne staje się nie tyle uwzględnienie cech wszystkich, ile uwzględnienie *cech istotnych*.

Ujęcie konstruowania procesu dydaktycznego jako procesu przetwarzania informacji pomaga porządkować cechy elementów procesu. Pomocne są tu używane coraz szerzej, i to nie tylko w technice, pojęcia „wejścia” i „wyjścia”. Napływające na „wejściu” wymagania społeczeństwa i gospodarki, dane i informacje o możliwościach i ograniczeniach nauczania, razem z metodami nauczania, przetwarzane są w informacje, które definiują - jako „wyjście” - późniejszy system dydaktyczny i ułatwiają jego realizację. Charakterystyczne jest przy tym, że na początku mamy niewielką ilość informacji, która bardzo szybko rośnie w procesie syntezy systemu. Następuje ogromny

przyrost informacji, który jest trudno opanować w celu wyłowienia istotnych cech projektowanego systemu.

### Cechy dydaktyczne, stopnie konkretyzacji, etapy rozwiązywania problemu

Przyrost informacji podczas metodycznego konstruowania systemu technicznego jest porządkowany i koncentrowany według istotnych punktów węzłowych, zwanych cechami technicznymi konstruowanego obiektu. *Punkty węzłowe* podczas konstruowania systemu dydaktycznego możemy nazwać podobnie, czyli *cechami dydaktycznymi*. Będą to: *cel, treść, metoda, środek i wynik*. Należy je ustalić, podobnie jak główne parametry konstruowanej maszyny. Nieważne jest przy tym, czy ustalanie tych cech odbywa się intuicyjnie czy racjonalnie (dyskursywnie); musi ono (ustalenie) nastąpić w każdym wypadku, inaczej nie powstanie żaden system dydaktyczny.

Konstruowanie jest ustalaniem. Ustalanie cech dydaktycznych odbywa się w skomplikowanym procesie, w warunkach wielu wymagań, często wzajemnie sprzecznych. Nie istnieje żaden ogólny algorytm, który prowadziłby do rozwiązania optymalnego. Mamy więc do czynienia z *procesem rozwiązywania problemu* i co najwyżej możemy tworzyć heurystyki. Etapy takiego procesu są ogólnie znane z techniki systemowej i spotykane u wielu autorów w ramach różnych metod. Różne są przy tym jedynie niektóre oznaczenia i pojęcia. Nieważne czy chodzi o konstruowanie obiektów technicznych, analizę wartości czy nauczanie problemowe, zawsze można scharakteryzować trzy ogólne fazy rozwiązywania problemów:

- fazę *wymagań* (poszukiwanie, analiza i definicja problemu). Trzeba rozpoznać co należy ustalić, jakie są wymagania i ograniczenia;
- fazę *poszukiwania rozwiązania* (analiza systemu). Dla zestawionych wymagań trzeba poszukać wielu rozwiązań, ponieważ nie można stwierdzić w sposób pewny, które z nich będzie optymalne;
- fazę *wyboru rozwiązania* (analiza systemu, ocena, wybór i decyzja). Znalezione rozwiązania, szczególnie te odpowiadające wymaganiom, należy przeanalizować i ocenić według ich właściwości i następnie wybrać rozwiązanie optymalne.

Proces rozwiązywania problemu ma miejsce - intuicyjnie lub dyskursywnie - także podczas ustalania dowolnej cechy dydaktycznej. Nie jest to przebieg jednokierunkowy. Zawsze skacze się do tyłu; to, co uzyskaliśmy, jest poprawiane, uzupełniane lub odrzucane. Wraz z zaawansowaniem procesu stajemy się coraz bardziej „przebiegli”; konstruowanie staje się procesem uczenia się. Jeżeli proces jednego rodzaju ustaleń przebiegnie dostateczną liczbę razy,

to wcześniejszy problem traci swój charakter problemowy i staje się prostym, rutynowym zadaniem.

### Przebieg konstruowania

Przetwarzanie informacji podczas konstruowania systemu dydaktycznego odbywa się w ten sposób, że w poszczególnych stopniach konkretyzacji systemu cechy dydaktyczne ustalane są za pomocą faz procesu rozwiązywania problemów, jeżeli oczywiście nie stało się to już rutyną. Dlatego przebieg konstruowania systemu dydaktycznego może być przedstawiony jako kombinacja ustalanych cech dydaktycznych i koniecznych do tego faz rozwiązywania problemu.

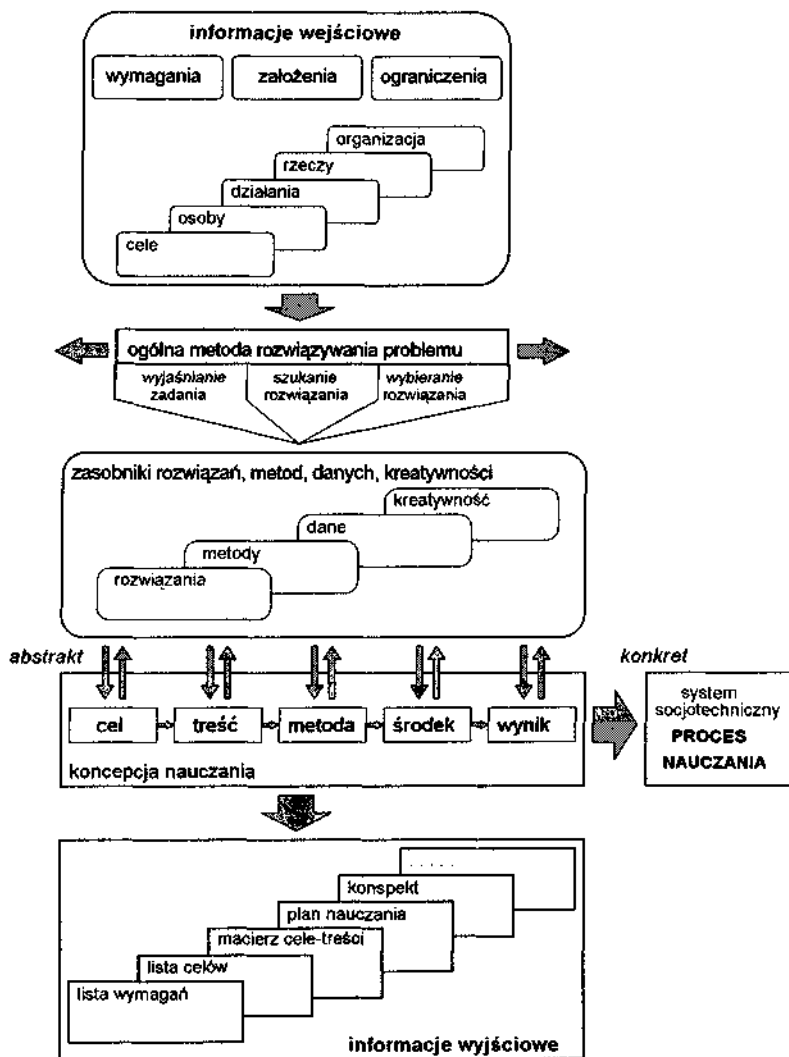
Cechy i fazy mogą być opisane mniej lub bardziej wyraźnie, w zależności od ważności, przydanej poszczególnym wymaganiom. Mogą istnieć różne rodzaje zadań projektowych, zależnie od tego jakie cechy dydaktyczne przyjmuje się z góry za ustalone. W ten sposób punkt ciężkości podczas konstruowania przesuwają się na inne problemy

Rysunek 11.2 przedstawia wyżej wspomnianą kombinację w postaci modelu myślowego. W centrum modelu usytuowane są stopnie konkretyzacji: od abstraktu (z lewej) do konkretności (z prawej). Tu też ustalane są cechy dydaktyczne. Jest to jądro systemu dydaktycznego. Koncepcja nauczania budowana jest od lewej do prawej, coraz konkretniej, za pomocą elementów: cel, treść, metoda, środek, wynik.

Trzy fazy procesu rozwiązywania problemów są jakby wózkami, poruszającymi się wzdłuż koncepcji. Wózek ten porusza się między poszczególnymi cechami dydaktycznymi, podobnie jak winda między piętrami. Przy tym ciągle wraca się do wyjaśniania zadania (określenia wymagań), do szukania rozwiązań i ich wyboru. W mniejszym lub większym stopniu dotyczy to całego systemu dydaktycznego, modelu procesu dydaktycznego, zasady rozwiązania (koncepcji nauczania) i każdej cechy dydaktycznej.

Informacje, konieczne do ustalenia rozwiązania, pobierane są z zasobników, znajdujących się między jądrem a wózkami. W zasobnikach zawarte mogą być gotowe rozwiązania, metody i dane. Informacje przywoływane intuicyjnie symbolizuje zasobnik „kreatywność”.

Zewnętrzne informacje wejściowe uchodzą do wózka faz rozwiązywania problemów w postaci pięciu istotnych grup wymagań, założeń i ograniczeń. Dotyczą one celów, osób, działań, rzeczy i - wymagania, które niejako ogranicza te cztery grupy - organizacji.



Rys. 11.2. Model myślowy procesu konstruowania systemu dydaktycznego

Wydawanie informacji (na rys. 11.2 u dołu) następuje w postaci listy wymagań, listy celów, macierzy cele-treści, modelu procesu nauczania, planu nauczania, cech koncepcji nauczania, konspektu czy innej dokumentacji powstającej podczas konstruowania.

Przez myślowy podział na pięć obszarów informacji: (1) wymagania, założenia i ograniczenia, (2) fazy procesu rozwiązywania problemu, (3) zasobnik informacji, (4) ustalane cechy dydaktyczne i (5) wydanie informacji, poste-



powanie metodyczne staje się przejrzyste i łatwiejsze do stosowania w procesie syntezy nowych systemów dydaktycznych.

### Zdobywanie informacji do konstruowania

Aby informacje przetwarzać, trzeba je najpierw znać. Oprócz wymagań, jakie ma spełniać konstruowany system, chodzi tu przede wszystkim o informacje, które płyną do zasobników na rysunku 11.2, a więc o możliwości rozwiązań, dane, zasady i metody dydaktyczne, sposoby oceny i wyboru rozwiązań, zgodnie z opisanymi fazami. Podczas metodycznego konstruowania systemów technicznych okazuje się, że znacznie łatwiej jest znaleźć dużą liczbę bardzo różnorodnych rozwiązań (dla określonych wymagań), niż wybrać rozwiązanie optymalne. Wydaje się to być słuszne także podczas konstruowania systemów dydaktycznych, aczkolwiek niektórzy pedagodzy (np. Knochel [1984]) twierdzą, że największe trudności sprawia poszukiwanie rozwiązań.

Pierwszy etap zdobywania informacji prowadzi do opracowania listy wymagań konstruowanego procesu dydaktycznego. Lista ta zawiera główne cele i warunki rozwiązywanego zadania. Występują one w postaci *wymagań* (musi być spełnione) i *żyćceń* (powinno, ale nie musi). Pomocą w rozpoznawaniu i zestawianiu wymagań, założeń i uwarunkowań może być *lista kontrolna* z cechami głównymi (tab. 11.1).

Rola listy wymagań polega na wywoływaniu skojarzeń, pomagających przenosić pojęcia w niej zawarte na konkretne problemy; na zmuszaniu do stawiania pytań, na które trzeba odpowiedzieć. Wychodząc z pięciu grup wymagań (porównaj rys. 11.2) lista ujmuje konieczne cele (cechy: wiedza, umiejętności, świadomość) w powiązaniu z osobami (uczeń, nauczyciel), działaniami (uczenie się, nauczanie), rzeczami (treść, metoda, środek, wynik) i organizacją (przedmiot nauczania, planowanie, forma, czas, przestrzeń, koszty, organizacja). Zestawienie takie sprawia, że nie zostaną przeoczone cechy istotne, co często ma miejsce w postępowaniu intuicyjnym.

Nie wszystkie ustalenia, pokazane na rysunku 11.2, muszą być dokonywane w każdym przypadku konstruowania systemu. Mogą one zostać w dużej części przejęte z wcześniejszych, znanych procesów konstruowania. Dlatego podczas konstruowania mamy do czynienia z koncepcjami nauczania o różnie rozłożonych punktach ciężkości, zależnie od tego czy cele, treści, metody, środki i wyniki są opracowywane na nowo, kombinowane czy po prostu przejmowane z innych, znanych systemów dydaktycznych.

Tabela 11.1.

Lista kontrolna do zestawienia listy wymagań konstruowanego procesu nauczania

Cecha główna	Przykłady wymagań, założeń, ograniczeń
przedmiot nauczania	nazwa, kierunek nauczania, specyfika, przedmioty powiązane (pokrewne, wcześniejsze, późniejsze, równoległe), cechy interdyscyplinarne
planowanie	plan nauczania, program nauczania, konspekt, inne kierunki nauczania
uczeń	wiek, środowisko, motyw, bodźce, kompetencje posiadane, pożądaný rozwój osobowości i kwalifikacji
wiedza	fakty, metody, normy, wartości
umiejętności	zdolności, umiejętności, nawyki, przyzwyczajenia
świadomość	przekonania, nastawienia, sposoby zachowania się
uczenie się	poznawcze, zmysłowo-ruchowe, przez naśladowanie, czynności. relacje nauczanie-uczenie się, transfer
nauczanie	podające, problemowe, programowane; czynności, relacje nauczanie-uczenie się, pobudzanie, utrwalanie
nauczyciel	kwalifikacje, kompetencje, osobowość, wiedza
treść	fakty, zjawiska, prawa, prawidłowości, teorie, reguły, zasady, wytyczne, przepisy, algorytmy, metody, sposoby pracy, techniki pracy umysłowej i praktycznej, idee, normy
metoda	objaśniająco-poglądowa, problemowa, naukowa, uproszczenie dydaktyczne, gra dydaktyczna
środek	podręczniki, przewodniki, literatura naukowa; przedmioty fizyczne, przyrządy, instrumenty, urządzenia; modele, media, komputer, wideo, rzutniki pisma; obrazy (rysunki, szkice, schematy, tabele, mapy, folie, przeźrocza, filmy)
wynik	określenie, oszacowanie, sprawdzenie, ocena; kartkówka, sprawdzian, rozprawka, wypracowanie, kolokwium, egzamin
forma nauczania	lekcja, wykład, seminarium, ćwiczenie, pogadanka, dyskusja; laboratorium praktyczne, pracownia, konsultacja, nauka własna; obowiązkowo, (fakultatywnie), nadobowiązkowo
czas	fundusz czasu, liczba i podział godzin
pomieszczenie	wielkość sali, rodzaj i rozkład miejsc do siedzenia; akustyka, oświetlenie, widoczność, temperatura
koszty	nowy nauczyciel, nowe środki nauczania, koszt wynajęcia sali
organizacja	regulamin szkolny, liczba uczniów, stopień zaawansowania nauki, możliwości dalszego kształcenia

Różnorodność zadań, stawianych podczas projektowania systemów nauczania, wynika ze zmienności następujących parametrów dydaktycznych:

- obszaru, w którym cechy dydaktyczne muszą zostać ustalone na nowo;
- złożoności konstruowanego systemu: całe wykształcenie, szkoła, kurs, kierunek studiów, specjalność, blok przedmiotów, przedmiot nauczania zajęcie, lekcja itp.;
- punktu ciężkości racjonalizowanego procesu nauczania: cele, treści, metoda, forma, środki, koszty, organizacja itp.;
- kierunku nauczania: przedmioty humanistyczne, matematyczno-przyrodnicze, techniczne, pedagogiczne, społeczne, artystyczne, sportowe itd.

### *Przykład*

#### Ustalanie celów nauczania

U podstaw ustalania celów dowolnego procesu nauczania, dowolnej sytuacji dydaktycznej, leży zwykle przewidywanie przyszłości. Cele nauczania można traktować jako rzutowanie pożądaných stanów na przewidywaną przyszłość. W naszym przypadku oznacza to rozpoznanie koniecznej i niezbędnej wiedzy i umiejętności konstruktorskich w przyszłościowym obrazie kwalifikacji zawodowych nauczyciela techniki.

Jak rozpoznać tę wiedzę i te umiejętności? Przede wszystkim można wykonać badania i poglądy na ten temat. W naszym przypadku będzie to pogląd, że do podstawowych czynności nauczyciela techniki należy projektowanie i konstruowanie sytuacji dydaktycznych (godzin, bloków godzin, konkretnych zajęć, przedmiotu, bloku przedmiotów, planu nauczania itp.), których treścią są różne systemy techniczne. Nauczyciel techniki różni się od innych nauczycieli tym, że treścią jego sytuacji dydaktycznych są systemy techniczne. Podczas projektowania i konstruowania systemów dydaktycznych powinien on stosować podstawową wiedzę i umiejętności pedagogiczne i techniczne tak, aby ujmować całą złożoność jednostki dydaktyki, konstrukcji, technologii, eksploatacji, ekonomiki i ekologii. Jest to praca pedagogiczno-techniczna, podczas której podstawowa wiedza pedagogiczna i techniczna musi być stosowana w sposób specyficzny; muszą być przejrane złożone współzależności; musi być zaangażowana twórcza praca nad szczegółami i muszą być znalezione nowe rozwiązania. Nauczyciel techniki, który zna podstawy ogólnej nauki projektowania i konstruowania, jest w stanie skutecznie rozwiązywać problemy nie tylko dydaktyczne i techniczne, ale także organizacyjne, ekologiczne czy nawet naukowe. Projektowanie i konstruowanie dotyczy przecież nie tylko fizycznych obiektów techniki, ale także procedur organizacyjnych we wszystkich dziedzinach życia. Projektowanie i konstruowanie nie ogranicza się

tylko to fazy powstawania (koncypowania, tworzenia) obiektów i procedur. Racjonalne stosowanie tych obiektów i procedur też przecież musi być w jakiś sposób „projektowane” i „konstruowane”. Dlatego proces nauczania „pracowni konstruktorskiej”, realizowany na kierunku wychowania technicznego, powinien być budowany na podstawach ogólnej metodyki projektowania i konstruowania.

### ***Cel ogólny - założenia***

Główny cel takiego procesu nauczania „pracowni konstruktorskiej” polegałby na tym, żeby studenci, niezależnie od ich późniejszej działalności zawodowej, wywyczyli *syntezyjący sposób postępowania* podczas rozwiązywania problemów projektowych i konstrukcyjnych, związanych z dydaktyką techniki. Sposób ten, obok analizującego sposobu postępowania nauk przyrodniczych, zaliczany jest do elementarnych kwalifikacji inżynierskich. Charakteryzuje się on tym, że tok myślenia postępuje od abstraktu do konkretności, odwrotnie niż w analizującym sposobie nauk przyrodniczych. Chodzi tu więc nie tyle o przyswojenie szczegółowej metodyki nauczania w sensie nauk pedagogicznych, ile raczej o przyswojenie pewnych ogólnych umiejętności, które można nazwać *inżynierią dydaktyczną* czy pedagogiczną.

Zgodnie z powyższym proces nauczania „pracowni konstruktorskiej” powinien dawać studiującym podstawy do tego, aby w swej przyszłej pracy dydaktycznej planowo i systematycznie definiowali problemy dydaktyczne i techniczne oraz umieli opracowywać nowe, racjonalne propozycje ich rozwiązań. Pożądane zachowywanie się podczas rozwiązywania tych problemów może być orientowane na etapy postępowania znane z nauki konstruowania, szczególnie na etapy robocze fazy koncepcyjnej, ponieważ znajdują one szerokie zastosowanie także poza obszarem konstruowania w technice.

Przedmiot „pracownia konstruktorska”, oparty na metodycznych podstawach nauki projektowania i konstruowania, nie może mieć na celu wykształcenie gotowych projektantów i konstruktorów systemów technicznych czy dydaktycznych. Nie jest to możliwe z pedagogicznego punktu widzenia. Projektowanie i konstruowanie systemów jest działalnością bardzo złożoną. Obok wiedzy podstawowej wymaga wiedzy specyficznej. W przypadku systemów technicznych jest to wiedza charakterystyczna dla danej branży i firmy; w przypadku systemów dydaktycznych - dla przedmiotu nauczania i konkretnej szkoły. Wiedza ta jest ogromnie zróżnicowana i dlatego nie ma większego sensu nauczać jej w ramach kształcenia szkolnego. Tak dalekie specjalizowanie nie dałoby się niczym usprawiedliwić z punktu widzenia ekonomiki kształcenia. Tylko znikoma część nauczycieli danego przedmiotu zajmuje się pro-

jektowaniem i konstruowaniem oryginalnych typowych sytuacji dydaktycznych; większość adaptuje opracowane już sytuacje do warunków lokalnych.

Przy takich założeniach zadaniem procesu nauczania „pracowni konstruktorskiej” staje się przekazywanie - przede wszystkim - wielofunkcyjnej wiedzy metodycznej, czyli wiedzy, której zastosowanie nie jest ograniczone tylko do dydaktyki techniki, ale dotyczy także innych istniejących i potencjalnych obszarów zastosowania.

### *Sformułowanie celu ogólnego*

Wychodząc z takich wyobrażeń celu, można teraz sformułować następujący ogólny cel nauczania „pracowni konstruktorskiej”:

*W ramach zadań dydaktycznych od małego do średniego stopnia trudności, przy zastosowaniu właściwych środków pomocniczych (włączając w to komputery), dalece samodzielnie i metodycznie projektować i konstruować sytuacje dydaktyczne z zakresu nauczania techniki w szkole ogólnokształcącej.*

Z pomocą tak sformułowanego celu ogólnego możemy teraz określić podstawowe składowe celu i skonkretyzować cele częściowe. Zrobimy to za pomocą listy kontrolnej do zestawienia wymagań.

### *Listawymagań*

Przedstawiona w tabeli 11.2 lista wymagań została zestawiona na podstawie celu ogólnego i za pomocą listy kontrolnej z cechami głównymi, pokazanej w tabeli 11.1. Służy ona za punkt wyjścia podczas opracowywania podstawowych składowych celu ogólnego, celów częściowych oraz treści, metod, środków i wyników nauczania. Lista wymagań ustala zgrubne ramy, w których należy zrealizować skuteczny proces nauczania przedmiotu „pracownia konstruktorska”.

Tabela 11.2.

Lista wymagań procesu nauczania pracowni konstruktorskiej na kierunku wychowanie techniczne

Cecha główna	Wymagania, założenia, warunki brzegowe (ograniczenia)
przedmiot nauczania	<i>pracowania konstruktorska</i> ; kierunek studiów - wychowanie techniczne; charakter pracowni - pedagogiczna; koordynacja z pracownią technologiczną
planowanie uczeń	istnieje plan i program nauczania
wiedza	21-25 lat, III-IV rok studiów, studia magisterskie
umiejętności	metodyczna wiedza konstrukcyjna o konstruowaniu systemów technicznych i dydaktycznych
świadomość	umiejętność planowego i usystematyzowanego definiowania problemów dydaktycznych i technicznych oraz opracowywania nowych dróg ich rozwiązywania; nawyk ciągłego uczenia się i wspomagania kreatywności (także pierwotnej)
uczenie się	wykszałcenie przekonania o ważności całościowego (systemowego) traktowania obiektów technicznych i procedur dydaktycznych
nauczanie	poznać, przez odkrywanie i uświadamianie sobie powiązań, jak najmniej przez naśladowanie
nauczyciel	nie tylko podające, ale także problemowe i częściowo przez pedagogicznie kierowany proces poznania naukowego
treść	profesorowie, adiunkci i asystenci o różnorodnych specjalnościach (inżynierowie i pedagodzy)
metoda	wiedza naukowa, stwierdzenia naukowe, elementarne metody myślenia, techniki pracy umysłowej; orientacja na systemowy (funkcjonalnie, strukturalnie i hierarchicznie) model procesu konstruowania, zastosowanie podstawowych pojęć nauki konstruowania; konstruowanie w technice a konstruowanie w dydaktyce; dydaktyczne aspekty techniki, techniczne aspekty dydaktyki
środek	podanie i zastosowanie, analizująco-syntezyjną, problemowa z zastosowaniem uproszczeń dydaktycznych, analiza przypadku
wynik	proste narzędzia gospodarstwa domowego; podręczniki, skrypty; kasety wideo, komputery
forma nauczania	obrona projektu konstrukcyjnego sytuacji dydaktycznej
czas	wykład, pracownia, konsultacja
pomieszczenie	15 godz. wykładu; 45 godz. ćwiczeń projektowych
koszty	typowe pomieszczenie dydaktyczne
organizacja	żadne nowe koszty
	90 studentów, jedna grupa wykładowa, 8 grup ćwiczeniowych

## Lista celów

Cele, zawarte w liście wymagań, powinny teraz zostać zróżnicowane i przedstawione w postaci listy celów. Na liście wymagań cele zawarte są głównie pod cechami: wiedza, umiejętności i świadomość. Cechy te mogą być potraktowane jako podstawowe składowe celu ogólnego i posłużyć za szkielet dalszego konkretyzowania celów nauczania (tab. 11.3).

Tabela 11.3.

Lista celów procesu nauczania przedmiotu „pracownia konstruktorska”

---

### **Cel ogólny**

(czyli co student powinien wiedzieć, umieć i czego być świadomy po zaliczeniu przedmiotu?)

*W ramach zadań dydaktycznych od małego do średniego stopnia trudności, przy zastosowaniu właściwych środków pomocniczych (włączając w to komputery), dalece samodzielnie i metodycznie projektować i konstruować sytuacje dydaktyczne z zakresu nauczania techniki w szkole ogólnokształcącej.*

### **Podstawowe składowe celu ogólnego:**

- |           |                     |   |
|-----------|---------------------|---|
| <i>C1</i> | <i>wiedza</i>       | znać ogólną wiedzę konstrukcyjną (podstawy metodyki konstruowania);   |
| <i>C2</i> | <i>umiejętności</i> | umieć w usystematyzowany sposób określać problemy dydaktyczne i techniczne oraz opracowywać nowe drogi ich rozwiązywania; |
| <i>C3</i> | <i>świadomość</i>   | mieć świadomość potrzeby całościowego (systemowym) traktowania zagadnień technicznych i dydaktycznych.                    |

### **Cele częściowe:**

- C1i   podać definicje podstawowych pojęć techniki systemowej
- C12   przedstawić istotę i technikę konstruowania systemów technicznych
- C13   przedstawić istotę i technikę konstruowania systemów dydaktycznych
- C14   wymieniać i rozumieć podstawowe relacje między techniką a dydaktyką
- C21   analizować proces nauczania jako system socjotechniczny
- C22   analizować wybrane sytuacje dydaktyczne (o różnym stopniu złożoności) jako systemy dydaktyczne
- C23   określać i analizować funkcje i struktury istniejących systemów technicznych
- C24   określać i analizować funkcje i struktury istniejących systemów dydaktycznych
- C25   wyodrębniać i oceniać podstawowe elementy konkretnych sytuacji dydaktycznych oraz syntezować je w procesie konstrukcyjnym nauczania

- C26 zestawiać listę wymagań (założenia) konstruowanego procesu nauczania
- C27 ustalać cechy dydaktyczne procesu nauczania stosując ogólne fazy rozwiązywania problemów i modele myślowe konstruowania procesu dydaktycznego
- C28 odkrywać samodzielnie - i w najnowszej formie nabywać - wiedzę specjalistyczną, niezbędną do rozpoznawania i rozwiązywania problemów dydaktycznych i technicznych
- C31 być otwartym na nową wiedzę techniczną i dydaktyczną, mieć krytyczny stosunek do wiedzy własnej, traktować ją jako jedną z wielu możliwości, a nie jako jedyną słuszną receptę
- C32 być świadomym, że (1) wiedza dydaktyczna i techniczna to nie tylko fakty i czy elementy, ale także właściwości tych elementów i relacje między nimi; że (2) małe przyczyny mogą powodować duże skutki, a duże przyczyny małe skutki; że (3) procesy socjotechniczne nie mają charakteru liniowego (szeregowego), ale że wykazują sprzężenia zwrotne.
- 

## Ustalanie treści nauczania

### Ogólne kryteria wyboru

Główną treścią procesu nauczania w szkole wyższej jest nauka. Chodzi przy tym zarówno o wyniki badań naukowych, jak i o procesy, które prowadzą do uzyskania i zastosowania tych wyników. Z naukowego punktu widzenia wyróżnia się często trzy istotne obszary treści nauczania: (1) stwierdzenia naukowe, (2) metody pracy naukowej oraz (3) normy, orientacje dotyczące wartości i obowiązków. Z zawodowego punktu widzenia ważne są przede wszystkim *elementarne metody myślenia* oraz *techniki pracy*, które, przyswojone jako umiejętności, tworzą warunki racjonalnej pracy zawodowej

To, że treści nauczania muszą być orientowane na wymagania zawodowe, jest oczywiste. Miarą tych treści są czynności zawodowe i wymagane do tego wiadomości, uzdolnienia i umiejętności. Jest też oczywiste, że nie można nauczyć wszystkiego. Nie wszystkie wymagania praktyki zawodowej mogą być uwzględnione w nauczaniu. Dlatego podczas konstruowania procesu nauczania musimy treści wybierać i strukturyzować. Kryterium tego wybierania i strukturyzowania są zwykle zasady dydaktyczne i ekonomika kształcenia.

Wybór treści orientowany jest przede wszystkim na *cele nauczania*. Nie mniej ważne jest jednak uwzględnienie zamierzonych *procesów przyswajania wiedzy*. Dlatego należy brać pod uwagę także rodzaj wybieranych i strukturyzowanych treści z punktu widzenia ich odtwarzania (fakty, metody, normy, wartości) i „produkcji” (tworzenia) nowych (ciągi poleceń i wezwań, procedury, algorytmy, systemy zadań i problemów). Ważne stają się przy tym treści często używane w zawodzie, podstawowe dla danego obszaru wiedzy,



trudne do samodzielnego nauczenia się, przyczyniające się do nabycia ważnych umiejętności, wspierające metodyczny sposób pracy, możliwie długowieczne oraz dające się zebrać w pewien związek logiczny.

Powstaje pytanie: jakie z tych treści mogą być najbardziej przydatne w kształceniu umiejętności projektowo-konstruktorskich przyszłych nauczycieli techniki w szkole ogólnokształcącej? Podobnie jak w treściach nauk technicznych pomocne może być tu rozróżnianie między wiedzą faktów a wiedzą metod (por. roz. 4).

### *Wiedza faktów*

W przypadku nauczyciela techniki jest to „statyczna” wiedza z zakresu techniki i dydaktyki. Są to fakty:

- o konkretnych obiektach techniki; wiadomości o ich budowie, zasadach działania, właściwościach użytkowych;
- o zagadnieniach dotyczących kształtowania, wytwarzania i użytkowania obiektów techniki; podstawowe wiadomości z materiałoznawstwa;
- o konkretnych „obiekтах” dydaktyki; wiadomości o typowych sytuacjach dydaktycznych z zakresy dydaktyki techniki.

Wiedza ta jest bardzo specyficzna zawodowo, ograniczona w czasie i obszarze. Przeniesienie jej na inne obszary zawodowe jest możliwe tylko w wąskim zakresie i ograniczone szybkimi zmianami postępu technicznego i edukacyjnego. Jest to czysta znajomość faktów, często bez powiązania logicznego, nabywana głównie przez mechaniczne zapamiętywanie. Z tego powodu bywa też bardzo szybko zapominana. Łatwo ją zapisać na dyskietce komputera i szybko przywołać kiedy zaistnieje potrzeba.

### *Wiedza metod*

Wiedza ta ma *charakter operacyjny*. Obejmuje wiadomości i powiązane z nimi umiejętności, dotyczące *drogi rozwiązywania zadań i problemów*; czynności, które prowadzą do: (1) racjonalnego konstruowania, wytwarzania, użytkowania i likwidowania obiektów techniki; do (2) racjonalnego projektowania i konstruowania sytuacji dydaktycznych. Do tego rodzaju wiedzy należą:

- ogólna wiedza o metodyce i technice projektowania, konstruowania, wytwarzania, użytkowania i likwidowania systemów technicznych;
- ogólna wiedza o metodyce nauczania; technice projektowania i konstruowania systemów dydaktycznych;
- wiedza o technikach kreatywnościowych, technikach podejmowania decyzji, analiza wartości, systemy doradcze, systemy komputerowego wspom-

gania, metody zdobywania, przetwarzania i gromadzenia informacji, reguły określania kosztów itp.;

- umiejętność logicznego rozumowania, stawiania pytań, przedstawiania problemów, wyciągania wniosków, podsumowywania, otwarta postawa, nic-wykluczanie rzeczy niemożliwych itd.;
- umiejętność stosowania techniki komputerowej, znajomość języków obcych.

Jako wiedza ponadfachowa i wielofunkcyjna znajduje ona szerokie zastosowanie także poza techniką i poza dydaktyką. W porównaniu z wiedzą faktów jest długowieczna, ponieważ sposoby i metody postępowania nie zmieniają się tak szybko, jak stworzone za ich pomocą obiekty czy procedury.

### *Dotychczasowe treści przedmiotu*

Podczas ustalania treści procesu nauczania charakterystyczne są czynności wybierania i strukturyzowania. Czynności wybierania polegają najczęściej na uzupełnianiu starych treści nowymi, względnie na usunięciu przestarzałych. Takie postępowanie zakłada jednak z góry analizę treści dotychczasowych. Często analiza ma na celu ustalenie typowej struktury treści przedmiotu. Jak taką typową strukturę ustalić?

Treści nauczania oferowane są zazwyczaj przez całe podręczniki lub ich części. Zdarza się, że całe książki poświęcone są poszczególnym częściom rozważanego przedmiotu nauczania.

O rozważanym przedmiocie pisze się nie tylko w książkach danej dziedziny czy przedmiotu studiowania, dużo wiadomości można znaleźć także w podręcznikach z dziedzin pokrewnych.

Podstawowy cel analizy treści dotychczasowych polega na tym, aby - przez zestawienie i porównanie najważniejszych punktów i struktury treści - określić podstawowe cechy różnych przedstawień treści i przez to otrzymać w miarę całościowy obraz oferowanej do tej por' wiedzy z danego przedmiotu. Dlatego do analizy powinno wybierać się tylko te przedstawienia treści, które próbują dać całościowy obraz przedmiotu według jakiejś koncepcji dydaktycznej.

### *Strukturyzowanie treści*

Strukturyzowanie treści to określenie struktury treści (wykazu materiału) ze zróżnicowanym stopniem jej uszczegółowienia. Mając na uwadze ustalone kryteria wyboru należy najpierw określić jakie treści są odpowiednie dla zrealizowania poszczególnych celów. Ponieważ cele częściowe zostały już wstępnie ustrukturyzowane rzeczowo i logicznie, ułożenie treści może z grubsza odpowiadać liście celów. Z drugiej strony należ' uwzględnić wyniki anali-

zy porównawczej treści dotychczasowych (p. poprzedni punkt). Wszystko, razem biorąc, daje następujące punkty ciężkości, na których powinna się koncentrować treść nowego procesu nauczania „pracownia konstruktorskiej” (tab. 11.4).

Tabela 11.4.

## Treści nauczania przedmiotu „pracownia konstruktorska”

---

T1	Projektowanie i konstruowanie w technice
T2	Projektowanie i konstruowanie w dydaktyce
T3	Technika a dydaktyka
Te trzy składowe treści mogą być dalej podzielone na następujące treści częściowe:	
T1i	Istota projektowania i konstruowania. Konstruowanie jako jądro działania inżynierskiego
T12	System, analiza systemowa, systemowa teoria techniki
T13	Podstawowe pojęcia nauki konstruowania: powierzchnia robocza, ruch roboczy, fizykalna zasada działania, postać konstrukcyjna, struktura funkcjonalna
T14	Podstawowe reguły, zasady i wytyczne konstruowania systemów technicznych
T21	Proces nauczania jako system socjotechniczny
T22	Konstruowanie systemu dydaktycznego jako przetwarzanie informacji. Cechy dydaktyczne, stopnie konkretyzacji, etapy rozwiązywania problemu
T23	Przebieg konstruowania
T24	Zdobywanie informacji do konstruowania
T25	Podstawowe reguły, zasady i wytyczne konstruowania systemów dydaktycznych
T31	Konstruowanie systemów dydaktycznych a konstruowanie systemów technicznych
T32	Dydaktyczne aspekty techniki: konstruowanie jako proces uczenia się, jako gra i zabawa; projektowanie systemów nauczania jako proces konstrukcyjny; proces uczenia się jako najwyższa forma regulacji
T33	Techniczne aspekty dydaktyki: techniczne środki dydaktyczne, inżynieria dydaktyczna
Do tego dochodzą treści, które, w celu uzupełnienia i ogólnego skomponowania przedmiotu, oferowane są czysto informacyjnie i nie wiążą celów nauczania. Chodzi tu o treści, które przedstawiają:	
T01	cele procesu nauczania przedmiotu „pracownia konstruktorska” oraz
T02	przyszłe zawodowe pole działania nauczyciela techniki

---

Cele T01 i T02 tworzą wprowadzenie do procesu nauczania, służące wykształceniu odpowiedniego nastawienia i motywacji u uczniów.

Po ustaleniu treści częściowych możemy teraz wzajemnie przyporządkować cele częściowe i treści częściowe w postaci *macierzy cele-treści* (tab. 11.5). Niektóre z celi częściowych będą realizowane przez kilka treści częściowych i odwrotnie.

### Ustalanie metody nauczania

Na cele i treści nauczania musi być zorientowana metoda postępowania. Metoda nauczania jest rodzajem i sposobem *wspólnej działalności nauczających i uczących się*, aby - przy wybranych i ustrukturyzowanych treściach - osiągnąć określone cele nauczania-uczenia się. Aby więc stworzyć ramy dla ustalenia metody postępowania, musimy znowu wrócić do celów, ponieważ metoda postępowania powinna się kierować przede wszystkim poziomem wymagania celów. Dlatego najpierw powinny być sklasyfikowane - według poziomu wymagań - cele częściowe. Dopiero po nich powinny być bliżej określone główne czynności i formy dydaktyczne, oraz rodzaje zajęć w procesie nauczania „pracowni konstruktorskiej”.

Tabela 11.5.

Macierz cele-treści

Cele *	Treści												Ile razy?
	T11	T12	T13	T14	T21	T22	T23	T24	T25	T31	T32	T33	
C11	.	.											2
C12			.	.									2
C13				.	.								2
C14										.	.	.	3
C21		.			.								2
C22	.			.									3
C23	.	.	.										3
C24		.							.	.			3
C25						.	.	.	.	.			5
C26						.	.	.					2
C27						.	.	.	.				4
C28	.	.											2
C31	.	.									.	.	4
C32		.								.	.	.	4
Ile razy?	5	7	2	3	2	3	2	3	3	4	3	3	

## **Główne czynności i główne formy dydaktyczne**

Cele procesu nauczania przedmiotu, zaproponowane w liście wymagań, dotyczą przede wszystkim dziedziny poznawczej (poznawczych celów nauczania). Dlatego do ich klasyfikacji można zastosować taksonomię celów dziedziny poznawczej, rozwiniętą przez Blooma [1971].

Niektóre z wprowadzonych w tabeli 11.4 celów częściowych (C1i-C14) dotyczą względnie prostych form zachowania się. Formy te mogą być całkowicie przyporządkowane obu dolnym poziomom poznawczym „przypominać wiedzę” (czasowniki: podawać, wymieniać) i „rozumienie” (czasowniki: przedstawiać, rozumieć). Cele te opisują w istocie podstawy poznawcze (kognitywne), które są warunkiem pożądanego rozwoju studenta; rozwoju sprzyjającego rozwiązywaniu problemów, związanych z tym umiejętnością i sposobu zachowania się. Główną czynnością, prowadzącą do osiągnięcia tych celów jest przedstawienie przez nauczyciela odpowiedniej treści we właściwej formie. Stopień osiągnięcia celu może być ustalony za pomocą egzaminu w formie pisemnej lub ustnej.

Pozostałe cele dotyczą bardziej złożonych form zachowania się. Należy je przypisać trzem górnym poziomom kognitywnym: „analizie” (czasowniki: analizować, odkrywać, określać, wyodrębniać), „syntezie” (czasowniki: zestawiać, ustalać, syntezować) i „ocenie” (czasownik oceniać). Cele te dotyczą bezpośrednio pożądanego, sprzyjającego rozwiązywaniu problemów, zachowania się i opisują szczegółowo czynności wykonywane podczas rozwiązywania problemów. Podstawową czynnością, która prowadzi do osiągnięcia tych celów jest zastosowanie nabytych podstaw kognitywnych w ćwiczeniach bliskich praktyce i przetworzenie tych podstaw we własne pozytywne doświadczenia i odpowiednie umiejętności.

Aby zrealizować wszystkie cele częściowe, nauczyciel musi więc najpierw przedstawić (podać) treść nauczania i następnie zastosować ją do rozwiązywania problemów bliskich praktyce. Przy uwzględnieniu tych dwóch głównych czynności oraz kierując się literaturą dotyczącą nauczania konstruowania, przyjęliśmy, że będziemy rozróżniać *podanie* i *zastosowanie* treści nauczania jako dwie główne formy nauczania pracowni konstruktorskiej. Określenia „podanie” i „zastosowanie” zostały wybrane dla scharakteryzowania głównych form nauczania konstruowania. Określenia te są szersze i bardziej otwarte niż tradycyjne pojęcia „wykład” czy „ćwiczenie”, ponieważ dopuszczają włączenie intensywnych, dialogowych metod nauczania-uczenia się oraz umożliwiają elastyczne rozdzielanie czasu na te obie formy nauczania.

Podanie treści nauczania oznacza systematyczne ukazanie, objaśnienie i opracowanie treści nauczania podczas wykładu, rozmowy, dyskusji i krótkookresowej pracy grupowej, przy zastosowaniu właściwych środków na-

uczania, włączając wprowadzenie, powiązanie i podsumowanie, jak również wyjaśnienie i wyćwiczenie na podstawie niewielkich przykładów.

Zastosowanie treści nauczania oznacza wzajemnie powiązane opracowanie obszernych zadań ćwiczeniowych z problemami bliskimi praktyce, według etapów roboczych ogólnej metodyki konstruowania, w długookresowej pracy grupowej i pojedynczej pod kierownictwem, doradztwem i nadzorem nauczyciela.

W obu wypadkach chodzi o uczenie się przez zrozumienie. Uczenie się przez naśladowanie jest mniej ważne. W wyniku podania treści nauczania student powinien odtwarzać nie tylko wiedzę wyuczoną na pamięć, stosownie do poziomu wymagania każdorazowych celów; powinien także pokazać, że rozumiał współzależności, i że - jako wynik zastosowania - umie nie tylko naśladować odegrane zachowanie się podczas rozwiązywania problemów, lecz także, na podstawie własnego rozumienia i uporządkowania wiedzy, umie samodzielnie rozwiązywać problemy w sposób metodyczny.

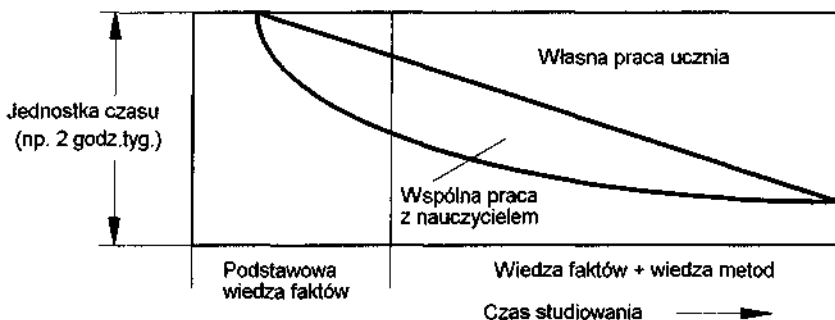


Rys. 11.3. Rozgraniczenie podania i zastosowania treści nauczania

Wychodząc z obu głównych form nauczania - podania i zastosowania treści - musimy więc teraz rozważyć, ile czasu należy poświęcić na podanie, a ile na zastosowanie treści pracowni konstruktorskiej. Należy przy tym pamiętać, że cele podania treści powinny być osiągnięte przed opierającymi się na nich celami zastosowania, czyli że podanie musi wyprzedzać zastosowanie. Wyprzedzenie nie może jednak być zbyt duże, aby nabyta wiedza nie została zapomniana, zanim nie zostanie utrwalona i przetworzona w umiejętności. Racjonalne warunki do spełnienia celów nauczania konstruowania istnieją wtedy, gdy rozgraniczenie między podaniem i zastosowaniem wygląda tak jak na rysunku 11.3. Podanie treści zajmuje bardzo dużo miejsca na początku procesu nauczania i stopniowo ustępuje coraz bardziej ich zastosowaniu. Punktem ciężkości na początku jest wiedza obiektowa o systemach technicz-

nych i dydaktycznych. Przy tym pierwsze godziny służą wyłącznie przedstawieniu podstawowej wiedzy faktów. Dopiero później wiedza faktów zaczyna być przekazywana w połączeniu z wiedzą metodyczną i coraz bardziej stosowana, ponieważ do dyspozycji staje coraz więcej wiedzy, która może być przetworzona w odpowiednie umiejętności.

Jako podstawowe formy pracy w obszarze zastosowania treści należy różnicować wspólne rozwiązywanie zadań i własną pracę studenta. Te dwie formy także mogą być rozgraniczone według udziału czasowego. Największego efektu uczenia się należy oczekiwać wtedy, gdy rozgraniczenie jest podobne jak na rysunku 11.4, a więc gdy czynności podczas rozwiązywania zadań najpierw w dużej mierze wychodzą od nauczyciela i potem, stosownie do postępów uczenia się, w coraz większym stopniu przechodzą na studenta.



Rys. 11.4. Rozdzielenie czynności podczas zastosowania treści nauczania

### Formy organizacyjne nauczania

Mając na uwadze praktyczne przeprowadzenie procesu nauczania pracowni konstruktorskiej za pomocą tradycyjnych form organizacyjnych w grę wchodzi przede wszystkim: wykład, ćwiczenia projektowe (konstrukcyjne) oraz seminarium. Z innych, bardziej specjalistycznych form organizacyjnych, znaczenie mają studia konkretnych przypadków (case study) sytuacji dydaktycznych.

Przedstawione na rysunku 11.4 rozgraniczenie podania i zastosowania daje się najlepiej zrealizować wtedy, gdy cały proces nauczania pracowni konstruktorskiej jest prowadzony w formie *seminaryjnej*. Forma ta pozwala nauczycielowi w każdym czasie na racjonalne przechodzenie od podania do zastosowania. Jeżeli jednak chcemy się trzymać tradycyjnych form wykładu i ćwiczeń, to nie do uniknięcia jest większa blokowa koncentracja podania.

Pewne wyrównanie może nastąpić przez podsumowujące powtórzenie wcześniejszych rozdziałów wykładu w znacznie później przeprowadzanych ćwiczeniach. Oprócz tego uczenie się musi być ułatwione przez wprowadzenie metod intensywnych, dialogowych.

Ćwiczenia projektowe (konstrukcyjne) w procesie nauczania pracowni konstruktorskiej mają na celu zastosowanie wyłożonej wiedzy do konkretnych zadań dydaktycznych i technicznych podczas praktyki dydaktycznej nauczania techniki w szkole ogólnokształcącej. Chodzi przy tym o zadania, które wykazują charakter syntezy i mają na celu przedstawienie rozwiązań konstrukcyjnych systemów dydaktycznych i technicznych.

Obok ćwiczeń konstrukcyjnych, obejmujących raczej mały obszar i dotyczą najczęściej zadania orientowanego na małe sytuacje dydaktyczne (godzina, blok godzin), studenci powinni przeżyć obszerniejszy proces konstrukcyjny systemu dydaktycznego z zakresu nauczania techniki. Chodzi tu o system typu „przedmiot nauczania” czy „grupa przedmiotów”. Taki proces konstrukcyjny, prowadzony poprawnie, stwarza atmosferę bliską praktyce dydaktycznej. Właściwą do tego formą organizacyjną jest dydaktyczny projekt konstrukcyjny (np. praca przejściowa lub praca dyplomowa) w końcowej fazie studiowania. Studentowi jest przydzielane wtedy zadanie bardziej złożone, nie wiążące się bezpośrednio z wiedzą na wykładzie. Nie jest przy tym przewidziane żadne ścisłe prowadzenie projektu przez nauczyciela. To znaczy, że ten ostatni nie powinien przy tym występować jako ekspert dydaktyczny czy techniczny od konstrukcji procesu nauczania czy jako ten, który udziela zobowiązujących rad i stawia do dyspozycji gotowe założenia konstrukcyjne. Powinien być on raczej pomocnikiem w procesie konstruowania; pomocnikiem, który stawia pytania dotyczące procesu rozwiązywania problemów i - przez odpowiednie uwagi - kieruje skuteczne czynności studenta we właściwym kierunku.

Przejście od teorii do zastosowania treści w formie zadania sprawia często ogromne trudności. *Studium przypadku*, czyli opis, analiza i krytyka rzeczywistego procesu rozwiązania konstrukcyjnego, jakie zdarzyło się w praktyce, i które zostało uproszczone do celów dydaktycznych, pomaga najczęściej przezwyciężyć te trudności.

Fenomenalny wprost rozwój możliwości techniki komputerowej sprawia, że nowoczesnemu konstruktorowi systemów dydaktycznych niezbędna staje się wiedza z zakresu *komputerowego wspomaganie* projektowania i konstruowania. Chodzi tu szczególnie o wspomagany komputerowo wybór rozwiązań właściwych i związane z tym pojęcie systemów doradczych (ekspertowych) w dydaktyce.



## Ustalanie środków nauczania

Metoda nauczania jest z reguły powiązana z określonymi środkami nauczania-uczenia się. Dotyczy to szczególnie dydaktyki przedmiotów technicznych, ponieważ praktycznie *każdy konkretny obiekt techniki może być środkiem nauczania-uczenia się*. Zastosowanie środków powinno być, zdaniem wielu autorów, zorientowane przede wszystkim na przyswajanie wiedzy. Oznacza to, że podczas tworzenia i zastosowania środków należy w pierwszym rzędzie uwzględniać warunki i wymagania procesu przyswajania wiedzy. Znaczenie ma przy tym rozróżnianie przyswajania receptywnego i produktywnego.

Linia przewodnią do ustalenia środków nauczania-uczenia się może być podział środków [Knóchel 1984] na: (1) naukowo-techniczne środki pracy, (2) obiekty rzeczywiste, (3) modele i (4) nośniki informacji obrazowej i mówionej.

Tabela 11.6.

Środki nauczania-uczenia się w procesie nauczania pracowni konstruktorskiej

Rodzaj środków	Konkretne środki nauczania-uczenia się
naukowo-techniczne środki pracy	komputer z oprogramowaniem CAD warsztat mechaniczno-elektryczny z wyposażeniem podstawowym
obiekty rzeczywiste	proste narzędzia gospodarstwa domowego, na których widać wyraźnie efekty konkretnego zastosowania reguł i zasad konstruowania
modele	fizyczne modele systemów technicznych w skali pomniejszonej
nośniki informacji obrazowej i mówionej	literatura naukowa: podręczniki, prospekty firmowe urządzeń technicznych, filmy wideo, firmowe i własne; folie, przezroczca i plakaty z funkcjonalnymi i konstrukcyjnymi strukturami urządzeń technicznych

Za pomocą takiego podziału należy teraz skonkretyzować wymagania, które zostały opisane w tabeli 11.1 pod cechą „środki”. Przedstawia to tabela 11.6. Z przedstawionych w niej środków coraz większą rolę zaczynają odgrywać środki komputerowe. Równoległe do metodycznego rozwoju procesu konstruowania ma miejsce coraz szybszy rozwój konstruowania wspomaganego komputerowo. Podczas gdy komputer od samego początku swego powstania oddaje nieocenione usługi w obliczeniach konstrukcyjnych, w ostatnich czasach rozwinięto urządzenia i systemy programów, które umożliwiają wykorzystanie komputera także do uzyskiwania informacji i do wspomagan

pracy konstruktorskiej, we wszystkich jej fazach. Obok specjalistycznych programów wspomagania określonych zadań istnieją dziś ogólnie stosowalne systemy programowe, za których pomocą dowolne zespoły i elementy mogą być konstruowane w dialogu z komputerem (np. AutoCAD i jego różne odmiany).

## Ustalanie sposobu określania i oceniania wyników nauczania

Skoro rozważyliśmy i ustaliliśmy cele, treści, metody i środki, to powinniśmy teraz rozważyć i ustalić, jak będziemy określać i oceniać wyniki procesu nauczania. Poniżej nie będziemy jednak charakteryzować szczegółów regulaminu zaliczania czy egzaminowania. Spróbujemy raczej uwidocznić te aspekty określania i oceniania wyników procesu nauczania pracowni konstruktorskiej, które wydają się najważniejsze z punktu widzenia dydaktyki przedmiotów technicznych (pedagogiki inżynierskiej).

Ogólnie biorąc, określenie i ocena wyników procesu nauczania spełniają następujące funkcje [Knóchel 1984]:

- funkcję *porównawczą*, w sensie porównania stanu jaki powinien być ze stanem jaki jest, czyli czyste porównanie ustalonych celów ze stanem ich realizacji;
- funkcję *sprzężenia zwrotnego*, jako zastosowania wyników do bezpośredniego wpływu na poprawę procesu nauczania;
- funkcję *prognostyczną*, jako zastosowanie wyników dla przewidzenia oczekiwanych jakości nauczania i zachowania przez uczących się.

W naszym przypadku funkcja prognostyczna wydaje się być najważniejsza, ponieważ cele nauczania dotyczą bezpośrednio przyszłego zawodu studenta. Jesteśmy związani listą wymagań (tab. 11.1), w której pod cechą „wynik” jest napisane: obrona projektu konstrukcyjnego sytuacji dydaktycznej. Powstaje więc pytanie o ocenę pracy projektowej. Jakie powinny być kryteria jej oceny? Pytanie to powinno być wyjaśnione już w fazie stawiania zadania.

Ważnym punktem proponowanego procesu nauczania pracowni konstruktorskiej jest korygowanie i ocenianie ćwiczeń konstrukcyjnych. Chodzi tu o porę 1 formę, w jakiej należy skierować korektę lub zalecenie do studenta. Każde zadanie konstrukcyjne dopuszcza wiele rozwiązań i wyobrażeń, które są bardzo trudne do oceny w szczegółach. Indywidualna dyskusja z każdym studentem może być tu bardzo pomocna, ponieważ pozwala lepiej rozpoznać to, co w procesie rozwiązywania problemu jest nowe, kreatywne. Każde zadanie konstrukcyjne nawiązuje do wiedzy, która jest przekazywana w ramach różnych przedmiotów nauczania. Aby zmobilizować konieczną dla ćwiczenia wiedzę fachową, można przed rozwiązaniem zadania przeprowadzać krótkie testy. Podstawowym celem tych testów nie byłoby sprawdzenie wiedzy studentów, lecz raczej pobudzenie ich do tego, aby oswoili się z wiedzą istotną dla danego rodzaju zadania konstrukcyjnego. Forma

testów mogłaby być różna, np. odpowiedź pisemna, rysunkowa, korekcja niepoprawnego elementu projektu, wybór jednej z wielu możliwości itp.

### Podsumowanie

Spróbujmy na koniec porównać konstruowanie w technice z konstruowaniem w dydaktyce. Pokazuje to tabela 11.7. Wynika z niej, że podstawowe różnice dotyczą przedmiotu, podmiotu i produktu działania oraz ustalanych cech systemu, zaś proces przetwarzania informacji wykazuje duże podobieństwa.

Tabela 11.7.

Porównanie konstruowania systemu dydaktycznego z konstruowaniem systemu technicznego

Punkt widzenia	System dydaktyczny	System techniczny
przedmiot działania	system socjotechniczny PROCES NAUCZANIA	system techniczny, np. MASZYNA
produkt działania	zorganizowany proces nauczania i uczenia się człowieka	zorganizowany proces wytwarzania i eksploataowania maszyny
informacje wejściowe	wymagania stawiane procesowi nauczania, dotyczące: * celów * osób * działań * rzeczy * organizacji	wymagania stawiane maszynie, dotyczące: * funkcji * bezpieczeństwa * kosztów * relacji człowiek-maszyna
informacje wyjściowe	* lista wymagań * lista celów * macierz cele-treści * model procesu nauczania * koncepcja nauczania * plan nauczania * program nauczania * konspekt	* lista wymagań * cechy koncepcji * szkice konceptu * rysunki projektowe * rysunki wykonawcze * lista części * obliczenia * instrukcja obsługi
ustalane cechy systemu	cechy dydaktyczne: * cel * treść * metoda * środek * wynik	cechy techniczne: * funkcja * fizyka * struktura działania * struktura budowy * części

W systemie dydaktycznym chodzi o nie tylko działanie czysto techniczne, jakie jest przedmiotem każdego systemu socjotechnicznego człowiek-maszyna, mającego na celu (jako cel bezpośredni) powstanie i zastosowanie systemów technicznych (systemów rzeczowych). W systemie dydaktycznym chodzi przede wszystkim o działanie dydaktyczne, skierowane bezpośrednio na rozwój człowieka (systemy osobowe, systemy społeczne). Działanie dydaktyczne ma jednak wiele aspektów technicznych. Wystarczy wymienić choćby rosnącą technizację nauczania (np. multimedia) lub uwzględnianie uwarunkowań technicznych.

Uczeń nie zachowuje się jak maszyna, która nie ma żadnych celów własnych i tylko może być sterowana rozkazami, stosownie do celów zewnętrznych. Uczeń jest aktywnym współuczestnikiem systemu nauczania. Między nauczycielem a uczniem istnieje sprzężenie zwrotne. Wynika ono już choćby stąd, że uczeń jest po części podmiotem, a po części przedmiotem w procesie nauczania-uczenia się.

Przedstawiony model konstruowania systemów nauczania nie jest niezawodną receptą na udany proces nauczania. Model ten jest tylko środkiem, który poważnie zmniejsza ryzyko powstania nieudanego procesu dydaktycznego; pozwala lepiej wykorzystać wiedzę nauczyciela i niejako automatycznie wykazuje istniejące w niej luki. Ponadto systematyzuje pracę i chroni projektanta systemu przed pogubieniem się w obfitości materiału, który z reguły jest oferowany i przyswajany w sposób encyklopedyczny

Sam sposób podejścia do zagadnienia może wydać się niektórym pedagogom zbyt techniczny. Wątpliwości może budzić już samo porównanie konstruowania procesu nauczania z konstruowaniem maszyny. Szukanie i rozważanie nowych dróg, prowadzących do zwiększenia efektywności nauczania nie powinno być jednak ograniczane wątpliwościami tego rodzaju. Wprost przeciwnie. Powinno być ono pobudzane skojarzeniami i analogiami. I temu właśnie ma służyć przedstawiony model. Chodzi o to, aby nie tracić z oczu najważniejszych powiązań i zależności w systemie nauczania. Z takiego właśnie punktu widzenia model ten może okazać się bardzo pomocny, ponieważ daje się stosować do planowania, projektowania i konstruowania (projektowania szczegółowego) różnych procesów dydaktycznych.

## **Rozdział 12.**

### **Wprowadzenie do techniki maszyn**

Technika to przede wszystkim świat maszyn i innych urządzeń technicznych. Świat ten podlega dziś ogromnym przemianom. Postacie maszyn i urządzeń technicznych, sposoby ich wytwarzania i użytkowania zmieniają się dziś tak szybko, że nawet inżynierowie mają kłopoty z zachowaniem ogólnego przeglądu nad tym, co się dzieje w ich specjalnościach, a co dopiero mówić o powszechnym użytkowniku obiektów techniki.

W rozdziale tym, i w kolejnych pięciu, chcielibyśmy pokazać drogę prowadzącą do uzyskania takiego przeglądu. Wychodząc od najprostszyc narzędzi chcemy rozwinąć pewne ogólne punkty widzenia, które umożliwią nam przegład i panowanie nad różnorodnością dzisiejszych maszyn i urządzeń technicznych. Chodzi przy tym nie o rozważania z zakresu historii techniki, ale o nabycie pewnej wiedzy ogólnej, wiedzy, która pomagałaby łatwo zrozumieć istotę dowolnego obiektu technicznego, jego projektowania, konstruowania, wytwarzania, użytkowanie i - co staje się nie mniej ważne - likwidowania. W ten sposób można by było uniknąć szybkiego starzenia się dotychczasowej wiedzy technicznej, która dotyczy głównie obiektów szczególnych. Chcemy też propagować ścisłe, pojęciowe myślenie techniczne oraz uzmysłwić, że w technice - obok analizy tego co jest znane - ważna jest synteza tego, co ma powstać, czyli innowacja.

Zacniemy o przedstawienia zagadnienia, czyli od scharakteryzowania dzisiejszej nauki o maszynach. Następnie przedstawimy szczegółowe cele tej części monografii, składającej się z sześciu rozdziałów oraz sposób, w jaki będziemy zagadnienie przedstawiać i jak będziemy się przy tym porozumiewać (komunikować). Spróbujemy ogólnie scharakteryzować podstawowe rodzaje maszyn. W kolejnych rozdziałach przejdziemy do szczegółowego przedstawienia maszyn do zmieniania materiałów, energii i informacji. Pokażemy w ten sposób nowe podejście do celów i treści nauczania techniki, zaproponowane po raz pierwszy przez W. G. Rodenackera [1983]. Na koniec zajmiemy się wnioskami, jakie płyną z przedstawionych przykładów i spróbujemy odpowiedzieć na pytanie: Co to są zadania techniczne i na czym polega ich rozwiązywanie?

## Nauka o maszynach

Nauka o maszynach, w spotykanej dziś formie, ma około stu lat. Jest ona bardzo tradycyjna. Opiera się głównie na przedstawianiu konkretnych obiektów, tzn. poszczególnych elementów, części, zespołów i całych maszyn. W taki sposób zbudowane są podstawowe podręczniki maszynoznawstwa i konstrukcji maszyn.

Zmiany w nauczaniu budowy i eksploatacji maszyn wymagane są już choćby z tego powodu, że trwałość produktów przemysłu budowy maszyn jest coraz mniejsza. Jeszcze niedawno wynosiła ona kilkadziesiąt lat, a obecnie mówi się o kilku latach. Nauczone fakty starzeją się bardzo szybko. Zmiany w nauczaniu wynikają także z szybkiego rozwoju metod wytwarzania. W tej sytuacji powstaje konieczność dostarczania innowacji. Te zaś mogą być uzyskane tylko przez przegląd (panowanie nad przeglądem) możliwości zmian i kombinacji znanych lub nowych elementów. Istnieje konieczność automatyzacji wytwarzania, co jest przeprowadzane za pomocą robotów i innych urządzeń z mikroprocesorami. Powstają nowe obszary techniczne, jak ochrona środowiska, oszczędzanie materiału i energii, zamknięty obieg materiału (recykling) itp. Odczuwa się zmianę dotychczasowych celów technizacji. Technika jest coraz bardziej dopasowywana do istniejącego środowiska.

Od strony naukowej obserwuje się zmianę polegającą na czysto opisowym traktowaniu obiektów technicznych, jak to miało i ma nadal miejsce w tradycyjnych podręcznikach maszynoznawstwa. Coraz częściej maszyny przedstawia się jako systemy z wejściem i wyjściem (tzw. czarna skrzynka) i innymi cechami. Konstruowanie maszyn przestaje być widziane jako sztuka, w której ogromną rolę ogrywają wrodzone zdolności i intuicja. Coraz częściej traktowane jest ono jako metodyczne, dyskursywne (nieintuicyjne, planowe) rozwiązywanie problemów konstrukcyjnych. Inna, znaczna zmiana wszystkich czynności związanych z budową i eksploatacją maszyn wynika z coraz szerszego zastosowania komputerów.

## Cele szczegółowe następujących rozdziałów

Pierwszym celem kolejnych trzech rozdziałów jest *pokazanie łatwego podejścia* do przedstawiania maszyn. Jako punkt wyjścia posłużą przykłady prostych, intuicyjnych rozwijanych starodawnych narzędzi. Nie chodzi przy tym o ich przedstawienie z punktu widzenia historii techniki. To, co jest proste, umyka podczas opisywania najnowszych maszyn i urządzeń, ponieważ ucieka się zwykle w wysokie stopnie abstrakcji, tzn. pojęcia i prawa. Poznanie tego, co jest proste, jest jednak ważne dla zrozumienia związków i podobieństw między poszczególnymi przedmiotami, które razem tworzą treści nauczania

techniki. Wynika to stąd, że proste zawarte jest w złożonym (skomplikowanym) i pozwala łatwiej rozpoznawać wiedzę podstawową.

Celem drugim jest *pokazanie przejrzystej i nieskomplikowanej metody* przedstawiania tego, co moglibyśmy nazywać całością świata maszyn i urządzeń technicznych, a może nawet całością techniki. Chodzi o swego rodzaju metodę całościową, która mogłaby być przyswajana (zapamiętywana) i mogłaby służyć jako szkielet porządkowy dla przyjmowania informacji. Nie mniej ważne jest *pokazanie sposobów myślenia*, które z reguły umykają podczas przedstawiania konkretnych rzeczy. Chodzi tu o myślenie pojęciami, metody abstrakcji oraz analizę i syntezę jako metody naukowe.

Celem trzecim jest *pokazanie roli przetwarzania informacji podczas budowy i eksploatacji maszyn*.

### **Komunikacja językowa i rysunkowa**

Aby porozumieć się w sprawie jakiegoś zadania naukowego czy technicznego, posługujemy się językiem. Musi on spełniać określone wymagania. Musi odzwierciedlać, na przykład w formie języka codziennego, każdorazowe sytuacje życiowe i wymagania. Dla naukowego ujmowania przyrody potrzebne są precyzyjne pojęcia, na które wybiera się, na przykład w medycynie czy biologii, wyrażenia łacińskie.

Dotychczas w technice wystarczały określenia, takie jak „narzędzie”, „przrząd”, „maszyna”, „aparat”, „agregat”, „urządzenie” itp., czyli język warsztatowy, fachowy. Dziś maszyny, aparaty i przyrządy są jednak dużo bardziej skomplikowane. Budowa i eksploatacja maszyn wymagają precyzyjnego języka naukowego, który będzie przedstawiony poniżej. Język ten służy nie tylko opisowi i budowie obiektów szczegółowych.

Ustalenie cech, za których pomocą opisuje się maszyny, ma dlatego duże znaczenie, ponieważ od opisanego zależy następujące po nim myślenie i działanie. I tak rysunek techniczny przedstawia opis konkretnego obiektu.

Nauka o budowie i eksploatacji maszyn posługuje się wieloma innymi naukami. Nauki te, ze swej strony, używają własnych języków, jak np. fizyka czy teoria sterowania. Przez zajmowanie się zagadnieniami należącymi do tych obszarów nie zauważamy, że poznajemy nowy dla siebie język do porozumiewania się na danym obszarze. Przez hierarchicznie stopniowane pojęcia tworzony jest, za pomocą takiego języka, pewien porządek w jakościowym opisie różnorodnych przedmiotów lub zjawisk. W naukach przyrodniczych, i nie tylko przyrodniczych, opis jakościowy jest zwykle uzupełniany opisem ilościowym. Matematyka oferuje nam wiele sposobów takiego opisu.

Komunikacji czy wymianie informacji, obok mowy, służy pismo. W technice przez pojęcie pisma rozumie się zwykle te wszystkie rodzaje przedsta-

wiania czegoś, które zaczynają się od symboli elementów powtarzalnych, ich połączeń, aż do różnych rodzajów rysunków, także wytwarzanych maszynowo. Znajomość symbolicznego, rysunkowego przedstawiania rzeczy technicznych należy do podstawowego wyposażenia inżyniera czy nauczyciela techniki. Dotyczy ona coraz bardziej każdego z nas, o czym możemy się przekonać na ulicy czy w środkach transportu. Symbole i rysunki mają dużą gęstość informacji i, co jest szczególnie ważne, są pismem międzynarodowym.

Tak więc jasne się teraz staje, że na początku studiowania zagadnień technicznych należy najpierw nabyć umiejętności porozumiewania się w obszarze techniki.

### *Sposób przedstawiania*

Od stuleci znana jest w dydaktyce *zasada przystępności* (poglądowości). Polega ona na tym, że podczas prezentowania danego zagadnienia wychodzi się od konkretnego, dostępnego przykładu, a dopiero potem wyprowadza się rozważania abstrakcyjne. Chodzi o to, aby postępować od rzeczy prostych do złożonych (skomplikowanych), od znanych do nieznanych, od bliskich do dalekich, od łatwych do trudnych, od konkretnych do abstrakcyjnych. W ten sposób znacznie ułatwia się uczniowi dojście do materiału naukowego. Dlatego jako punkt wyjścia do studiowania istoty techniki, a szczególnie budowy i eksploatacji maszyn, będą nam służyć łatwo dostępne, *konkretne przykłady - znane narzędzia lub przyrządy*. Przy tym zawsze będzie zachowany ten sam plan postępowania. Po wskazówce motywującej podawany będzie cel merytoryczny (techniczny) lub istota rzeczy, a następnie cel uczenia się (cel operacyjny, wykonawczy) jako umiejętność do nabycia. Kolejnym etapem będzie nawiązanie do wiedzy dotychczasowej. Objaśnianie charakterystycznych cech narzędzi i przyrządów odbywać się przez abstrahowanie lub odrzucanie tego, co nieistotne. Przy takim postępowaniu, które jest w istocie analizą, pojawiają się cechy strukturalne, niezbędne do opisu narzędzi. Podczas procesu odwrotnego, czyli syntezy, postępuje się od abstrakcyjnych cech strukturalnych do konkretnego narzędzia. Każdy rozdział będzie posumowywany w postaci wniosków.

### *Jakie są podstawowe rodzaje maszyn?*

To, co chcemy przedstawić poniżej, powinno pokryć szeroki obszar wszystkich maszyn i urządzeń - od narzędzi do mikroprocesorów. Wraz ze znajomością struktur maszyn otrzymuje się pewien szkielet skojarzeniowy (wiedzę wstępną), za którego pomocą można wiązać stare i nowe informacje. A taka możliwość powiązania informacji bardzo ułatwia uczenie się.



Bardzo ważny jest wybór cech lub pojęć, za których pomocą maszyny będziemy opisywać. Wyobrażenia o powstawaniu maszyn, szczególnie nowych, zmieniły się. Dotychczas uważano, że nowe rozwiązania zadań technicznych powstają przez wiedzę uzyskaną z natchnienia, przez tworzenie powiązań obrazów myślowych, podobnie jak w sztuce. Oczywiście możliwość ta istnieje nadal. Ale, w przeciwieństwie do tego, rozwinęło się także racjonalne, logiczne, naukowe podejście do rozwiązywania zadań technicznych. Polega ono na czymś zupełnie innym niż zajmowanie się poszczególnymi obiektami, wychodząc z ich wyglądu czy rysunku. Chodzi tu raczej o rozmyślanie nad strukturami maszyn i o tworzenie systemu pojęciowego do porządkowania ich różnorodności. Jest to trudność, której należy się podporządkować, tak samo jak oczywiste jest nauczanie się tabliczki mnożenia. Liczba punktów widzenia, jakie należy rozpatrzyć podczas budowania i eksploataowania dzisiejszych maszyn, stała się bowiem tak duża, że nie dają się one opanować w sposób intuicyjny.

Według Rodenackera [1983] mamy do czynienia z trzema obszarami zadań technicznych. Zadania te służą spełnianiu następujących trzech ogólnych potrzeb lub wymagań człowieka (nie biorąc pod uwagę walki):

1) *ulżeniu warunkom życia* - przez przygotowanie materiałów, wytworzenie środków żywności, ubrania, ewentualnie za pomocą narzędzi itd.,

2) *ulżeniu pracy fizycznej* - przez przekształcenie ruchów niewygodnych w wygodniejsze, łatwiej wykonalne, aż do wykorzystania mocy zwierząt i źródeł energetycznych przyrody,

3) *ulżeniu kontroli* nazwanych wyżej czynności - przez śledzenie czynności za pomocą oczu i przez sterowanie za pomocą dłoni, aż do uczynienia tych czynności i procesów samoczynnymi, do ich zautomatyzowania i zrobotyzowania.

Te usiłowania, mające na celu ulżenie człowiekowi, są związane - jak wszystkie zdarzenia w świecie technicznym - z procesami fizykalnymi, chemicznymi i biologicznymi. Przedstawione trzy obszary można więc dlatego odnieść do odpowiednich obszarów fizykalnych (także chemicznych i biologicznych), które mogą być scharakteryzowane, odpowiednio, przez:

- zmienianie (przetwarzanie) *materiału*;
- zmienianie ruchów lub sił, czyli przetwarzanie *energii* oraz
- zmienianie fizykalnych właściwości energii i materiału, czyli przetwarzanie *sygnału* (informacji).

To ostatnie przetwarzanie wynika stąd, że właściwości przetworzonych produktów mogą być odbierane i obrabiane jako sygnały, a te jako nośniki informacji.

Jako przykłady dla wyprowadzenia struktur maszyn w tych trzech obszarach posłużą narzędzia znane od co najmniej kilku tysięcy lat. Przykłady te pokazują, że narzędzia wynalezione intuicyjnie rozwijały się bardzo wolno; że praca intuicyjna wymaga długiego czasu, ponieważ opiera się na osiągnięciach przypadkowych. Postęp został przyspieszony przez racjonalne sposoby pracy i ich unaukowienie. Dlatego w centrum poniższych rozważań nie będzie stać technika prehistoryczna, lecz *pozostający stałym przez tysiąclecia sposób myślenia*, który dopiero niedawno stał się świadomy.

## Rozdział 13.

### Maszyny i urządzenia do przetwarzania materiałów

Obchodzenie się z narzędziami i obróbka materiałów należą do pierwszych przeżyć z techniką. Umiejętność praktyczna przynosiła i przynosi pierwsze skuteczne wyniki. Czyż nie należy do najcenniejszych doświadczeń piłowanie kawałka metalu, który musi pasować w inny element, czy nastawienie tokarki i wytoczenie elementu cylindrycznego. Zobaczyć własny rysunek przekształcony w część, którą można wziąć do ręki, jest wrażeniem jakże często przypominanym później, nawet wtedy, gdy później z własnej pracy powstają całe maszyny czy urządzenia. Z takich przeżyć uzyskuje się pewność i zaufanie do samego siebie, szczególnie gdy liczba i rodzaj nieuniknionych potknięć i błędów pozostaje mała. Ważne jest tylko to, aby skromnie zacząć.

Celem merytorycznym tego rozdziału jest wyprowadzenie istotnych cech dowolnego systemu, w którym materiał jest obrabiany, przerabiany, wytwarzany, przetwarzany itp. Celem operacyjnym - nabycie umiejętności zastosowania podstawowych pojęć i metod analizy i syntezy w technice wytwarzania.

#### *Analiza*

Obróbka materiałów jest szczególnie łatwo dostępnym obszarem. Czynnościami, towarzyszącymi bytowaniu człowieka od czasów prehistorycznych, są: zdobywanie pożywienia, obróbka drewna, kamienia, metali, gliny, skór i włókien. Do tego należy rozwój narzędzi służących ulżeniu tej pracy. Jedno z takich narzędzi jest naszym przykładem. Jest to liczący sobie kilka tysięcy lat nóż, który do dziś nie zmienił swej podstawowej formy<sup>1</sup>. Nóż stał się jądrem wielu dzisiejszych obrabiarek, za których pomocą usuwany jest materiał z przedmiotu obrabianego.

---

<sup>1</sup> Kopaliński w „Opowieściach o rzeczach powszednich” (Nasza Księgarnia, Warszawa 1988, s. 42) podaje, że noży z brązu używano już 3500 lat temu powszechnie w Europie, a Rzymianie wytwarzali noże stołowe o stalowych ostrzach.

Podczas przedstawiania narzędzi lub maszyn chodzi najpierw przede wszystkim o wybór cech opisujących, czyli tzw. deskryptorów. W technice nadal pozostaje czymś niezwykłym rozmyślanie nad tym, za pomocą jakich pojęć należy scharakteryzować to, co w danym narzędziu jest istotne i jakie pojęcia zawarte są w jego cechach. A możliwe są przecież różne rodzaje opisu. Weźmy choćby przypadek książki kucharskiej. Mamy tam trzy stosowane rodzaje przedstawienia:

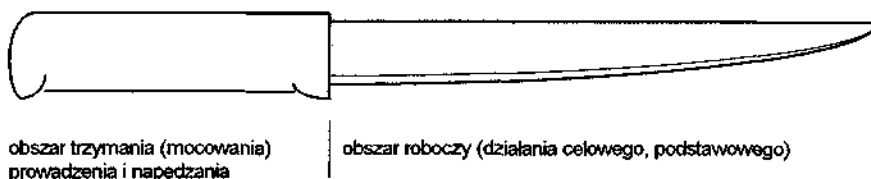
- dane o *wyglądzie* gotowej potrawy - widok objaśniony dodatkowo fotografią kolorową;
- dane o *sposobie przygotowywania (wytwarzania)* potrawy - przygotowanie materiałów wyjściowych i dodatków, kolejność ich dodawania,
- temperatury, przyprawy itd., czyli recepta, przepis, oraz
- dane o *działaniu* potrawy z punktu widzenia zdrowego odżywiania.

Jest to może zadziwiające, ale narzędzie „nóż” daje się opisać w podobny sposób:

- można wyjść od *widocznych części noża.*: ostrza i uchwytu (rękojeści). Jest to najbardziej stosowany rodzaj opisu - opis wyglądu zewnętrznego;
- można wyjść ze *sposobu wytwarzania noża.*, od surowego materiału przez wszystkie etapy wytwarzania aż do gotowego narzędzia, oraz
- można wyjść od *cech użytkowych* noża, czyli od działania poszczególnych jego części.

My wyjdziemy od tego ostatniego, od cech użytkowych. Nie jest to typowy sposób przedstawiania obiektów techniki, ale obiecuje nową wiedzę. W każdej maszynie muszą przecież być części, z których wywodzi się jej charakterystyczne działanie. Części te przedstawiają to, co można nazwać niezmiennikami lub cechami ogólnymi. Dla tak prostego narzędzia jak nóż rozważania tego rodzaju mogą wydawać się zbyt skomplikowane. Chodzi jednak o to, aby za pomocą prostego, przejrzystego przykładu łatwo rozpoznać metodę, która daje się sensownie stosować dopiero w przypadku narzędzi i maszyn bardziej skomplikowanych.

Podczas użytkowania noża dobrze jest rozróżniać obszary narzędzia, które, z punktu widzenia swego przeznaczenia czy funkcji, powinny otrzymać inne określenia niż nazwy obiegowe czy warsztatowe. Chodzi tu o rozróżnianie następujących obszarów (rys. 13.1):



Rys. 13.1. Nóż kuchenny i jego obszary

- obszaru *roboczego*,
- obszaru *trzymania (mocowania) i prowadzenia*, oraz
- obszaru *napędzania*.

Pierwszy dotyczy ostrza, następne uchwytu. Uchwyt noża spełnia bowiem kilka funkcji. Zastanówmy się teraz nad działaniem poszczególnych obszarów narzędzia jakim jest nóż.

### Środki działania

Działanie obszaru roboczego noża wywodzi się z:

- *powierzchni działania* (ostrze), które tworzą kąt, oraz
- *ruchu działania*, wywołanego przez ruch ręki, który może być bardzo różny: od prostego ruchu posuwistego w poprzek do ostrza (tak krajemy np. sery twarde), przez kombinację tego ruchu z ruchem posuwistym wzdłuż ostrza (wszelkiego rodzaju ścinanie tzw. jednym cięciem) do kombinacji ruchu posuwistego w poprzek ostrza z ruchem posuwisto-zwrotnym wzdłuż ostrza (tak krajemy zwykle chleb).

Środkami działania są więc konkretne powierzchnie i ruchy działania. Są one wyróżnione jako cechy istotne lub porządkujące, ponieważ występują w ogromnej większości narzędzi i maszyn. Pozostawienie mniej ważnych cech szczególnych nazywa się *wyodrębnianiem* (abstrahowaniem) tego, co istotne. Cechy szczególnie obszaru roboczego noża przedstawia tabela 13.1.

### Fizykalna zasada działania

Wszystkie działania w technice mogą być - nie uwzględniając procesów chemicznych i biologicznych - uzasadnione fizykalnie<sup>1</sup>. Zjawisko fizykalne na powierzchniach działania ostrza noża polega na wgłębianiu się materiału twardszego w mniej twardy (miękki). U podstaw środków działania leży fizy-

<sup>1</sup> Używamy przymiotnika "fizykalny", a nie "fizyczny". Chodzi o jednoznaczne odniesienie do fizyki, a nie do fizyczności w ogóle.

kalna zasada działania. W przypadku noża jest to „krajanie”. Jest to cecha ogólna noża, mająca charakter przyczynowy.

Są jednak także narzędzia, które mają inne fizykalne zasady działania: „skrawanie” czy „kruszenie”. Ich objaśnienie pokazuje rysunek 13.2 i tabela 13.2. Fizykalna zasada działania pozwala więc, jako pojęcie nadrzędne, ująć razem dużą liczbę różnorodnych powierzchni działania i ruchów działania.

Tabela 13.1.

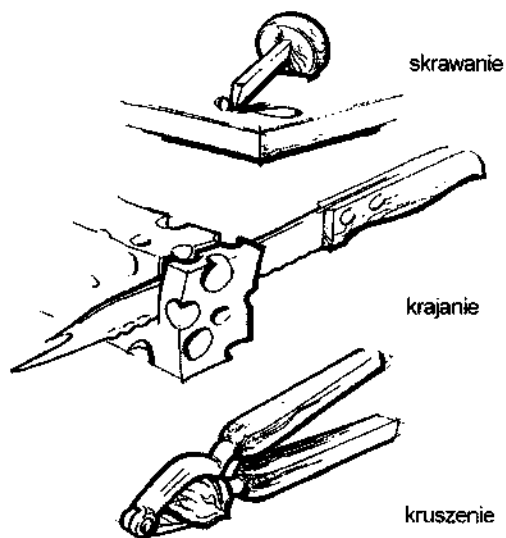
Cechy szczególne noża kuchennego

<b>Punkt widzenia</b>	dotyczy systemu
<b>Narzędzie</b>	kuchnia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kąt utworzony przez powierzchnie działające podczas obróbki potraw</li> <li>• kąt przyłożenia narzędzia do przedmiotu obrabianego</li> <li>• ruch narzędzia</li> <li>• zużycie narzędzia</li> </ul>	
<b>Wytwarzanie narzędzia</b>	wytwarzanie
materiał, obróbka, hartowanie, szlifowanie	
<b>Operowanie narzędziem</b>	człowiek
masa (szerokość, długość) uwarunkowana ergonomicznie	
<b>Utrzymywanie stanu narzędzia</b>	człowiek
ostrzenie (bezpieczne)	
<b>Bezpieczeństwo</b>	środowisko
zabezpieczenie przed niepożądanym użyciem (np. przez dzieci)	

Istnieje wiele narzędzi o tej samej fizykalnej zasadzie działania. Różnią się one tylko powierzchniami działania i ruchami działania, jak to pokazują tabele 13.3 i 13.4.

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na różnice między skrawaniem, krajaniem i kruszeniem. Te trzy fizykalne zasady działania można ująć za pomocą nadrzędnego pojęcia „rozdrabnianie”. To, co różni te trzy procesy fizykalne (mechaniczne), to przede wszystkim geometria materiału rozdrobnionego. I tak, w przypadku skrawania efektem są wióry; w przypadku krajania - określone, zamierzone elementy (np. kromki chleba czy plasterki kiełbasy o danej grubości, kostki o danym rozmiarze itp.); w przypadku kruszenia - elementy o nieregularnym kształcie. Podczas skrawania i krajania tor narzędzia ma decydujący wpływ na kształt rozdrobnionych elementów; podczas kruszenia wpływ ten jest prawie żaden, powierzchnie podziału odpowiadają

powierzchniom najmniejszych naprężeń w materiale rozdrabnianym, a nie to-  
rowi, po jakim poruszają się elementy robocze narzędzia.



Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 13.2. Różne zasady działania

Tabela 13.2.

Narzędzia o różnych fizykalnych zasadach działania

<b>Skrawanie:</b> rylec	
powierzchnia działania:	ostrze
ruch działania:	posuwisty
<b>Krajanie:</b> nóż	
powierzchnia działania:	mały kąt klina tworzącego powierzchnie ostrza
ruch działania:	cięcie poprzeczno-ciągące
<b>Kruszenie:</b> dziadek do orzechów	
powierzchnia działania:	powierzchnie zaciskające
ruch działania:	ruch zaciskania (ze wzmocnieniem siły za pomocą dźwigni)

Źródło: Rodenacker 1983

Tabela 13.3.

Narzędzia o tej samej fizykalnej zasadzie działania (krajaniu); różnice - powierzchnie działania, ruchy działania

<b>Nóż do krajania sera</b>	(rys. 13.2)
powierzchnia działania:	ostrze (strona przednia)
nich działania:	posuwisty, prostopadły do ostrza
<b>Nóż do krajania chleba</b>	
powierzchnia działania:	seria ostrzy, jedno za drugim
ruch działania:	posuwisty, prostopadły do ostrza + posuwisty zwrotny, równoległy do ostrza
<b>Krajacz do jaj</b>	
powierzchnia działania:	zespół równoległych, jednakowych ostrzy (cienkich drutów)
ruch działania:	ruch obrotowy

Tabela 13.4.

Narzędzia o tej samej fizykalnej zasadzie działania (skrawaniu); różnice - powierzchnie działania, ruchy działania

<b>Rylec (miedziorytniczy)</b>	(rys. 13.2)
powierzchnia działania:	ostrze (strona przednia)
ruch działania:	posuwisty (dłonią)
<b>Piła</b>	
powierzchnia działania:	seria ostrzy, jedno za drugim; wąska taśma
ruch działania:	ruch posuwisty
<b>Przeciągacz</b>	
powierzchnia działania:	seria zamkniętych ostrzy, rosnące wymiary ostrzy
ruch działania:	ruch skokowy

Źródło: Rodenacker 1983

### Zamierzony działanie (przeznaczenie, funkcja)

Przedstawione fizykalne zasady działania - krajanie, skrawanie i kruszenie - mają wspólną cechę abstrakcyjną. Ich zamierzone działanie, przeznaczenie lub funkcja polegają na cięciu (rozcinananiu, odcinaniu), czyli dzieleniu (rozdzielaniu, oddzielaniu) przedmiotów. Przy tym nazwa funkcjonalna „dzielenie” wydaje się być lepsza niż „cięcie”, ponieważ, w przeciwieństwie



do tego ostatniego<sup>1</sup>, daje się uwolnić od każdego wyobrażenia fizycznego. Dzieli się np. nierówne pojęcia, jak las i drzewo. Dzielenie jest, jak to się jeszcze okaże, tylko jedną z możliwych funkcji pozwalających rozwiązać zadanie zmiany kształtu materiału obrabianego. Za pomocą pytania o funkcję można rozpoznać podobieństwa między narzędziami i maszynami; podobieństwa, których inaczej by nie znaleziono. Jest to szczególnie słuszne dla struktur funkcjonalnych o większym skomplikowaniu. I tak np. silnik tłokowy i nasiębieczne koło wodne wykazują strukturę samosterowanego, samoczynnego przerywacza.

Wyabstrahowaną wyżej funkcję „dzielenie” można spełnić za pomocą licznych fizykalnych zasad działania. Do zasad tych można dojść przez systematyczne „odpytywanie” poszczególnych rozdziałów fizyki, jak to pokazuje tabela 13.5. W ten sposób otrzymuje się możliwości wyboru.

Tabela 13.5.

## Fizykalne sposoby dzielenia (przykłady)

mechaniczny	nóż
hydrauliczny	strumień cieczy o wysokim ciśnieniu
elektryczny	cięcie elektroerozyjne
galwaniczny	kąpiel galwaniczna
elektroniczny	strumień elektronów
termiczny	palnik acetylenowy
optyczny	promień laserowy

Źródło: Rodenacker 1983

Wyabstrahowanie funkcji (przeznaczenia) jako pojęcia nadrzędnego, odrzucenie fizykalnej zasady działania i środków działania sprawia często, co wydaje się dziwne, dużo trudności. Posługiwanie abstrakcjami matematyki jako modelami konkretnych procesów wydaje się nam zwykle normalne i nieuniknione. W przypadku wprowadzenia „płaszczyzny funkcjonalnej” podczas konstruowania maszyn brakuje jednak przekonania o jej użyteczności. Użyteczność tę widać jednak od razu w skomplikowanym przypadku sterowań maszyn, gdzie najpierw zaczyna się od struktury funkcjonalnej, nie myśląc w ogóle o wykonaniu fizycznym.

Trzy cechy - środki działania, fizykalna zasada działania i zamierzone działanie - powadzą do precyzyjniejszej charakterystyki pojęć technicznych

<sup>1</sup> Przez cięcie rozumie się zwykle ogólną nazwę procesów dzielenia przedmiotów; por. *Leksykon naukowo-techniczny*, Warszawa PWN, 1974.

pochodzących zwykle z języka warsztatowego czy obiegowego. Oto kilka przykładów. Treść pojęcia „technika wytwarzania” obejmuje zwykle obrabiarki, techniki łączenia (np. spawalnictwo), odlewnictwo i obróbkę plastyczną. Pod nazwą „obrabiarki” kryją się maszyny skrawające, aczkolwiek istnieją obrabiarki o innych funkcjach niż „dzielenie”.

Technika łączenia dotyczy funkcji „łączenie”, „wiązanie”. Może być ona spełniana przez liczne fizykalne zasady działania za pomocą odpowiednich środków działania. Pojęcia „obróbka plastyczna” i „odlewnictwo” dotyczą z jednej strony funkcji „przeprowadzenie z materiału plastycznego w stały kształt” (obróbka plastyczna), z drugiej zaś chodzi o konkretne nazwanie procesu fizykalnego do przeprowadzenia ciekłego materiału w stan stały w jakiejś formie (odlewnictwo).

Innym przykładem jest pojęcie „rozdrabnianie”. Zwykle przez rozdrabnianie rozumie się mechaniczne dzielenie materiału na drobne części (przez kruszenie, rozgniatanie, rozrywanie, ścieranie itd.)<sup>1</sup>. Rozkładanie (demontaż) nie powoduje zmiany materiału.

Maszyny energetyczne często dzieli się na tłokowe i przepływowe. Tłok jest określeniem powierzchni działania, przepływ - fizykalnej zasady działania. Pojęcie wymiennika ciepła dotyczy fizykalnej zasady działania, pojęcie wytwarzacza pary dotyczy zaś typu obiektu, składającego się z reaktora i wymiennika ciepła.

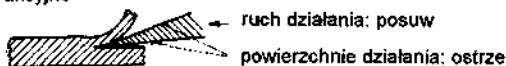
W fizyce mogą być stosowane tylko precyzyjne pojęcia z jasnymi definicjami. Jest to warunek przejścia z jakościowego opisu jakiegoś zjawiska fizykalnego do opisu ilościowego.

Konstruowanie maszyn jeszcze do niedawna traktowano jako sztukę polegającą na powiązaniu intuicji ze sprawdzonym wzorcem. Dziś usiłuje się podczas konstruowania stosować systematyczny lub metodyczny sposób myślenia. Elementami takiego myślenia są pojęcia, które stosowane są w tych rozważaniach. Ich porządek hierarchiczny, wynikający z przedstawionych zależności przyczynowych, określa sposób postępowania podczas konstruowania. Stąd wymaganie precyzyjnych pojęć w budowie i eksploatacji maszyn.

Przedstawienie stopni abstrakcji może odbywać się także za pomocą rysunku. Wtedy usuwa się ostatnie przeszkody podczas przyswajania stopni abstrakcji. Pokazuje to rysunku 13.3, na którym w zasadzie dla „zamierzonego działania” lepsze jest nie konkretne, lecz abstrakcyjne przedstawienie za pomocą symboli.

<sup>1</sup> por. Leksykon naukowo-techniczny, Warszawa, PWN 1974.

środki działania: konkretne, konstrukcyjne



zasada działania: fizykalna  
ogólna: przetwarzanie materiału  
szczególna: skrawanie



zamierzone działanie, funkcja: dzielenie



przedstawienie rzeczywiste  
*konkret*



przedstawienie symboliczne  
*abstrakt*

Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 13.3. Stopnie abstrakcji

### *Pozostałe części noża*

Takie samo potraktowanie poszczególnych stopni abstrakcji środków działania, fizykalnej zasady działania i funkcji (przeznaczenia) pozwala się oczywiście zastosować do obszarów mocowania (trzymania), prowadzenia i napędzania noża. Poszczególne cechy są zestawione w tabeli 13.6.

Rozważenie poszczególnych obszarów prostego narzędzia, jakim jest nóż, w trzech płaszczyznach abstrakcji przynosi zróżnicowanie lub wyszczególnienie cech, które są przydatne podczas opisu bardziej skomplikowanych maszyn.

Powierzchnie działania i ruchy działania odcinków noża dają się łatwo rozpoznać jako konkretne cechy. Wprowadzone na początku pojęcia przetwarzania materiału, energii i sygnału są także reprezentowane w tym prostym przypadku. Jeżeli chodzi o przetwarzanie energii, to jako fizykalne zasady działania występują: przyłożenie siły mocowania lub trzymania i połączenie nośnika energii (ręka) z narzędziem (nóż)). Przetwarzanie sygnału, ujęte w postaci sygnałów obserwacyjnych oka człowieka, przetwarzanych w rozkazy dla mięśni, może tu być potraktowane tylko globalnie. Rozpoznanie funkcji poszczególnych obszarów noża nie jest oczywiście trudne. Sens i korzyść tych abstrakcji będzie jasny, gdy ma się przed oczami, że dla jednej funkcji także

tu może być podanych wiele fizykalnych zasad działania, aby móc wybrać najwłaściwszą zasadę działania. Jak do tej pory, podczas najczęściej spotykanej fizykalnej analizy struktury maszyny, każdorazowa funkcja elementu konstrukcyjnego jest milcząco zakładana.

Tabela 13.6.

Stopnie abstrakcji zastosowane do obszarów trzymania (mocowania), prowadzenia i napędzania noża

---

### **Obszar mocowania**

obiekt:	rękojeść noża
powierzchnia działania:	powierzchnia rękojeści / powierzchnia dłoni
ruch działania:	brak; stan spoczynku rękojeści względem dłoni
fizykalna zasada działania:	<i>ogólna</i> - przetwarzanie energii; <i>szczególna</i> - przyłożenie siły napięcia mięśni dłoni
zamierzone działanie:	połączenie, powiązanie (narzędzia z dłonią)

### **Obszar prowadzenia**

obiekt:	także rękojeść noża
powierzchnia działania:	powierzchnia rękojeści
ruch działania:	ruch prowadzenia przez rękę
fizykalna zasada działania:	<i>ogólna</i> - przetwarzanie sygnału; <i>szczególna</i> - przetwarzanie sygnałów obserwacji w rozkazy dla mięśni
zamierzone działanie:	przewodzenie (narzędzia dłonią)

### **Obszar napędzania**

obiekt:	także rękojeść noża
powierzchnia działania:	także rękojeść noża
ruch działania:	ruch posuwisty (poprzecznie do ostrza) + posuwisty zwrotny (wzdłuż ostrza)
fizykalna zasada działania:	<i>ogólna</i> - przetwarzanie energii; <i>szczególna</i> - przetwarzanie energii mięśni ręki w siłę krajania noża

zamierzone działanie:	połączenie nośnika energii (ręki) z narzędziem (nóż)
-----------------------	--

---

## ***Maszyny do krajania nożem (krajalnicą do chleba)***

Zalety opisu w trzech płaszczyznach abstrakcji są szczególnie widoczne w przypadku maszyn. Rozpatrzmy przykład maszyny do krajania jaką jest kuchenna krajalnica do chleba. Z punktu widzenia funkcji i fizykalnych zasad działania nie istnieje żadna różnica między krajalnicą a omawianym przez nas nożem. Nie jest to dziwne, ponieważ w krajalnicy zastosowany jest nóż. Różnice między krajalnicą a nożem dotyczą cech konstrukcyjnych, środków działania, które przewidziane są także dla trzymania i prowadzenia przedmiotu krajanego, czyli chleba (tab. 13.7).

Tabela 13.7.

## Cechy konstrukcyjne kuchennej krajalnicy do chleba

Środki działania	Obszar roboczy	Mocowanie	Prowadzenie	Napędzanie
<i>Narzędzie</i>				
<i>Powierzchnia działania</i>	nóż tnący (nóż tarczowy)	łożyska czopów osi noża tarczowego	łożyska czopów osi noża tarczowego	przekładnia + korba, przekładnia + silnik elektryczny
<i>Ruch działania</i>	obrotowy	ruch mocowania	nich prowadzenia	obrotowy
<i>Przedmiot krajany (chleb)</i>				
<i>Powierzchnia działania</i>	powierzchnia kromki o określonej grubości	dociskanie ręką do podstawy krajalnicy i zderzaka czoła bochenka	wzdłuż podstawy krajalnicy i zderzaka czoła bochenka	ręka
<i>Ruch działania</i>	posuwisty	posuwisty (dosuwanie za pomocą ręki)	posuwisty	posuwisty

Przy takim sposobie rozpatrywania wszystkie maszyny, w których zastosowany jest nóż, różnią się tylko względnym ruchem narzędzia i przedmiotu obrabianego, jak to pokazuje tabela 13.8. Szczegóły, którymi się różnią, dotyczą kształtowania środków działania.

Tabela 13.8.

## Typy maszyn do krajania z jednym lub wieloma nożami

Ruch działania przedmiotu obrabianego	Ruch działania narzędzia	Nazwa maszyny
posuwisty	spoczynek	szatkownica do jarzyn, tarka
spoczynek	ruch obrotowy	szatkownica do jarzyn (rotacyjna)
		krajacz do jaj

Do skonstruowania krajalnicy potrzebne są jeszcze dalsze informacje szczegółowe, zestawione przykładowo w tabeli 13.9.

Do tego dochodzą jeszcze wszystkie dane dotyczące usuwania zakłóceń w maszynie i istotne dla utrzymania jej w stanie poprawnego funkcjonowania.

Wszystko to uzmysławia złożoność pracy konstrukcyjnej. Złożoność ta daje się lepiej zrozumieć, gdy rozpoczynamy od tego, co jest proste.

Przedstawiany tu opis maszyn można nazwać strukturalno-analitycznym. Jest on łatwiejszy do przyswojenia niż powszechnie stosowany opis obiektowy, w którym zgodność i podobieństwo różnych maszyn nie występują tak wyraźnie.

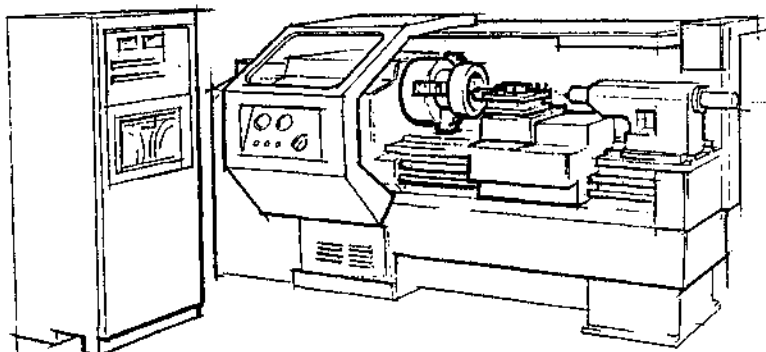
Tabela 13.9.

Cechy opuszczone podczas analizy krajalnicy

Informacje do zdobycia i uzupełnienia podczas konstruowania krajalnicy do chleba	
<i>Cechy konstrukcyjne maszyny</i>	
dotyczące po-	zamocowanie noża w korpusie maszyny
wierzchni działania	zamocowanie bochenka chleba
	postać korpusu maszyny
dotyczące ruchu	wybór prędkości cięcia (prędkości obwodowej noża)
roboczego	wybór prędkości krajania (dosuwania bochenka do noża)
	przygotowanie ruchów napędowych (przekładnie, silnik)
<i>Fizykalne cechy</i>	geometria ostrza
<i>procesu krajania</i>	geometria przyłożenia narzędzia do przedmiotu obrabianego
	materiał: przedmiotu obrabianego, narzędzia
	inne czynniki wpływające na proces krajania:
	przepływ materiału (kromki)
	świeżość chleba
	zużycie ostrza
<i>Cechy sterowania</i>	nastawianie grubości kromki

## Złożone maszyny z nożem (tokarka)

Zalety opisu w trzech płaszczyznach abstrakcji są szczególnie widoczne w przypadku znacznie skomplikowanych maszyn skrawających. Jako przykład wybraliśmy tokarkę (rys. 13.4). Jeżeli chodzi o funkcje i fizykalne zasady działania, to nie istnieje żadna różnica między maszyną i narzędziem. Nie jest to dziwne, ponieważ w tokarce jest zastosowany nóż. Różnice dotyczą cech konstrukcyjnych środków działania. Środki te przewidziane są także dla trzymania przedmiotu obrabianego (tabela 13.10).



Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 13.4. Tokarka

Tabela 13.10.

## Cechy konstrukcyjne tokarki

Środki działania	Obszar roboczy	Mocowanie	Prowadzenie	Napędzanie
<b>Narzędzie</b>				
<i>Powierzchnia działania</i>	nóż tnący (nóż tokarski)	zacisk imarka narzędziowego (uchwyt noża)	suport na łożu tokarki	wałek pociągowy, wałek pociągów <sup>1</sup> suportu poprzecznego
<i>Ruch działania</i>	podłużny + poprzeczny	ruch mocowania	ruchy suportu krzyżowego	obrotowy posuwu poprzecznego + obrotowy posuwu wzdłużnego
<b>Przedmiot skrawany (wał stalowy)</b>				
<i>Powierzchnia działania</i>	powierzchnia obrotowa o określonych wymiarach	zaciśnięcie między kłami	łożyskowanie kłowe (stożkowe)	sercówka
<i>Ruch działania</i>	obrotowy	ruch dosuwania konika	obrotowy kł konika. konik w spoczynku	napęd wrzeciona

Źródło: Rodenacker 1983

Do skonstruowania tokarki potrzebne są jeszcze dalsze informacje szczegółowe, zestawione przykładowo w tabeli 13.11. Do tego dochodzą jeszcze dane dotyczące unieszkodliwienia zakłóceń w maszynie. Są one ważne z punktu widzenia utrzymania tolerancji wymiarów przedmiotu obrabianego. Nowoczesne tokarki wyposażone są w szafę, w której znajduje się sterowanie automatyczne. Są w nim umieszczone programy do wytwarzania określonych części obrotowych. Wtedy tylko części surowe i części gotowe są dostarczane lub odbierane ręcznie.

Tabela 13.11.

Cechy opuszczone podczas analizy tokarki

Informacje do zdobycia i uzupełnienia podczas konstruowania	
<i>Cechy konstrukcyjne tokarki</i>	
dotyczące powierzchni działania	zamocowanie narzędzia zamocowanie przedmiotu obrabianego podłoże maszyny, korpus maszyny
dotyczące ruchu roboczego	przygotowanie ruchów napędowych (napęd) wybór posuwu i odpowiednie przekładnie wybór prędkości skrawania
<i>Fizyczne cechy procesu skrawania</i>	geometria ostrza geometria przyłożenia narzędzie / przedmiot obrabiany materiał: przedmiotu obrabianego, narzędzia inne czynniki wpływające na proces skrawania: przepływ materiału (wióra), zużycie ostrza noża, ciecz robocza, środki smarujące, temperatury, odkształcenia, drgania
<i>Cechy sterowania</i>	sterowanie ręczne sterowanie automatyczne

Źródło: Rodenacker 1983

Przy takim sposobie rozpatrywania wszystkie maszyny do skrawania, w których zastosowany jest nóż, różnią się tylko względnym ruchem narzędzia i przedmiotu obrabianego, jak to pokazuje tabela 13.12. Jeszcze raz widać, że strukturalno-analityczny opis maszyn jest łatwiej przyswajalny niż opis obiektowy. W tym ostatnim zgodność i podobieństwo różnych maszyn nie występują tak wyraźnie.



Typy maszyn do skrawania z jednym lub wieloma nożami

Ruch działania przedmiotu obrabianego	Ruch działania narzędzia	Nazwa maszyny
obrotowy (oś uchwyty pozioma)	spoczynek	tokarka
obrotowy (oś uchwyty pionowa)	spoczynek	tokarka karuzelowa
posuwisty	spoczynek	strugarka
spoczynek	obrotowy	frezarka
spoczynek	posuwisty	dłutownica
spoczynek	posuwisty	przeciągarka

Źródło: Rodenacker 1983

### Metody zmieniania materiałów (metody wytwarzania)

Wyprowadzony podczas analizy noża rodzaj (język) opisu pozwala włączyć w rozważania metody wytwarzania i przez to rozpoznać znaczenie trzech stopni abstrakcji. Tabela 13.13 wyszczególnia liczne mechaniczne metody dzielenia (oddzielania) przedmiotów. Metody te różnią się ostrzami dzielącymi, ich liczbą, geometrią, nieokreślonością zarysu ostrza, jak w przypadku ziaren ściernicy, oraz wielkością wiórów.

Tabela 13.13.

Mechaniczne metody dzielenia materiałów

#### ***Krajanie***

krajanie (nóż), strzyżenie (nożyce), siekanie (tasak) wycinanie (stempel), wybijanie (wybijak)

#### ***Skrawanie***

toczenie, wiercenie, frezowanie, struganie, piłowanie, szlifowanie, przeciąganie, dłutowanie, rozwiercanie, nacinanie gwintów, wygładzanie, wiórkowanie, polerowanie, skrobanie, honowanie

#### ***Kruszenie***

milenie (powierzchnia mieląca, młynek żarnowy), gniecenie (powierzchnia ugniatająca, móżdziej), uderzanie (powierzchnia uderzająca), młynek udarowy

Źródło: Rodenacker 1983

Obok funkcji dzielenia, jako zadania w technice wytwarzania, mamy także funkcję przeprowadzenia z kształtu w kształt w stanie plastycznym i ze stanu płynnego w kształt stały. W tabeli 13.14 znajdują się także metody łączenia (wiązania).

Metody wytwarzania dają się porządkować ogólnie według funkcji i fizycznej zasady działania. W tym miejscu można wytworzyć powiązanie

z wszystkimi metodami przetwarzania materiału (tab. 13.15 i 13.16), nie wchodząc w szczegóły poszczególnych metod.

Tabela 13.14.

Podstawowe funkcje (zmiany materiału) w technice wytwarzania

Funkcje	Przykłady
Dzielenie (rozdzielanie, oddzielanie) materiału	skrawanie krajanie kruszenie
Formowanie (zmienianie kształtu), wprowadzanie materiału do form	ze stanu płynnego w stały kształtowanie wstępne (z surowca) odlewanie spienianie (np. żużla) prasowanie proszku ze stanu stałego przez plastyczny w stały kształtowanie wstępne (z surowca) wyciskanie wyginanie ciągnięcie
Łączenie, wiązanie materiału z materiałem	spawanie, zgrzewanie tarciove klejenie powlekanie lutowanie naparowywanie

Źródło: Rodenacker 1983

Tabela 13.15.

#### Metody przetwarzania materiału

Funkcje	Metody mechaniczne	Metody fizyczne, niemechaniczne	Metody chemiczne	Metody fizykalno-chemiczne
Łączenie	wiązanie	zgrzewanie tarciove chromowanie dyfuzyjne	klej polimerujący	pokrycia galwaniczne
Dzielenie	skrawanie	cięcie palnikiem cięcie elektroerozyjne	trawienie	polerowanie elektrolityczne
Formowanie, wprowadzanie	kształtowanie bezwiorowe	odlewanie	napienianie	wytwarzanie miedzi elektrolitycznej

Źródło: Rodenacker 1983

Tabela 13.16.

Metody uzyskiwania/wytwarzania metali, tworzyw sztucznych, włókien i środków żywności

Etapy uzyskiwania	Metale	Tworzywa sztuczne	Włókna	Środki żywności
Surowce	ruda	ropa naftowa	uprawiona gleba	uprawiona gleba
Surowce przygotowane	stal	etylen	nasiona lnu	ziarno siewne
Półprodukty	profile, blacha	granulat polimeryzacji	przędza	owies
Produkty pośrednie	rama samochodu	obudowa odkurzacza	tkanina	płatki owsiane
Produkty gotowe	samochód	odkurzacz	koszula	odważone, zapakowane płatki owsiane

Źródło: Rodenacker 1983

## Synteza

Jest czymś normalnym, że technice stawia się wymagania. Przedstawiony tok myślenia należy więc odwrócić i wyjść od wymagań, jakie narzędzie lub maszyna powinna spełniać. Takim wymaganiem może być np. zmiana kształtu przedmiotu obrabianego. W celu pokazania różnic między analizą i syntezą, jako metodami, zostanie zachowany przykład noża. Punktem wyjścia nie jest tu jednak konkretne narzędzie, ale abstrakcyjne wymaganie. Wymaganiem tym niech będzie nadanie pożądanego kształtu przedmiotowi obrabianemu.

W celu spełnienia powyższego wymagania, za pomocą jakiejś metody obróbki, możliwe są trzy funkcje:

- dzielenie materiału,
- łączenie (wiązanie) materiału, lub
- przeprowadzanie (formowanie, przekształcanie) materiału z jednego kształtu w drugi.

Jako funkcję (zamierzone działanie) wybierzmy dzielenie.

Wśród fizykalnych zasad działania w celu realizacji rozdzielania możliwe są:

*zasady ogólne*: mechaniczne, hydrauliczne, elektryczne, chemiczne, termiczne, optyczne i inne. Jeżeli z powyższego zestawu wybierzemy *zasady mechaniczne*, to możliwe są: skrawanie, krajanie i kruszenie; jeżeli teraz wybie-

rzemy *skrawanie* na zasadę działania, to możliwe jest: skrawanie dużymi, małymi lub bardzo drobnymi wiórami; jeżeli teraz wybierzemy *duże wióry*, to określona jest także powierzchnia działania i ruch działania.

Narzędziem, odpowiadającym tym różnym wybranym możliwościom, jest np. odmiana noża *zwana przecinakiem* (pierwszy od góry na rys. 13.5), co było do pokazania.

Podczas gdy w skomplikowanym przypadku sterowań nie mamy żadnego kłopotu z zaakceptowaniem konieczności rozpatrzenia struktury funkcjonalnej, w przypadku prostych funkcji podstawowych istnieją pewne trudności. Wynika to prawdopodobnie stąd, że nie widzimy korzyści, jakie niesie rozwiązanie funkcji podstawowych.

Możemy powiedzieć, że pole rozwiązań zadania nadawania kształtu jakiegomuś przedmiotowi obrabianemu nie jest całkowite, jeżeli nie pomyślimy o trzech funkcjach:

1) dzieleniu (oddzielaniu) materiału do kształtu pożądanego, np. przez skrawanie;

2) łączeniu (wiązaniu) materiału z materiałem, np. przez spawanie, w celu osiągnięcia kształtu pożądanego;

3) przeprowadzeniu tego samego materiału z niepożądanego kształtu wyjściowego w pożądaną, np. przez kucie.

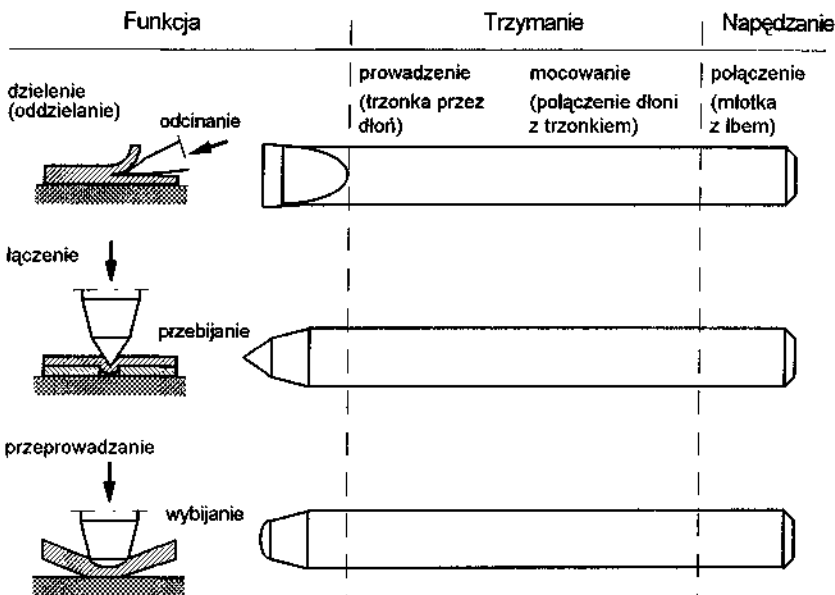
Znajomość tych trzech możliwości prowadzi do pytania: do jakich innych funkcji dają się stosować narzędzia podobne do noża? Narzędzia, powstałe przez zmianę powierzchni działania, są przedstawione na rysunku 13.5. Są one znane w każdym warsztacie. Na podstawie znajomości funkcji możliwych do pomyślenia (funkcji potencjalnych) można powiedzieć, że nie mogą być żadne inne narzędzia tego rodzaju. I to jest bardzo ważne.

Ważne jest także rozpoznanie tego, że analiza różni się od syntezy abstrakcyjnym punktem wyjściowym - wymaganiami. Wymagania te spełniamy przez możliwość wyboru:

- funkcji procesu, czyli przez przełożenie wymagań na cechy funkcjonalne;
- fizykalnych zasad działania, a mianowicie:
  - \* ogólnych zasad fizykalnych,
  - \* szczegółowych zasad fizykalnych, jak również
  - \* możliwości wydajności poszczególnych fizykalnych zasad działania (duże, małe wióry);
- środków działania dla narzędzia względnie przedmiotu obrabianego:
  - \* geometrii narzędzia (zdefiniowanej/niezdefiniowanej),
  - \* ruchów działania (napędów),
  - \* zamocowania i ruchu przedmiotu obrabianego.

Na kryteria wyboru zwrócimy jeszcze uwagę.

Synteza jest nauką postępowania podczas budowania maszyn i budowli, względnie ich konstrukcji. Synteza jest więc metodą konstruowania.



Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 13.5. Logiczne współzależności działania różnych narzędzi: przecinaka (męsla), przebijaka (punktaka) i wybijaka (puncy)

## Podsumowanie

Na przykładzie znanego wszystkim narzędzia, które od tysięcy lat zachowało swą postać bez zmian, pokazaliśmy jak techniczny język warsztatowy powinien zostać zastąpiony przez bardziej precyzyjny język naukowy, aby dzisiejsze skomplikowane maszyny móc opisywać w jasny i celowy sposób.

Celem merytorycznym rozdziału było pokazanie abstrakcyjnych płaszczyzn, w których należy rozważyć narzędzia, maszyny i urządzenia do obróbki i przeróbki. Te porządkujące płaszczyzny to:

- środki działania                      powierzchnie działania i ruchy działania;
- fizyczne zasady działania      efekty fizyczne, za których pomocą spełniania-  
nia    na jest funkcja;
- zamierzone działania                w najprostszym przypadku trzy funkcje pod-  
stawowe: dzielenie, łączenie i przeprowadzanie.

Z pojęciami funkcji podstawowych mamy kłopoty, gdy próbujemy je powiązać z konkretnymi zdarzeniami w tak różnych obszarach, jak przetwarzanie materiału, przetwarzanie energii i przetwarzanie sygnału. I tak, funkcje opisywane jako „zamykanie drzwi”, „blokowanie dojścia” czy „przerwanie obwodu prądu przez otwarcie przełącznika” można sprowadzić do funkcji „dzielenie”. Rozdzielanie, blokowanie i przełączanie charakteryzują w różnych obszarach tę samą funkcję logiczną. Nie powinno nam również przeszkadzać, że takie pojęcia jak „wiązanie” i „łączenie” oraz „przeprowadzanie”, „przewodzenie” i „formowanie” należą do tej samej grupy, gdy nie chcemy się opierać na bardziej jeszcze abstrakcyjnych pojęciach logiki.

Te cechy porządkujące możemy uszczególniać dalej jako:

- środki działania w języku geometrii (kształt powierzchni działania) względnie w języku teorii maszyn i mechanizmów (rodzaj ruchów);
- zasady działania w języku fizyki stosowanej;
- cechy funkcji w języku tzw. układów logicznych.

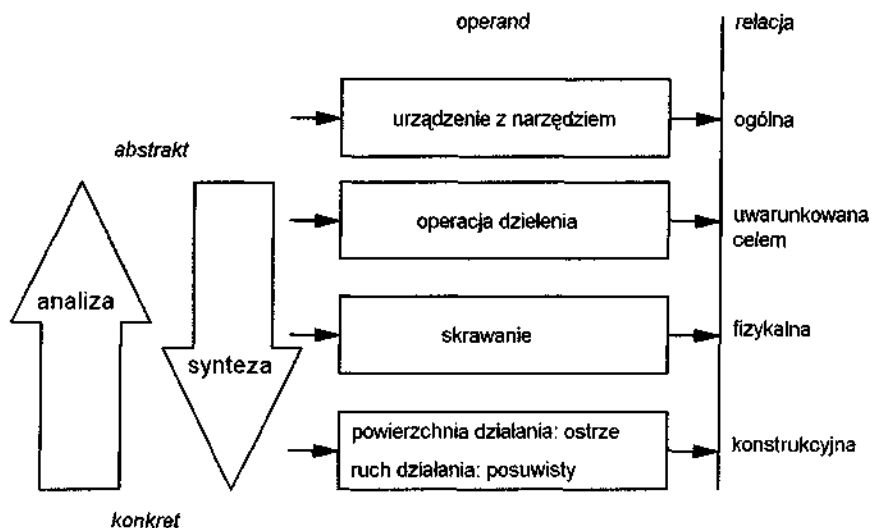
Uzupełniające cechy szczególne to dane dotyczące postaci, kształtu, wyglądu (design) i metody wytwarzania.

Celem operacyjnym rozdziału było nabycie umiejętności stosowania metod:

- *analizy*, wychodząc od konkretnego, znanego obiektu i idąc do powyższych cech strukturalnych i leżących u ich podstaw wymagań;
- *syntezy*, wychodząc z określonych wymagań i idąc do nieznanego na początku narzędzia, urządzenia czy maszyny.

Najważniejsza, ale zwykle zbyt mało podkreślana różnica między analizą i syntezą polega na kierunku celu. Analiza *optymalizuje*, jakościowo i ilościowo, lub upraszcza istotne cechy maszyn i urządzeń. Synteza czyni użytek z *możliwości wyboru*, od abstrakcyjnej płaszczyzny funkcjonalnej do konstrukcyjnej, do racjonalnego ustalenia nieznanych na początku maszyn i urządzeń. Celem jest wybór wygodnego rozwiązania zadania.

Różnica między analizą i syntezą, przedstawiona schematycznie na rysunku 13.6, jest szczególnie ważna dla nauki budowy maszyn. Istota analizy to coraz bardziej szczegółowe traktowanie zdarzenia fizycznego, aż do matematycznego sformułowania i ilościowego obliczania podczas eksperymentalnego sprawdzenia wyników. Synteza, czyli konstrukcja maszyn i urządzeń, daje się nauczyć nie tylko przez kopiowanie doskonałych przykładów, jak to miało miejsce jeszcze do niedawna, ale także przez rozwiązywanie dużej liczby zadań (nabycie doświadczeń). Tabela 13.17 pokazuje, że inne obszary nauki znają także różnicę między analizą i syntezą.



Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 13.6. Analiza i synteza

Tabela 13.17.

## Analiza i synteza w różnych naukach

Nauka	Analiza	Synteza
Budowa maszyn	maszynoznawstwo	konstrukcja maszyn
Medycyna	diagnoza	terapia
Budownictwo	inżynieria budowlana	architektura
Gospodarka	ekonomia	polityka gospodarcza
Literatura	krytyka literacka	poezja
Chemia	chemia analityczna	synteza chemiczna
Pedagogika	pedagogika porównawcza	dydaktyka

Jako obszar obowiązywania języka naukowej budowy maszyn pokazaliśmy:

- mechaniczne, a potem ogólne fizyczne metody dzielenia,
- metody z funkcjami dzielenia, łączenia i przewodzenia,
- ogólne metody wytwarzania, oraz
- metody wielostopniowe.

W tradycyjnej budowie maszyn przedstawienie zagadnień w taki sposób ma uzupełnienie w nauce o obrabiarkach. Także inżynieria procesowa czyni użytek z przedstawionego tu podejścia.

## Rozdział 14.

### Maszyny i urządzenia do przetwarzania energii

Czynnościom, jakie wykonujemy, prawie zawsze towarzyszą ruchy i siły. Wykonujemy ruchy, aby uzyskać określone siły i odwrotnie - wywieramy siły, aby uzyskać określone ruchy. Zjawisko ruchu fascynowało starożytnych filozofów i prekursorów nowożytnej nauki i techniki. Ruchy za pomocą narzędzi były już wykorzystywane w czasach prehistorycznych, np. wytwarzanie przędzy.

Wykorzystaniem różnorodnych ruchów zajmuje się dział nauk technicznych zwany *teorią mechanizmów*. Przetwarzanie ruchów i sił, zgodnie z definicją pracy i mocy, określane jest jako przetwarzanie energii. W nauce o budowie maszyn ogromne znaczenie ma termodynamiczne, hydrauliczne i nuklearne przetwarzanie energii.

Celem merytorycznym tego rozdziału jest określenie cech maszyn, które przetwarzają ruchy i siły, czyli „przekładni”. Celem operacyjnym - przegląd metod realizacji ruchów za pomocą przekładni. Metody te są bardzo różnorodne, co znalazło wyraz w ogromnej literaturze i tutaj mogą być tylko zarysowane.

#### Analiza

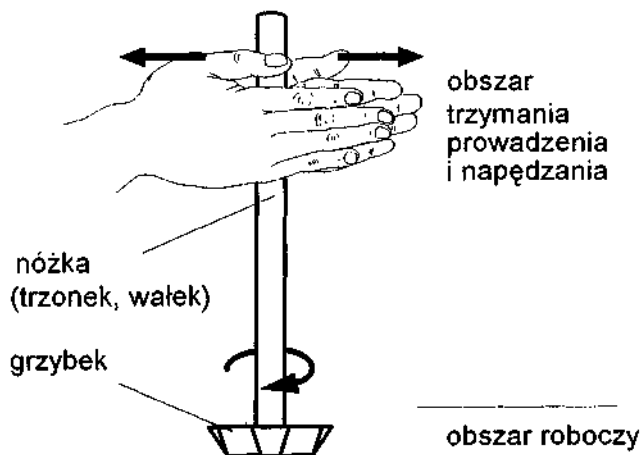
Od czasów prehistorycznych do dziś człowiek ma potrzebę zastąpienia niewygodnych ruchów rąk i nóg bardziej wygodnymi. Jednym z takich niewygodnych ruchów rąk jest ruch obrotowy, niezbędny do mieszania cieczy i ciał sypkich. Od prehistorycznych czasów służy temu celowi mątewka<sup>1</sup>. Z wyglądu mątewka przypomina odwrócony grzyb o cienkiej, długiej nóżce z regularnie wystrzępionym kapeluszem (rys. 14.1). Nóżka ta trzymana jest pionowo między dłońmi człowieka, które złożone są podobnie jak do modlitwy. Przesuwanie dłoni względem siebie powoduje szybki ruch obrotowy mątewki,

---

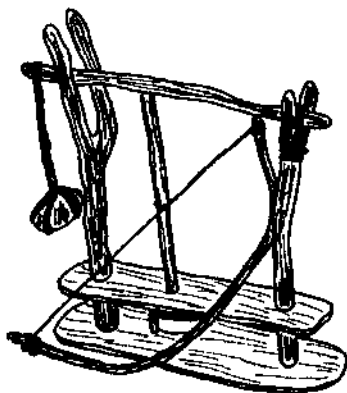
<sup>1</sup> W Słowniku języka polskiego [PWN] pod hasłem mątewka czytamy: «mała mątew», a pod hasłem **mątew** - «drewienko do kłócenia, mieszania substancji sypkich i płynów».



niezbędny do mieszania materiału, w którym jest zanurzona. Podobnie działa prehistoryczne urządzenie do wzniesienia ognia przez tarcie, czy wiertarka linkowa (łukowa). Ta ostatnia liczy sobie ponad 7 tys. lat. Opasująca wałek linka (lub rzemień) jest napięta za pomocą łuku. Łuk taki służy do przekształcania wolnego, posuwistego ruchu ręki (trzymającej łuk) w szybki ruch obrotowy wałka (rys. 14.2). Przyrząd ten używany jest jeszcze dzisiaj w krajach arabskich i nad Oceanem Indyjskim jako napęd wiertarek w prymitywnych warsztatach rzemieślniczych. Fascynująca w prastarych urządzeniach jest prostota, jaką reprezentują, jej długie skuteczne trwanie.



Rys. 14.1. Mątewka



Rys. 14.2. Wiertarka linkowa (łukowa)

Mątewka służy do mieszania ciał sypkich, a więc do przetwarzania materiału. Tego przeznaczenia nie chcemy tu jednak rozpatrywać. Chodzi nam wyłącznie o przetwarzanie ruchu.

Zalety ruchów obrotowych zostały poznane bardzo wcześnie. W starożytnym Egipcie do transportowania dużych ciężarów wykorzystywano rolki. Koła pełne znane są od 5 000 lat, szprychowe od 3000 lat. Od dawna znane są koła napędzane przez zwierzęta, niewolników i wodę. Słynny jest młyn Witruwiusza (100 p.n.e.), którego kamienie poruszane były kołem wodnym przez przekładnię kątową. Dziś istnieje ogromna różnorodność przekładni. Wspomnijmy choćby tylko o przekładniach samochodowych. Najprostszym ruchem jest także dziś ruch obrotowy, dostępny np. jako silnik elektryczny w każdym gospodarstwie domowym.

Mątewka, w której mamy przetworzenie ruchu posuwistego w obrotowy, daje się opisać podobnie jak nóż w poprzednim rozdziale.

Powierzchniami działania są:

- wewnętrzne powierzchnie dłoni, ujmujące wałek (trzonek, nóżkę), oraz
- powierzchnia wałka.

Prowadzenie wałka odbywa się przez ruch złożonych dłoni. Składa się na to posuwisty ruch pionowy rąk (ruch wkładania mątewki w substancję, która ma być mieszana) oraz ruch rąk (nie dłoni). Może to być pionowy ruch posuwisto zwrotny (jeżeli naczynie z mieszaną substancją jest wąskie i głębokie), ruch kołowy (jeżeli naczynie jest szerokie i płytkie), albo kombinacja obu tych ruchów. Tego rodzaju ruch w mechanice nazywany jest *ruchem unoszenia*.

Ruchami działania są:

- ruch posuwisty, zwrotny wzajemnie dociskanych dłoni (jednej względem drugiej), oraz
- ruch obrotowy wałka.

Do wykonania potrzebne są następujące elementy maszyn: wałek.

Fizyczną zasadą działania, wykorzystywaną do przekształcenia ruchu, jest tarcie między dłońmi i wałkiem.

Zamierzonym działaniem, czyli funkcją przekładni jest powiązanie wejścia z wyjściem systemu przetwarzania ruchu, czyli strony napędzającej (dłonie) z napędzaną (wałek).

Wiertarka linkowa, w której mamy także przetworzenie ruchu posuwistego w obrotowy, daje się opisać podobnie. Do jej wykonania potrzeba jest jednak znacznie więcej elementów.

*Powierzchniami działania* są: (1) linka opasująca wałek oraz (2) powierzchnia wałka.

*Prowadzenie* linki i wałka składa się z: (1) kabłąka z zaciskami do napięcia linki oraz (2) łożysk na obu końcach wałka.

*Ruchami działania* są: (1) ruch posuwisty napiętej linki oraz (2) ruch obrotowy wałka.

Do wykonania potrzebne są następujące *elementy maszyn*: (1) ciągnio w postaci linki, (2) zaciski linki, (3) wałek, (4) łożyska.

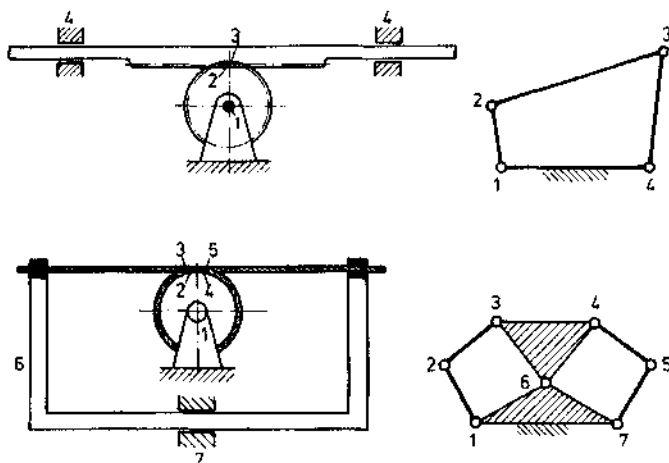
*Fizykalną zasadą działania*, wykorzystywaną do przekształcenia ruchu, jest tarcie opasania wałek-linka.

Dalej zastosowane są w elementach następujące *efekty fizyczne*: (1) tarcie zaciskowe w zaciskach linki, (2) tarcie ślizgowe w łożyskach.

Zamierzonym działaniem, *czyli funkcją przekładni* jest powiązanie wejścia z wyjściem systemu przetwarzania ruchu, czyli strony napędzającej (ręka) z napędzaną (wałek).

Dla zadania, polegającego na znalezieniu innej przekładni dla mątwewki możemy sprzężenie cierne dłoń-wałek zastąpić sprzężeniem zębatym listwa zębata-koło zębate (rys. 14.3). Podobnie w wiertarce linkowej możemy zastąpić sprzężenie cierne linka-wałek. Wchodzenie dalej w szczegóły powierzchni i ruchów działania w podanych elementach maszyn jest zbyt skomplikowane. W teorii mechanizmów, jako nauce o poruszanych częściach maszyn, wprowadzane są dalsze abstrakcje. Wyróżnia się tam następujące istotne cechy:

- *przeguby*, w postaci par obrotowych, posuwistych i tocznych;
- *człony*, w postaci ruchomej/nieruchomej, sztywnej, pchanej, ciągnionej.



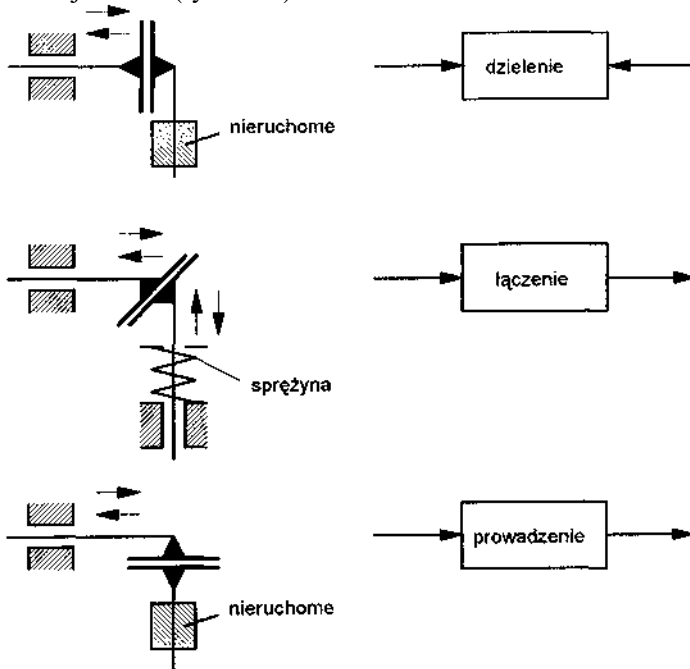
Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 14.3. Sprzężenia listwa zębata - koło zębate i linka - wałek oraz odpowiadające im mechanizmy podstawowe

Przez tak zwane rozszerzenie czopa można przeguby ślizgowe i toczne sprowadzić do przegubów podwójnych. W ten sposób można wspomnianą przekładnię z listwą zębatą przedstawić jako łańcuch przegubów (rys. 14.3). Taki łańcuch czterech przegubów (czworobok przegubowy) jest przekładnią podstawową, czyli najprostszą przekładnią łącznikową, która wiąże stronę napędzającą z napędzaną (napęd z odbiorem napędu).

Listwę zębatą można zarówno ciągnąć, jak i pchać, linkę - tylko ciągnąć. Dlatego dla przekładni wiertarki linkowej otrzymujemy 7-członowy mechanizm, który odpowiada kombinacji dwóch czworoboków przegubowych.

Przeguby czworoboku są ze swej strony elementami, które spełniają funkcje podstawowe lub, za których pomocą funkcje podstawowe dają się spełnić. I tak przegub 2 lub 3 (rys. 14.3) można unieruchomić (np. za pomocą przetyczki) i uczynić go członem dzielącym. Ruchome przeguby 2 i 3 przedstawiają sobą człony łączące, podczas gdy przeguby 1 i 4, jako tak zwane przeguby stałe, są członami prowadzącymi. Proste zobrazowanie tego wszystkiego otrzymamy wtedy, gdy pełne i puste czopy przegubu obrotowego zastąpi się częściami płaskimi. Wtedy funkcje podstawowe dają się zrealizować w przedstawionej formie (rys. 14.4).

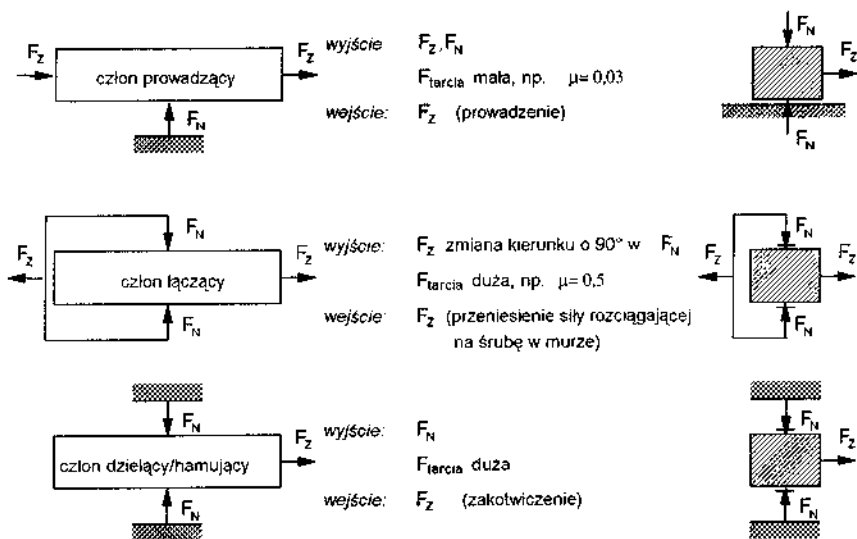


Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 14.4. Zastąpienie czopów przegubu obrotowego częściami płaskimi i podstawowe funkcje takich przegubów

Do budowy przekładni potrzeba dalszych elementów maszyn. Są to konkretne obiekty: łożyska, wały, koła zębate, śruby, sprężyny. Potrzebne do ich ustalenia szczegóły obliczeniowe są podawane w odniesieniu do tych obiektów. Można jednak także zrobić użytek z poprzednich rozważań. Efekt fizyczny i jego obliczenie daje się wykorzystać do wielu funkcji. Można więc do tego zastosować konkretne elementy maszyn, jak to pokazuje rysunek 14.5 dla efektu tarcia. Wtedy w schemacie „człon dzielący” zawarte są sprzęgła rozłączne i hamulce, połączenia wciskowe, nitowe, zaciskowe, śrubowe i cierne połączenia wałek-piasta. W schemacie „człon prowadzący” zaś przewodnice ślizgowe i łożyska.

Przykład tarcia czyni wyraźnym przejście od wolnego od przeznaczenia efektu fizycznego do trzech zasad działania, dla których istotna jest funkcja.



Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 14.5. Fizyczne współzależności działania tarcia

## Synteza

Postępowanie podczas syntezy przekładni może tu być tylko przedstawione w zarysie. Punktem wyjścia syntezy są wymagania stawiane konstruowanej przekładni.

Wymaganiami *funkcjonalnymi*, np. dla chwytaka kartki w drukarce laserowej, są: ruch zamykania szczypiec chwytaka i ruch szczypiec z kartką papieru. W mechanicznym aparacie do wspomagania oddechu nastawialne muszą być: objętość oddechu, stosunek czasu wdechu do czasu wydechu i liczba wdechów. Chodzi więc w tym aparacie o jedno wejście, trzy możliwości nastawiania i jedno wyjście przekładni.

Wymaganiami *fizykalne* uwzględnia się jako dane z góry wykonanie mechaniczne, hydrauliczne czy elektryczne. Dane, które trzeba utrzymać, dotyczą otwartego, zamkniętego, płaskiego lub przestrzennego toru z charakterystyką ruchu, jak np. postoje i występujące siły czy momenty.

Wymaganiami *konstrukcyjnymi* wynikają z danych położeń przestrzennych przekładni, zapotrzebowania na przestrzeń, ciężaru i przepisów wykonawczych dla elementów.

Wymaganiami tego rodzaju można traktować jako podstawowe rodzaje zadań do rozwiązania. Ich rozwiązanie, o ile nie zawarte jest w nauce podstaw konstrukcji maszyn i przekładni zębatych, zakłada znajomość teorii mechanizmów i maszyn.

## Podsumowanie

Jako cel merytoryczny ustaliliśmy następujące cechy przekładni mechanicznych:

- cechy konstrukcyjne (1) przeguby i człony, (2) przekładnia podstawowa (mechanizm czworoboku przegubowego) i (3) przekładnie złożone (łańcuchy kinematyczne);
- cechy fizykalne tory, siły, drogi, prędkości, przyspieszenia;
- cechy funkcjonalne odpowiadające trzem funkcjom podstawowym, oraz struktury bardziej skomplikowane.

Celem operacyjnym (celem uczenia się) mógłby być rodzaj zadań, podczas których rozwiązywania czyni się użytek z wielu płaszczyzn abstrakcji.

Obszar przekładni mechanicznych ujmowany jest przez dyscyplinę naukową nazywaną *teorią maszyn i mechanizmów*. Elementy hydrauliczne, pneumatyczne i elektryczne mogą być także zastosowane np. jako przeguby i dają się włączyć do teorii maszyn i mechanizmów. Również maszyny działające według innych zasad fizykalnych, jak turbiny, maszyny tłokowe czy silniki, dają się ująć jako przetworniki ruchu.

Połączenie tego rodzaju rozważań w nauce o budowie i eksploatacji maszyn ma miejsce w nauczaniu podstaw konstrukcji maszyn. Chodzi tu wymiarowanie par elementów i przekładni zębatych, oraz o uzupełnienie teorii maszyn i mechanizmów.

## Rozdział 15.

### Maszyny i urządzenia do przetwarzania sygnałów (informacji)

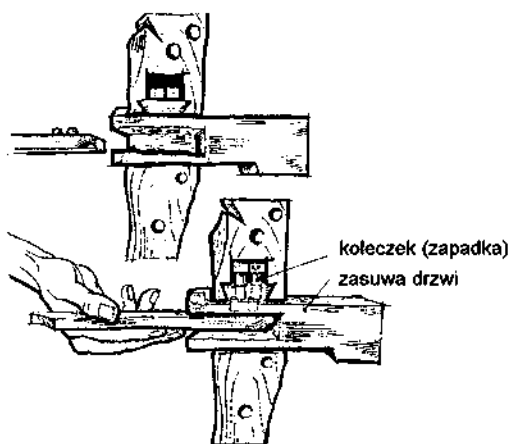
Człowiek od czasów prehistorycznych chce dysponować obszarem, który będzie dostępny tylko dla niego samego czyjego rodziny. Granice tego obszaru są chronione. Wejście do niego możliwe jest po spełnieniu określonych warunków. Podobnie jest z poziomami kształcenia. Przejście z jednego poziomu kształcenia do następnego wiąże się z określonym stanem wysiłku. Osiągnięty stan wysiłku, jako warunek, jest jakby kluczem, który czyni dostępnym kolejny, wyższy obszar, otwiera go. Obraz (metafora) klucza pochodzi z techniki. Należy więc postawić pytanie o urządzenia, za których pomocą odbywa się zachowywanie określonych warunków.

Ogólnie biorąc nie chodzi tylko o to, aby kontrolować dostęp do jakiegoś odgraniczzonego obszaru. Kontrolujemy również takie zdarzenia, jak dostarczanie materiału do maszyny, początek i koniec ruchów roboczych narzędzia i przedmiotu obrabianego lub kolejność następowania etapów roboczych. Takie prace lub procesy pozwalają się nawet uczynić samoczynnymi, to znaczy przebiegać bez ingerencji człowieka-operatora. Odpowiadające temu maszyny i urządzenia nazywane są *automatami*. Starodawnym przykładem automatu jest np. automat do wody święconej (sprzed 2 000 lat), który po wrzuceniu monety wydzielał porcję wody. Innymi przykładami automatów są kuranty zegarów wieżowych, istniejące od średniowiecza, maszyny „rozrywkowe” z okresu rokoka (automaty muzyczne z poruszającymi się figurkami), automaty tkackie Jacquarda (początek XIX wieku) do wykonywania tkanin wzorzystych (żakardowych), automatyczne windy, kserokopiarki czy wreszcie roboty.

Celem merytorycznym tego rozdziału jest analiza i synteza urządzeń do spełniania (zachowywania) określonych warunków. Celem operacyjnym - nabywanie umiejętności zestawiania warunków dla danej sytuacji oraz realizowania ich za pomocą odpowiednich urządzeń.

## Analiza

Jako przykład do analizy struktury urządzeń do zachowania warunków wybraliśmy również urządzenia starodawne - liczący sobie około 7 000 lat zamek egipski (rys. 15.1). Zamek ten w podobnej postaci stosowany jest w najróżnorodniejszych obszarach.



Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 15.1. Zamek egipski

Przeanalizujemy także strukturę najpowszechniej obecnie stosowanej maszyny do przetwarzania informacji - liczącego sobie niewiele ponad 20 lat mikroprocesora elektronicznego, którego działanie wykazuje, o dziwo, te same cechy co działanie zamka.

## Zamek

Zestawy warunków, powierzchnie działania, ruchy działania oraz każdorazowe funkcje zamka są przedstawione w tabeli 15.1. Zawiera ona płaszczyzny abstrakcji stosowane już wcześniej. Rysunek 15.1 pokazuje postać zamka, klucza i rygli. W zamku egipskim wszystko wykonane jest z drewna. Fizykalną zasadą działania jest nieprzenikalność ciał stałych.

Dla tego rodzaju zamków można zbudować strukturę abstrakcyjną, niezależną od fizykalnej zasady wykonania (postaci konstrukcyjnej). Taka struktura abstrakcyjna zawiera tylko człony łączące (napędzające) i człony dzielące (rozdzielające), znajdujące się w odpowiednim stanie przełączenia. Klucz jest członem napędzającym lub łączącym. Jeżeli kształt pasuje, to klucz jest



wprowadzany przez jakąś blokadę tego kształtu. Ta ostatnia spełnia funkcję członu dzielącego.

W zamku egipskim klucz jest podnoszony. Następnie za pomocą nasadek, jako członów łączących lub napędzających, znoszona jest blokująca pozycja zapadek (dołeczków), czyli członu dzielącego, w ten sposób, że ruchowi zasuwki drzwiowej nie stoi już nic na przeszkodzie. Wtedy klucz może poruszyć zasuwę. Można powiedzieć, że przez klucz zostaje uchwycony sygnał otwarcia i znoszone jest zaryglowanie ruchu zamka, rozumiane jako kombinacja sygnałów. To abstrakcyjne przedstawienie zachowuje swą ważność także dla nowoczesnego zamka cylindrycznego, stosowanego powszechnie w naszych mieszkaniach, lub odpowiadającego mu wykonania elektromagnetycznego (rys. 15.3). Abstrakcyjna struktura funkcjonalna pomaga więc zrozumieć różne postacie konstrukcyjne zamków.

Tabela 15.1.

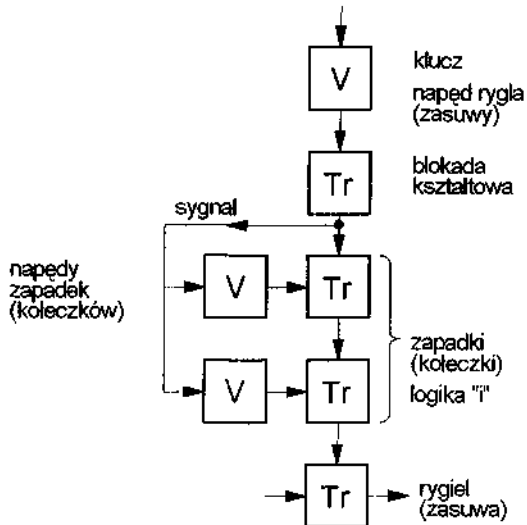
Fizykalna zasada działania: nieprzenikanie ciał stałych

Zestaw warunków	Powierzchnia działania	Ruch działania	Funkcja
<i>Jeżeli istnieje prywatność, to uniemożliwić jej oglądanie</i>	drzwi	obrotowy	rozdzielanie
<i>Jeżeli założone są drzwi, to uniemożliwić ich otwieranie</i>	zasuwka na zewnątrz prowadzenie zasuwki	posuwisty	rozdzielanie prowadzenie
<i>Jeżeli zasuwka od wewnątrz, to jej uruchomienie od zewnątrz</i>	zasuwka od wewnątrz człon napędzający (klucz)	posuwisty obrotowy	łączenie
<i>Jeżeli klucz jest wprowadzany, to przy spełnieniu następujących warunków:</i>			
<i>Jeżeli klucz jest wprowadzany, to przekrój klucza odpowiada otworowi wprowadzającemu</i>	kształt klucza otworu	kształt posuwisty	rozdzielanie
<i>Jeżeli klucz jest wprowadzany, to następuje wyębienie członów blokujących ruch napędowy klucza</i>	kilka zapadek (kołków) zęby na kluczu	podnoszące	kombinacja rozdzielań

Źródło: Rodenacker 1983

Analizę zamka mechanicznego można jeszcze uzupełnić o istotny element. Chodzi bowiem o to, aby środki działania (powierzchnie i ruchy) w tym przypadku mogły przyjmować dwa położenia, między którymi mogą się one poruszać, np. tam i z powrotem, to znaczy blokować lub umożliwiać ruchy. Tymi

położeniami mogą być nie tylko stany mechaniczne, ale także stany elektromagnetyczne lub inne. W układzie połączeń występują dwie kombinacje członów łączących i dzielących, pokazane na rysunku 15.2. Można je określić jako:



Źródło: Rodenacker 1983

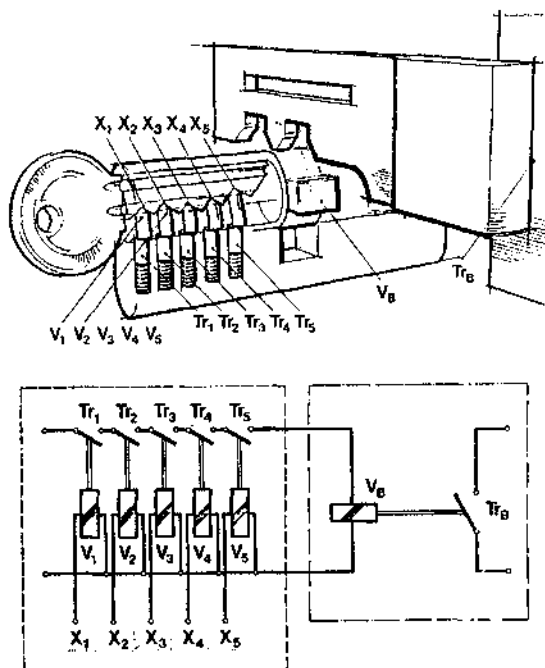
Rys. 15.2. Abstrakcyjny schemat zamka: Tr - człony dzielące; V - człony łączące

- połączony (napędzany) człón łączący V  $\rightarrow$  Tr lub czujnik sygnału, oraz jako
- przełączalny człón łączący (napęd) Tr  $\rightarrow$  V lub czujnik rozkazu.

Przez szeregowe lub równoległe połączenie czujnika sygnału otrzymujemy dwa („i” i „lub”) z 16 znanych elementów logicznych. Elementy logiczne przedstawiane są w różny sposób w poszczególnych obszarach specjalistycznych, jak hydraulika, pneumatyka czy elektronika. Odgrywają one coraz większą rolę w klasycznej budowie maszyn.

Powyższe przedstawienie dotyczy bardzo szerokiego obszaru. Jako warunki, realizowane w przedstawiony sposób, mogą być formułowane dane o drogach, miejscach, liczbach, czasie i wartościach pomiarowych. To samo dotyczy pojęć takich jak bezpieczeństwo (o tym będziemy jeszcze mówić) czy ekonomiczność. Takim warunkom można przyporządkowywać pozycje obiektów, zdarzenia, oznaki ognia, dymu światła, których znaczeniem są wcześniej umówione liczby, wiadomości, a więc, ogólnie biorąc, wszelkiego rodzaju „dane”. Wychodząc z naszego przykładu można powiedzieć, że klucz jest nośnikiem danych, za którego pomocą informacja zgromadzona w zamku jest

porównywana i, przy odpowiedniości klucza, dostępna do przekazywania. Klucz i zamek są przyrządami, które realizują abstrakcyjne pojęcie „bezpieczeństwo człowieka”. Jest to funkcja całkowita, rozdzielona na funkcje częściowe w strukturze z rysunku 15.3 (u góry), które spełniają wymagania częściowe. Chodzi więc o przekształcenie pojęcia językowego, zawierającego wymaganie, w jakieś urządzenie techniczne.



Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 15.3. Dzisiejszy zamek cylindryczny (u góry) i schemat zamka elektromagnetycznego (u dołu):  $Tr_B$  - zasuwka (rygiel), czyli człon dzielący;  $V_B$  - napęd zasuwki, czyli człon łączący;  $Tr_{x-5}$  - zapadki, czyli człony dzielące;  $V_{x-5}$  - napędy zapadek, czyli człony łączące;  $X_{x-5}$  - sygnały wejściowe, jako wycięcia w kluczu, czyli człony prowadzące i nastawcze

Do tej pory poruszaliśmy się wśród tych obszarów techniki maszyn, w których zwykle sterowanie mechaniczne jest fizyczną częścią maszyny. Tak było jeszcze do niedawna w przypadku maszyn włókienniczych, pakujących, czy obrabiarek automatycznych. Od kilkunastu lat obserwuje się jednak, że sterowanie przestaje być fizyczną częścią maszyny. Doprowadził do tego rozwój elektroniki i techniki mikroprocesorowej. Sterowanie maszyny przestaje być

szytywne, staje się elastyczne, dowolnie programowalne. Dziś nowoczesną maszynę trudno sobie wyobrazić bez mikroprocesora. Rozwój takich maszyn wymaga współpracy specjalistów: konstruktorów, automatyków, informatyków. Następuje powiązanie wiedzy różnych dyscyplin. Najlepiej to widać na przykładzie mechatroniki - dyscypliny próbującej zintegrować wiedzę z zakresu mechaniki, budowy maszyn, elektroniki i techniki komputerowej. Dlatego zanim przejdziemy do syntezy maszyn i urządzeń do przetwarzania sygnału zrobimy krótką wycieczkę w świat najbardziej powszedniej dziś maszyny - mikroprocesora, który swe podstawowe zastosowanie znajduje w komputerze. Jest to tym bardziej uzasadnione, że działanie mikroprocesora opiera się na takiej samej logice, jaka tkwi w zamku.

### Mikroprocesor, komputer

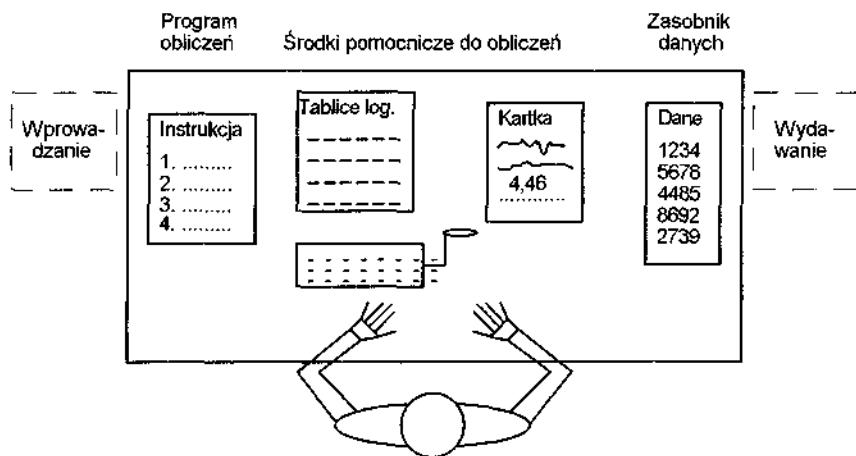
Komputer jest rachmistrzem. Istotą komputera nie jest nowoczesna elektronika, ale znana od dawna organizacja procesu obliczania. Dzisiejsze komputery są logicznymi potomkami zespołów rachmistrzów w biurach obliczeniowych przemysłu optycznego, jakie istniały w ubiegłym stuleciu. I jeżeli od strony technicznej (fizycznej, elektronicznej, konstrukcyjnej) dzisiejszy komputer można rzeczywiście uznać za wynalazek o charakterze rewolucyjnym, to od strony organizacyjnej jest to raczej kolejny, mniejszy i tańszy, obiekt do przetwarzania informacji.

Spróbujemy to wykazać. Posłużymy się przy tym porównaniem człowieka-rachmistrza z maszyną-rachmistrzem. Ponadto popatrzymy na komputer nieco szerzej. Nie tylko jako na urządzenie obliczające, ale także jako na urządzenie sterujące pracą maszyn. Dojdziemy w ten sposób do istoty nowoczesnych maszyn - maszyn mechatronicznych, które powstają w symbiozie mechaniki z elektroniką i techniką komputerową.

### **Człowiek-rachmistrz**

Dzisiejsze komputery są logicznymi potomkami zespołów rachmistrzów w biurach obliczeniowych przemysłu optycznego, jakie istniały w ubiegłym stuleciu. Jeżeli zrozumiemy sposób pracy tych zespołów, to zrozumienie działania maszyny-rachmistrza (komputera) stanie się łatwe. Kwitnący przemysł optyczny XIX wieku potrzebował bardzo dużo obliczeń numerycznych. Były one realizowane za pomocą czystej organizacji pracy. Urządzano sale obliczeniowe, w których zatrudnieni rachmistrze pracowali jako urządzenia liczące (rys. 15.4). Rachmistrze ci nie byli jednak w żadnym przypadku wykształceni do przeprowadzania złożonych obliczeń matematycznych, np. obliczania całek. Otrzymywali tylko dokładne instrukcje, według których mieli pracować. Wymagania, jakie stawiano rachmistrzom, dotyczyły w zasadzie

tylko znajomości operacji podstawowych, które mieli stosować w określonych miejscach na dostarczonych tabelach danych. Wyniki tych operacji były z powrotem zapisywane na miejscach ściśle określonych. Podstawowymi pomocami rachmistrzów były: tabliczka do krótkotrwałego gromadzenia wyników pośrednich oraz tablice logarytmiczne. Może to dziwić, ale za pomocą tych prostych środków (i dostatecznego czasu) dają się rozwiązywać wszystkie problemy numeryczne. Między dzisiejszymi komputerami i biurami rachmistrzów nie ma zasadniczej różnicy jakościowej, jest natomiast ogromna ilościowa, dotycząca szybkości i wydajności obliczeń.



Rys. 15.4. Rachmistrz i jego miejsce pracy

Jeżeli pozostawić rachmistrzom jeszcze niektóre proste decyzje, to można opracowywać problemy, których droga rozwiązania zależy od wyników pośrednich. Przykładem może być wyciąganie pierwiastka z liczby ujemnej. Jednak generalnie rachmistrz nie potrzebuje rozumieć problemu, w którego opracowaniu bierze udział.

### Maszyna-rachmistrz

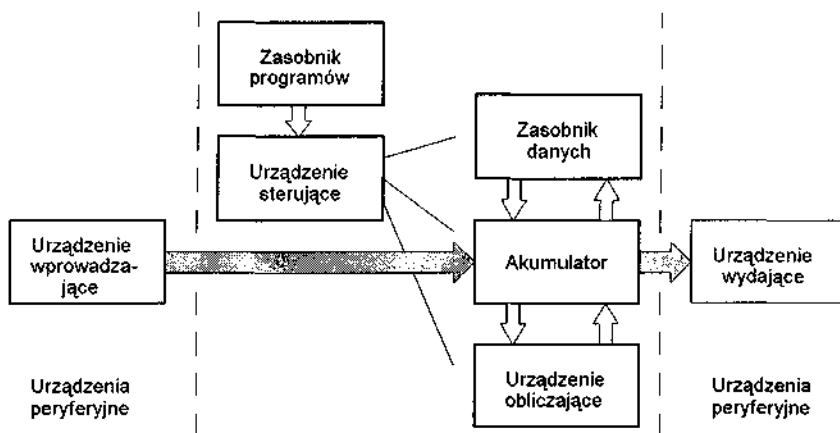
Rozważmy konieczne umiejętności człowieka-rachmistrza. Jest ich zadziwiająco mało. Musi on umieć:

- 1) czytać załączoną instrukcję;
- 2) rozpoznawać instrukcję (operację) czytana;
- 3) sprawdzać ją ze względu na warunek:

- a) brak warunku lub warunek spełniony - wtedy operację wykonywać (czytać dane, wiązać dane ze sobą, odkładać dane);
- b) warunek niespełniony - wtedy operację ignorować;
- 4) przejść do następnej instrukcji.

Ten niewielki obszar funkcji daje się realizować za pomocą maszyny-rachmistrza.

Możliwość zrealizowania maszyny-rachmistrza jest pokazana schematycznie na rysunku 15.5. Z zasobnika (pamięci) programów pobierane są instrukcje (programy) i przekazywane do urządzenia sterującego pracą maszyny-rachmistrza. Urządzenie sterujące czyta instrukcje, jedna po drugiej i według tego steruje urządzeniem obliczającym - lub lepiej: jednostką arytmetyczno-logiczną, ponieważ wykonuje ona nie tylko podstawowe działania matematyczne, ale także porównuje, selekcjonuje, sortuje, grupuje itp., czyli wykonuje podstawowe operacje logiczne. Wyniki pośrednie powstają w akumulatorze. Odkładane są one, zgodnie z instrukcją programu, w zasobniku danych, skąd także pobierane są dane do obrabiania czyli operandy.



Rys. 15.5. Schematyczne przedstawienie maszyny-rachmistrza

Przez akumulator może być odczytywane i wczytywane (ładowane) urządzenie wprowadzające i urządzenie wydające. W ten sposób maszyna-rachmistrz komunikuje się ze światem zewnętrznym. Bezpośrednie połączenie obu tych urządzeń z maszyną, która ma być sterowana, umożliwiłoby urządzeniu obliczającemu pełnienie takiej funkcji, jaką spełnia operator maszyny.

Do budowy takiej maszyny-rachmistrza nie potrzeba wcale mikroelektroniki. Można ją zrealizować za pomocą elementów mechanicznych, pneumatycznych, hydraulicznych czy elektrycznych. Jej istotą jest bowiem nie fizyka, ale logika. I czy ta logika jest realizowana przez sterowany zespół rachmistrzów, czy przez.

skonstruowane urządzenie techniczne, jest całkowicie obojętne z punktu widzenia istoty działania. Jest istotne natomiast, i to bardzo, z punktu widzenia wydajności, zajmowanej przestrzeni i kosztów. Istotą maszyny rachmistrza jest bowiem przełączanie, gdy spełnione zostaną odpowiednie warunki. To, jak szybko przełącza - raz na sekundę czy miliony razy na sekundę (jak to czyni mikroprocesor) - jest tylko różnicą ilościową, a nie jakościową.

Praca rachmistrza nie musi się ograniczać tylko do operacji liczbowych czy przedstawiania jakiegoś stanu za pomocą liczb. Odpowiednia instrukcja pracy (program) może uczynić rachmistrza księgowym czy zarządcą. Jeżeli przy tym otrzyma on np. możliwość poruszenia dźwignią czy naciśnięcia odpowiedniego guzika, to może być także maszynistą lokomotywy lub pilotem samolotu. A do tego program ten jest wymienialny. Tak więc komputer może nie tylko obliczać, ale i sterować maszynami i procesami. I to staje się dziś podstawową funkcją komputera, a właściwie mikroprocesora. Jest on urządzeniem przełączającym, a sterowanie w istocie jest ciągłym przełączaniem.

Mikroprocesor jest centralnym elementem komputera. Realizuje on przełączanie (sterowanie) w technice cyfrowej i składa się z dwóch istotnych elementów: sieci przełączającej i pamięci. Oba te elementy mogą być dowolnie zmieniane (programowane).

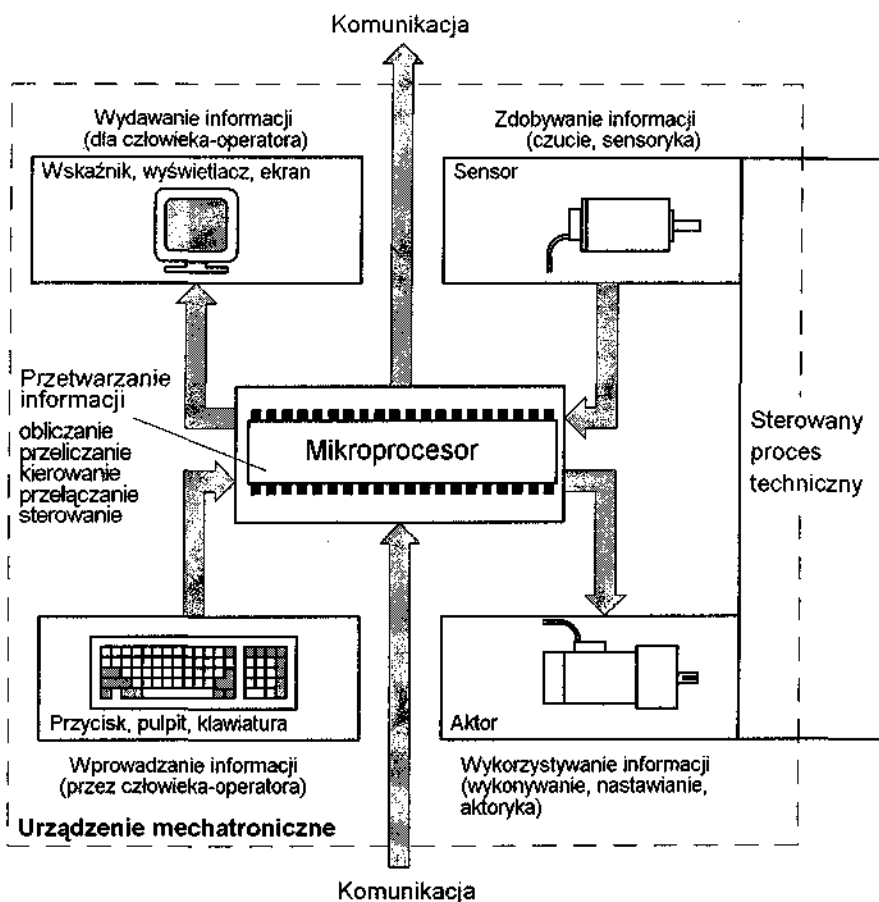
Mikroprocesory - a więc elektroniczne maszyny-rachmistrze - spotyka się dziś wszędzie. Dlaczego odniosły taki sukces? Odpowiedź jest prosta: są śmiesznie małe i tanie. Narodziny mikroprocesora spowodowały nowe spojrzenie na procesy przepływu informacji w maszynach. Jego olbrzymie możliwości obliczeniowe i łatwość programowania, w połączeniu z miniaturowymi rozmiarami i coraz niższą ceną, spowodowały, że zaczęto zastanawiać się jak racjonalnie wykorzystać go w układach sterowania maszyn. Tak narodziła się mechatronika - interdyscyplinarny obszar nauk technicznych, próbujący zintegrować mechanikę, budowę maszyn, elektrotechnikę, elektronikę i informatykę. Dziś nie ma nowoczesnej maszyny bez mikroprocesora. Staje się on standardowym elementem maszyny, takim jak łożyska, sprzęgła czy przekładnie zębate.

## *Mechatronika*

Pojęcie mechatroniki wprowadzili Japończycy na początku lat siedemdziesiątych. Wprowadzono je w celu opisu zastosowania elektroniki i informatyki do praktycznych zastosowań sterowania mechanizmami i systemami mechanicznymi (mechanizm + elektronika). Japończycy szybko wykorzystali zalety tej zintegrowanej techniki, co widać po ich dominacji na rynku produktów konsumpcyjnych.

Rysunku 15.6 przedstawia uniwersalny schemat urządzenia mechatronicznego. Jest on słuszny zawsze wtedy, gdy człowiek-operator już nie nadzoruje procesu

technicznego sam swoimi zmysłami (sensoryka) i nie wpływa na ten proces swoimi czynnościami mchowymi (motoryka), lecz stosuje do tego celu sterowanie (sterownik mikroprocesorowy), któremu wydaje własne rozkazy i z którego otrzymuje meldunki zwrotne. Bezpośrednie włączenie się człowieka w proces zastąpione jest dialogiem między człowiekiem i sterowaniem (mikroprocesorem). Aby taki dialog umożliwić, urządzenie ma elementy do wprowadzania informacji (przyciski, klawisze, pokrętła czy dźwignie do wprowadzania ręcznego lub mikrofony do wprowadzania głosowego), oraz do wydawania informacji (wskaźniki, wyświetlacze, ekrany, głośniki). Czujniki (sensory) dostarczają sterowaniu informacji o wielkościach fizycznych w procesie. Informacje ze sterowania, po odpowiednim przetworzeniu, są dostarczane do urządzeń wykonawczych (aktorów), aby w pożądanym sposób zmieniać te wielkości.



Rys. 15.6. Uniwersalny schemat urządzenia mechatronicznego



Cechą charakterystyczną urządzenia mechatronicznego jest *rozbudowane przekazywanie informacji* do, z, lub wewnątrz systemu. Przekazywanie to nadaje dodatkową wartość układowi mechanicznemu i jest, być może, najbardziej znaczącym dokonaniem ostatnich czasów. Tworzy ono bazę do symulowania inteligencji, a temu towarzyszy rozszerzenie „mądrości” systemu w ogóle.

## Synteza

Podczas syntezy wychodzimy z wymagań, które mają spełniać nieznanne jeszcze maszyny i urządzenia do przetwarzania sygnałów. Wymagania są „wejściem” do urządzenia przetwarzającego sygnał. Jako przykład pokazania sposobu postępowania rozpatrzmy bezpieczeństwo urządzenia. Chodzi o „bezpieczeństwo” urządzenia, w którym energia, materiał lub sygnały są przetwarzane, o bezpieczeństwo operowania tym urządzeniem i bezpieczeństwo otoczenia (środowiska).

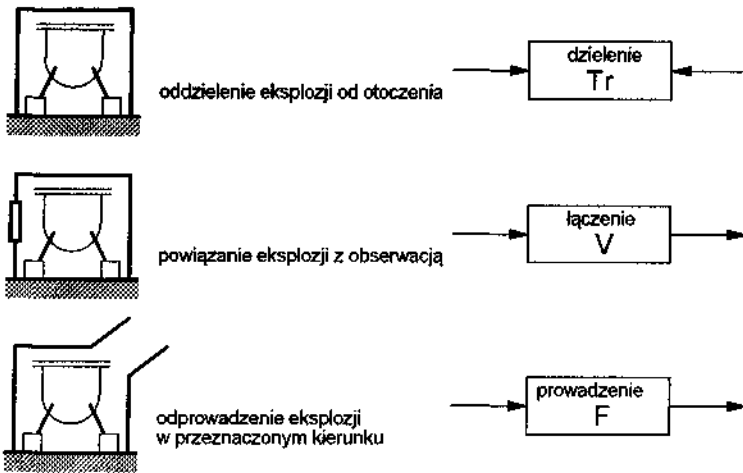
Prostym przykładem może być autoklaw (naczynie ciśnieniowe), który po przekroczeniu ciśnienia granicznego może eksplodować. Pomieszczenie, w którym znajduje się autoklaw, może być tak skonstruowane, że spełniać będzie jedną z trzech podstawowych funkcji ochrony otoczenia przez:

- oddzielenie eksplozji od otoczenia za pomocą pomieszczenia odpornego na ciśnienie;
- powiązanie zdarzenia eksplozji (przez odporne okna) z obserwacją przez operatora;
- przez odprowadzenie ciśnienia eksplozji w z góry przeznaczonym kierunku, bez narażenia operatora i otoczenia.

Można więc pomieszczenie autoklawu dopasować funkcjonalnie do niebezpieczeństwa eksplozji i otoczenia (rys. 15.7). Źródła niebezpieczeństwa mogą być unieszkodliwione zgodnie z funkcjami podstawowymi. Te proste przedsięwzięcia dają się wykonać bezpośrednio za pomocą konstrukcji.

Jak więc teraz pojęcie bezpieczeństwa przetworzyć w jakimś skomplikowanym przypadku w urządzenie, które będzie to bezpieczeństwo zapewniać? Weźmy za przykład bezpieczeństwo urządzenia produkcyjnego, jakim jest maszyna do produkcji folii z tworzywa sztucznego, bez wchodzenia w szczegóły samej maszyny. Urządzenie to jest jądrem całego systemu. Poprzedzają je systemy dostarczania materiału i energii, a następują po nim systemy przygotowania produktu względnie odpadów i odzyskania energii.

Gdy sygnał, wtedy działanie



Źródło: Rodenacker 1983

Rys. 15.7. Podstawowe funkcje ochrony otoczenia naczyń ciśnieniowych

Systemy te podporządkowane są operatorowi i systemom: otoczenie, zakład, fabryka itd. Wszystkie te elementy powinny zostać uwzględnione w przedsięwzięciach bezpieczeństwa. Tabele 15.2 i 15.3 pokazują pojęciowy podział „bezpieczeństwa”. Linia przewodnią rozważań o bezpieczeństwie jest myślenie w kategorii systemów, podsystemów i nadsystemów. Już dla samego zmniejszenia obciążenia operatora dają się wyodrębnić każdorazowo szczegółowe przedsięwzięcia (tab. 15.4).

Tabela 15.2.

#### Podział pojęcia „bezpieczeństwo”

Narażenie (czego lub kogo, przez co lub przez kogo?)	Przykłady: bezpieczeństwo ze względu na
maszyna przez siebie samą	wyłączenie napięcia elektrycznego
operator przez samego siebie	zmęczenie operatora
maszyna przez operatora	błąd operatora
operator przez maszynę	wypadek przy maszynie
otoczenie przez maszynę	eksplozja
maszyna przez otoczenie	ładunek statyczny w pomieszczeniu
operator przez otoczenie	zbyt duża temperatura w pomieszczeniu
otoczenie przez operatora	opryskanie otoczenia olejem przez operatora
maszyna przez maszyny poprzedzające	zator w magazynie pośrednim
maszyna przez maszyny następujące	zator przez napęd synchroniczny

Źródło: Rodenacker 1983

Wszystkie przedsięwzięcia prowadzą do oddzielenia źródeł zakłóceń lub ich ujęcia przez powiązanie ich właściwości fizykalnych z sygnałami i ich przygotowaniem. W ten sposób, ogólnie biorąc, wymagania, sformułowane jako pojęcia, dają się przetworzyć w odpowiednie urządzenia.

Tabela 15.3.

### Bezpieczeństwo ze względu na zakłócenia

Typy zakłóceń
błędy
uszkodzenia
awarie
katastrofy

Źródło: Rodenacker 1983

Tabela 15.4.

### Bezpieczeństwo samego operatora

#### *Niebezpieczeństwa wypadku operatora*

Usunięcie - *bezpośrednie* przedsięwzięcia konstrukcyjne

powierzchnie nieruchome: krawędzie, kanty, kąty, miejsca zaciskania  
 powierzchnie ruchome: obracające się walce, pary walców, ruch posuwisty (prasy, nożyce)

drogi (ścieżki) operatora: pokrywy, pomosty, schody drabiny  
 warunki w pomieszczeniach: oświetlenie, wietrzenie, temperatura  
 roboczych:

#### *Obciążenie operatora*

Usunięcie - *pośrednie* przedsięwzięcia konstrukcyjne

Zwrócenie uwagi na trud pracy, ilość pracy, przetwarzanie informacji, konieczny poziom uwagi, nacisk odpowiedzialności, brak kontaktu (zmiana nocna), zmęczenie, stan zdrowia

Źródło: Rodenacker 1983

## Podsumowanie

Jako cel merytoryczny przeanalizowaliśmy strukturę zamku, do którego otwarcia należy spełnić szereg warunków. Odwrotnie zostało potraktowane pojęcie bezpieczeństwa. Przetworzyliśmy je w warunki, które dają się zrealizować za pomocą elementów strukturalnych w odpowiednim układzie przełączającym. W ten sposób mogą być także przetwarzane inne pojęcia w odpowiadające im urządzenia. Chodzi tu o takie pojęcia, jak ekonomiczność, niezawodność itd.

Jako cel operacyjny przybliżyliśmy abstrakcyjne przedstawienie zabezpieczeń i sterowań. Na tej podstawie są formułowane także programy przebiegów czasowych. Od tego zaczyna się konstruowanie licznych urządzeń do przetwarzania sygnału (informacji): od mechanicznego zamka drzwiowego do elektronicznego mikroprocesora (komputera). I zamek i mikroprocesor są bowiem urządzeniami przełączającymi. Przełączającymi wtedy, gdy zostają spełnione określone warunki. Różnica jest tylko taka, że mikroprocesor przełącza miliony razy szybciej.

Przedstawiony sposób rozważania nadaje się nie tylko dla urządzeń obrabiających sygnały cyfrowe, czyli dyskretne, ale także analogowe. Także tutaj dochodzimy do obszarów specjalistycznych, jak technika pomiarów, automatyka czy technika komputerowa. Uzupełnieniem tych obszarów w nauce o budowie maszyn jest nauka o sterowaniach obrabiarek, maszyn włókienniczych i pakujących oraz urządzeniach manipulacyjnych (jak roboty, systemy magazynowania) i także obszar techniki regulacji.

Pokazaliśmy, że funkcją mikroprocesora (komputera) jest nie tylko obliczanie i przedstawianie czegoś za pomocą liczb, ale także sterowanie maszynami i procesami. Istotą sterowania jest bowiem przełączanie. To właśnie staje się dziś podstawową funkcją mikroprocesora i służy mechatronice - interdyscyplinarnemu obszarowi nauk technicznych, który próbuje zintegrować mechanikę, budowę maszyn, elektrotechnikę, elektronikę i informatykę.

## Rozdział 16.

### Wnioski z przykładów

Celem rozważań w tym rozdziale jest wyciągnięcie wniosków z dotychczasowego przedstawienia trzech prostych przykładów: noża, mątewki i zamka. Wnioski te są nietypowe, ale konieczne dla dzisiejszego rozumienia techniki. Zostaną one podsumowane w kilku tabelach, co powinno ułatwić porządkowanie nowej wiedzy technicznej.

#### Sens przedstawionych przykładów

##### Zrozumienie

Rozpoczynanie nauczania techniki od wiedzy o wysokim poziomie abstrakcji (np. od formułowania praw matematycznych) jest zjawiskiem bardzo częstym. Powiązania matematyki i fizyki z techniką są dla początkującego ucznia czy studenta często trudne do rozpoznania. Dlatego sens przedstawionych trzech podstawowych przykładów polega na objaśnieniu przejścia od konkretnych, łatwo dostępnych obiektów do ich językowego i naukowego przedstawienia.

Przeprowadzone analizy i ich odwrócenie - czyli syntezy - pokazały, że potrzebne są pojęcia o różnym stopniu abstrakcji. *Przechodzenie od konkretnego do abstraktu i znowu do konkretnego jest jednak istotne dla zrozumienia nauki i techniki. Czyż zrozumienie pojęć, takich jak np. pojęcie energii, nie następuje dopiero po dłuższym ich stosowaniu? Czyż nie pozostaje wiele cennych prac na etapie abstrakcji, bez oferty konkretnych zastosowań jako właściwego wyniku pracy inżynierskiej?*

##### To, co proste

Wprowadzone przykłady, prastare do dziś stosowane urządzenia, są krańcowo proste i odnoszą się do całego zakresu techniki. Dopiero do tego, co proste, dołącza to, co skomplikowane. *Najpierw powinniśmy zawsze zbadać to, co jest proste, zanim wybierzemy to, co jest złożone, skomplikowane, jeżeli proste nie spełnia wymagań. Jak pokazały syntezy nawet pojęcie wysoce*

abstrakcyjne zawiera zawsze możliwości wyboru kolejnego niższego stopnia. Pokazała to funkcja „dzielenie” w przypadku fizykalnych zasad działania czy zasada działania „skrawanie”, która daje różne zmienności kinematyczne w kombinacji narzędzie-materiał obrabiany. Abstrakcja oferuje więc przegląd każdorazowych możliwości, z których może być wybrane rozwiązanie najprostsze. Na tym polega właśnie sens i konieczność abstrakcji.

### Sposób myślenia

Wybrane przykłady wskazują na zadziwiającą *stałość technicznych sposobów myślenia przez całe tysiąclecia*. Przetworzone urządzenia zostały stworzone intuicyjnie. Warunkiem ich rozwoju był także długi czas i przypadek. Użycie narzędzi i wiążące się z tym nadawanie form materiałom mogłoby, wskutek długich okresów rozwoju, należeć do dziedzicznych cech człowieka. Szczególnie zadziwiająca jest logika tkwiąca w zamku egipskim.

Rozwijanie racjonalnego sposobu myślenia skracało okresy rozwoju techniki i pozwalało na *świadome poszukiwanie rozwiązań problemów*. Za pomocą intuicyjnego sposobu myślenia nie można po prostu uwzględnić dużej liczby punktów widzenia, jakie występują w dzisiejszych problemach. Liczba ta jest często większa od stu. Nasz mózg zaś jest zdolny przede wszystkim do prostego, liniowego sposobu myślenia.

### Uczenie się

Do tej pory budowanie maszyn polegało głównie na kopiowaniu wzorcowych przykładów znanych maszyn. W centrum takiego postępowania stoi obliczanie. Takie potraktowanie materiału (analiza) jest niezbędne jako wstęp, ale niewystarczające do tworzenia innowacji. Innowacja powstaje bowiem przez skojarzenie i następujące po nim obliczenie. Podczas rozwiązywania zadań trzeba iść w głąb, w szczegóły. Coraz bardziej chodzi o to, aby wymagania techniczne spełniać nie znanymi dotąd obiektami techniki. Wymaga to nietypowego dotychczas w technice sposobu uczenia się, jakim jest *uczenie się systematycznej syntezy obiektów technicznych (np. maszyn) przez rozwiązywanie zadań*, podobnie jak to jest w nauczaniu np. chemii. W nauczaniu budowy maszyn odpowiada temu metodyka konstruowania i technika systemowa.

## Wyniki analizy przykładów

### Cechy funkcjonalne

Rozważanie prastarych przykładów pokazuje nam wyraźnie jak dużo zależy od samego rodzaju opisu maszyn i urządzeń. Opis z wyglądu lub opis wytwarzania należy uzupełnić opisem, który wychodzi z przeznaczenia czy działania maszyny i jej części. Przeznaczenie maszyny i jej elementów jest najważniejszym punktem widzenia podczas wolnego wyboru fizykalnych zasad działania. Dla opisu słownego potrzebne są nowe, precyzyjne pojęcia. Język naszego myślenia, od którego zależy zarówno graficzne przedstawienie poszczególnych faz konstrukcyjnych, jak i sterowanie obrabiarką wytwarzającą produkt, może być decydujący dla tego produktu.

Rozpatrzenie wybranych przykładów przetwarzania materiału, energii i sygnału prowadziło nas do cech strukturalnych w trzech stopniach abstrakcji:

- w środkach działania (powierzchnie działania i ruchy działania);
- w fizykalnych zasadach działania, oraz
- w zamierzonych działaniach, czyli funkcjach.

Z rozważań w tych trzech stopniach abstrakcji rozważania w płaszczyźnie konkretnej sprawiają oczywiście najmniej kłopotu. W przypadku fizykalnych zasad działania należy pamiętać, że procesy fizykalne same w sobie nie mają konkretnego przeznaczenia. Fizykalne działanie w celu spełnienia jakiejś funkcji następuje dopiero przez wybór wielkości wejściowych i wyjściowych jakiegoś systemu fizykalnego.

Największe trudności powstają podczas rozważania funkcji. Tradycyjna nauka budowy maszyn, z panującymi w niej maszynami energetycznymi, poświęcała niezbyt dużo uwagi podstawowym funkcjom elementów maszyn i samych maszyn. Maszyny, w których istota sprowadza się głównie do sterowania, jak np. maszyny włókiennicze i pakujące, są w tej nauce prawie nie spotykane. Sytuacja ta zmieniła dziś całkowicie. Sprawily to ścisłe powiązanie przetwarzania materiału, energii i sygnału w dzisiejszych maszynach oraz swobodna możliwość wyboru elementów mechanicznych, hydraulicznych, elektrycznych i elektronicznych, np. w technologii maszyn.

Technika stała się złożona, skomplikowana. W takiej skomplikowanej technice nie można się już obejść bez rozważania funkcji. Oczywiście dotyczy to także prostego przypadku elementów maszyn.

## Porównanie cech funkcjonalnych

Porównanie konkretnych i abstrakcyjnych funkcji przetwarzania materiału (rys. 13.5), przetwarzania energii (rys. 14.4) i przetwarzania informacji (rys. 15.7) prowadzi do pewnego zaskoczenia. Otóż widzimy takie same trzy funkcje w każdym z tych przetworzeń: (1) *dzielenie* (oddzielanie, rozdzielanie), (2) *łączenie* i (3) *przewodzenie* (przeprowadzanie, odprowadzanie). Ta tożsamość wynika ze sposobu myślenia w języku, który zna te same abstrakcyjne stosunki między pojęciami, bez wnikania w treści tych pojęć. Te stosunki można nazwać orzeczeniami (predykatami). I tak możemy rozróżnić:

- proste stosunki (relacje) między pojęciami, a mianowicie:
  - *identyczność* lub tożsamość (powiązywalność),
  - *dywersyfikację* lub różnorodność (rozdzielność), oraz
- stosunki warunkowe, a mianowicie:
  - stosunek „*jeśli, to*”, jako wskazówkę powiązania,
  - stosunek „*albo, albo*”, jako wskazówkę rozdzielenia.

Są to reguły myślenia logiki, która dla wielu jest zwykle trudna do zrozumienia. Można jednak znaleźć do niej prosty dostęp w sposób tu pokazany, wychodząc z użycia narzędzi i przyrządów (zamek). Działanie i myślenie zawsze są w ścisłym związku.

## Dziedziny techniki i ich „języki”

Na przykładzie różnych rodzajów opisu obiektów technicznych - opisu wyglądu, opisu wytwarzania i opisu funkcjonowania - wyraźnie widać znaczenie każdego z tych „języków” i zastosowanych pojęć. Szczególne cechy np. noża powstały przez odniesienie narzędzia do systemu, w którym pracuje. Podobnie postąpiliśmy podczas podziału pojęcia „bezpieczeństwo”. W tym należy rozpoznawać znaczenie języka jakościowego dla precyzowania informacji technicznej. Nabycie umiejętności tego rodzaju należy do podstawowych zadań edukacji technicznej.

Podczas rozważania przykładów wyjściowych wykrystalizowały się obszary techniki, znane pod innymi nazwami, jak teoria maszyn i mechanizmów, fizyka inżynierska czy logika sterowania. W obszarach tych typowe są określone języki (tab. 16.1). Stopnie abstrakcji tych języków przedstawione zostały w tabelach 16.2 - 16.9. Za pomocą języków jakościowych można wyrazić tylko, że coś jest mniejsze lub większe, lepsze lub gorsze czy czegoś jest mniej lub więcej. Dlatego w tabelach zwróciliśmy uwagę na to, że język jakościowy należy możliwie daleko uzupełnić ilościowym językiem matematyki.



Tabela 16.1.

<u>„Języki” dziedzin techniki i płaszczyzny ich abstrakcji</u>	
<u>Język</u>	<u>Płaszczyzny abstrakcji</u>
Język środków działania	nadawanie postaci (formy) teoria maszyn i mechanizmów
Język fizycznej zasady działania	abstrakcyjne płaszczyzny fizyki konkretny przykład: styk dwóch elementów zakłócenia zjawiska fizycznego
Język struktury funkcjonalnej	różne płaszczyzny abstrakcji
Język systemów	cechy systemów znane struktury
<u>Pisemne przedstawienie powyższych języków</u>	

Źródło: Rodenacker 1983

Za pomocą tabel powinniśmy dojść do wniosku, że zajmowanie się poszczególnymi dziedzinami techniki jest równoznaczne z wyuczeniem się szeregu języków, które trzeba sobie przyswoić. Zadanie tabel polega tu tylko na tym, aby czytelnika wprowadzić w stan pozwalający na uporządkowanie nowych informacji w pewnym obrazie całościowym. Oprócz tego nie możemy, z powodu obszerności, podać żadnych dalszych objaśnień, poza odesłaniem do literatury podstawowej. Stosując się do zasad pogłębienia i przyzwyczajania, pojęcia w tabelach zostały przedstawione od konkretów do abstraktów.

### Język środków działania

Nadawanie formy powierzchni działania dotyczy najpierw funkcji, a później kombinacji pewnej liczby tych powierzchni. Następnie uwzględniany jest sposób wytwarzania tych powierzchni i ich estetyka, zgodnie z przedstawionymi na początku sposobami opisu obiektów technicznych (tab. 16.2).

Tabela 16.2.

<u>Ustalanie powierzchni roboczych (nadawanie formy)</u>	
<u>Punkt widzenia</u>	<u>Przykład</u>
Wychodzenie z funkcji	
jako powierzchni dzielenia	miejsce podziału części
jako powierzchni łączenia	przekazywanie siły, ruchu
jako powierzchni prowadzenia	przewodnice ślizgowe
Nadawanie formy złożonym zestawom powierzchni działania	
jako podstawom (korpusom)	korpusy maszyn
jako zespołom nośnym	rasztowania
Wychodzenie z wygodnego sposobu wytwarzania	
jako procesu dzielenia	cięcie palnikiem
jako procesu łączenia	spawanie, klejenie
jako procesu formowania (prowadzenia)	prasowanie proszków, kucie

Źródło: Rodenacker 1983

Ustalanie ruchów działania jest domeną znanej od dawna teorii maszyn i mechanizmów. Jak to zobaczyliśmy na przykładzie mątewki i wiertarki linkowej, teoria maszyn i mechanizmów czyni użytek z wielu płaszczyzn abstrakcji (tab. 16.3). Każdorazowa płaszczyzna abstrakcji umożliwia przegląd możliwych do pomyślenia wariantów na płaszczyźnie następnej, podobnie jak to objaśniliśmy w przypadku syntezy noża kuchennego.

Celem jest szukanie najprostszej przekładni dla postawionego zadania. Służy temu obszerna literatura.

Tabela 16.3.

Ustalanie ruchów działania - teoria maszyn i mechanizmów

---

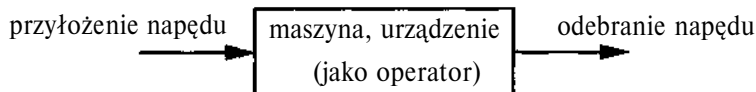
*Teoria maszyn i mechanizmów*

\* jako analiza właściwości form przekładni, względnie wytworzenie powierzchni przenoszących ruch,

\* jako synteza możliwie prostych struktur przekładni dla danych torów i warunków zachowania się przekładni

*z płaszczyznami abstrakcji:* rysunek konstrukcyjny  
schemat przekładni  
postać konstrukcyjna przekładni  
łańcuch kinematyczny  
graf

przekładnia podstawowa: czworobok przegubowy




---

Źródło: Rodenacker 1983

### Język fizycznej zasady działania

Sposób wykorzystania efektów fizycznych pokazaliśmy w rozdziale 14, na przykładzie tarcia Coulomba. Przez ustalenie wielości wejściowych i wyjściowych możliwych systemów powstają potrzebne nam funkcje. Można to czynić w sposób racjonalny, przez systematyczne „odpytanie” zasad działania według obszarów (przetwarzanie materiału, energii i sygnału), według dziedziny techniki (mechanika, elektrotechnika, hydraulika, pneumatyka, elektronika itd.) oraz według innych efektów szczególnych. Pokazaliśmy to podczas syntezy noża. Etapy te należy uzupełnić przez przejście do modeli matematycznych i ich sprawdzenie eksperymentalne. Jak pokazuje tabela 16.4, „operator” fizyczny wiąże nastawialną wielkość z wielkością skuteczną, wynikającą z nastawienia tej pierwszej.

## Ustalanie zjawiska fizycznego - fizyka stosowana (techniczna)

*Fizyka stosowana (techniczna)*

\* jako *analiza zjawiska fizycznego* (wolnego od przeznaczenia, od funkcji):

zależności między wielkościami wpływającymi  
zakłócenia

„doświadczenie” techniczne (abstrahując od zdarzeń chemicznych i biologicznych)

\* jako *analiza fizycznych zależności działania* (spełniających funkcję):

funkcje dające się spełnić (potencjalne)

charakterystyki dające się uzyskać

\* jako *synteza systemów fizycznych*:

przez wybór wielkości wejściowych i wyjściowych:

efektów fizycznych (np. tarcia)

systemów fizycznych (np. układ drgający)

z *płaszczyznami abstrakcji*:

\* maszyna, urządzenie, przyrząd, aparat

\* model: efektów fizycznych, systemów fizycznych

\* obrazy przepływu (strumieni): materiału, energii, sygnału

\* systemy pomiarowe do przejścia z modeli fizycznych na matematyczne  
i ich sprawdzenie eksperymentalne

\* modele matematyczne (sformułowanie współzależności)

przykłady:

przypadkowość czynników

stany statyczne/stacjonarne

stany dynamiczne

optymalizacja systemów

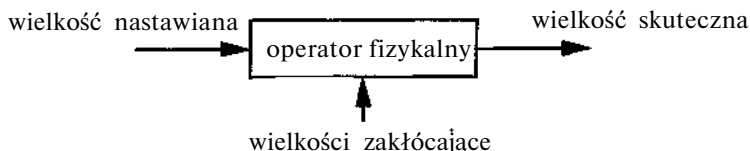
statystyka

równania

równania różniczkowe

badania operacyjne

System podstawowy



Źródło: Rodenacker 1983

Na to powiązanie wielkości nastawianej z wielkością skuteczną duży wpływ mają wielkości zakłócające. Można je mierzyć statystycznie. Przy tym należy mieć na uwadze istotną różnicę między rozrzutem bezwzględnym i względnym. Określone dopuszczalne rozrzuty lub tolerancje wartości produkcji mogą być utrzymane przez określoną jakość maszyn i urządzeń.

## Język struktury funkcjonalnej

W przypadku ustalania struktury funkcjonalnej chodzi o wysokorozwinięty obszar techniki, w którym czyni się użytek z wielu stopni abstrakcji, jak to pokazuje tabela 16.5. To, że nie chodzi tu o jakiś obszar izolowany, podkreślaliśmy już wcześniej. Realizacja różnych funkcji została przedstawiona na przykładzie narzędzi podobnych do noża, czy na przykładzie tarcia Coulomba.

Tabela 16.5.

### Język ustalania struktury funkcjonalnej

---

*Analiza* logicznych warunków i celów systemów logicznych (bezpieczeństwa, sygnalizacji, obliczania)

*Synteza* systemów logicznych na podstawie warunków, z góry przepisanych operacji, programów

*z płaszczyznami abstrakcji:*

elementów logicznych (elementy łączące, dzielące)

połączeń elementów logicznych (proste, rozgałęzione, mostek, sprzężenie)

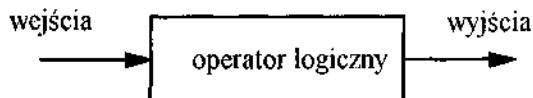
kombinacji elementów podstawowych (jeżeli/to, sygnał/rozkaz)

operatorów logicznych („i”, „lub”, „NOR” itd.)

schematów przełączeń

struktur hierarchicznych (komputer)

matematycznego formułowania struktur ( algebra Boole'a)




---

Zródło: Rodenacker 1983

Jeszcze do niedawna w budowie maszyn pojęciu funkcji nie poświęcano dostatecznej uwagi, ponieważ nie widziano korzyści. Te ostatnie pojawiają się jednak wtedy, gdy np. w zadaniu, takim jak nadawanie kształtu przedmiotowi obrabianemu, należy rozpatrzyć pełne pole rozwiązań. Z drugiej strony istnieje obfitość struktur znanych (tab. 16.6), których aspekty fizykalne wyróżniane są jako obszary szczególne, jak np. w przypadku regulatorów. Wzajemne zależności między strukturami nie znajdują jeszcze należytej im wagi w badaniach naukowych.

## Systemy o znanych strukturach funkcjonalnych

Kategoria systemu	Przykłady
Systemy <i>proste</i> (człony łączące)	
przekładnik	przekładnie (udział intensywności)
przetwornik	turbiny (rodzaj energii)
czujnik	sensory (przetwarzanie sygnału)
Systemy <i>zasobnikowe</i> (magazyny, akumulatory)	
statyczne	sprężyna, zasobnik ciśnienia
dynamiczne	koło zamachowe
Systemy <i>pomiarowe</i>	
jedno wejście/jedno wyjście	
systemy spoczynkowe	przyrząd wskaźnikowy
systemy ruchome	licznik
dwa wejścia/jedno wyjście	
systemy spoczynkowe	waga
systemy ruchome	sterowanie nadażne
Systemy <i>ze sprzężeniem zwrotnym</i>	
systemy spoczynkowe	regulator
systemy ruchome	samoczynny przerywacz (maszyny tłokowe, mierniki ilości)
Systemy <i>sterowania</i>	
wejścia	sygnały analogowe, cyfrowe
operatory	wzmacniacze, przełączniki logiczne
wyjścia	rozkazy
blokady	bezpieczniki (np. w prasie)
programy czasowe	sterowanie maszyn (np. pralki)
układy nadmiarowe	przełączenie rezerwowe
procesory	roboty
Systemy <i>obliczania</i>	komputer

Źródło: Rodenacker 1983

## Język techniki systemowej

Do jasności pojęciowej bardzo istotnie przyczyniła się technika systemowa. Wyobrażenie jakiegoś odgraniczzonego obszaru z wejściami i wyjściami daje się zastosować nie tylko w skomplikowanych systemach technicznych, składających się z systemu-jądra, systemów poprzedzających i następujących, oraz systemów nadrzędnych (tab. 16.7). Pokazaliśmy to na przykładzie cech szczególnych noża czy pojęcia bezpieczeństwa. Zastosowanie podejścia systemowego jest ogólne, jak to pokazuje tabela 16.8.

Tabela 16.7.

## Język techniki systemowej

### *Analiza maszyn i urządzeń*

redukcja do jakiegoś odgranizowanego obszaru z wejściami i wyjściami oraz maszynami i urządzeniami jako operatorami, które wywołują przejście „wejście -> wyjście”

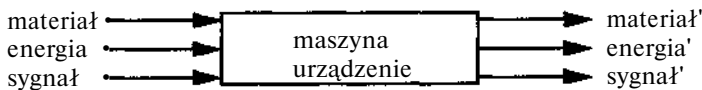
*Synteza systemów* składających się z:

- \* systemu-jądra
- \* systemów poprzedzających (następujących)
- \* systemów nadrzędnych: ergonomia, człowiek, ekologia, środowisko, recykling, odpad, gospodarka itp.

z następującymi *poziomymi abstrakcjami*:

<u>pozioma</u>	<u>wejście</u>	<u>operator</u> wejście ->wyjście	<u>wyjście</u>
konkretna	napęd przyłożony	przekładnia	napęd odbierany
	doprowadzenie materiału	maszyna, urządzenie	odprowadzenie materiału
fizykalna	wielkość nastawiana	zależność fizykalna	wielkość otrzymana
logiczna	wejście	zależność logiczna	wyjście

### *System podstawowy*



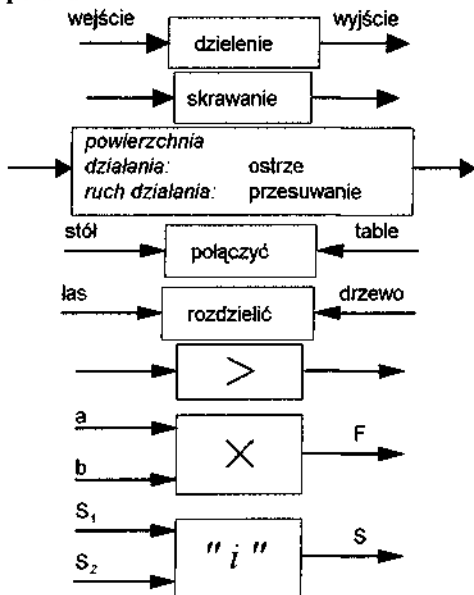
Źródło: Rodenacker 1983

## Pisemne przedstawianie języków

Przedstawione wyżej Języki" mają swoje „pismo". W technice stosowane są przedstawienia o różnym stopniu abstrakcji (tab. 16.9). Sposoby przedstawienia zmieniają się od widoku obiektów do schematów połączeń z uzgodnionymi symbolami. W ten sposób informacja jest silnie zagęszczana i upraszczana. Wymiana informacji jest bardzo ułatwiona, ponieważ duża część symboli ma charakter międzynarodowy.

## Systemy

## Operand



## Relacja

funkcjonalna

fizykalna

konstrukcyjna

pojęciowa (równoważne,  $\equiv$ )pojęciowa (różne,  $\neq$ )

jakościowa (większe od)

ilościowa ( $a \times b = F$ )logiczna ( $S, i, S_2$ )

Źródło: Rodenacker 1983

Tabela 16.9.

## Rodzaje przedstawiania informacji technicznych według stopni abstrakcji

Stopień abstrakcji informacji

Formy pośrednie

Główny odbiorca informacji

rysunek eksplodujący

rysunek perspektywiczny

rysunek wykonawczy detalu (części)

rysunek konstrukcyjny zestawieniowy

rysunki projektowe

modele przekładni

modele fizykalne

modele matematyczne

szkice jakościowe

szkice zasady działania

schematy blokowe

schematy z oznaczeniami

graficznymi

-&gt; dyskietka -&gt; materiał wyjściowy obróbka materiału dane obróbkowe postać

przedstawienie ilościowe

-&gt; schematy przełączeń, schematy przepływów

użytkownik

maszyny

wytwórca

maszyny

konstruktor

maszyny

Źródło: Rodenacker 1983

## Rozdział 17.

### Co to są zadania techniczne i na czym polega ich rozwiązywanie?

#### *Skąd się biorą zadania techniczne?*

Należy wreszcie postawić pytania: Skąd się biorą zadania techniczne? Jakie są ich rodzaje i jak zabieramy się do ich rozwiązywania? U podstaw zadań technicznych leżą wymagania, a raczej źródła tych wymagań. Tabela 17.1 pokazuje to w skrócie. Wymagania należy przełożyć na język maszyn, przede wszystkim na cechy funkcjonalne, które określają wielkości wejściowe i wyjściowe zastosowanych systemów fizycznych. Czyni się to zarówno dla jądra systemu, jak i jego części składowych, za których pomocą uwzględnia się wymagania systemów współpracujących.

Tabela 17.1.

#### Źródła wymagań leżących u podstaw zadań technicznych

popyt	rynek	produkcja
byt	innowacje	poprawa sprawności (energia)
zdrowie	produkty konkurencyjne	ciepło tracone
wolność	możliwy udział rynku	wykorzystanie materiału
luksus	cykl życia produktu	odpad
obrona	wartość ponownej sprzedaży	koszty kapitału
postęp techniczny	wartość złomu	koszty wynagrodzenia
średnia technika	kryteria (ilość, jakość, koszty)	usługi obce
<u>wymagania z systemów: poprzedzających, następujących, nadrzędnych</u>		

Źródło: Rodenacker 1983

#### *Istota i typy zadań technicznych*

Istota zadania technicznego polega na przetłumaczeniu wymagań w zadaniu (zamówieniu) z dowolnego języka na trzy języki: język logiki (układów logicznych), język fizyki i język konstrukcji (techniki konstruowania).



Typ zadań technicznych jest określany przez wejście i wyjście systemu. Pokazują to przykłady w tabeli 17.2. Rozpocząć rozwiązywanie zadania można na każdym stopniu abstrakcji, dla którego mamy różne wyobrażenia o celu. Na każdym stopniu abstrakcji należy się liczyć z różnymi ograniczeniami dotyczącymi wymagań (tab. 17.3).

Tabela 17.2.

Zadania techniczne (istota, typy, rozpoczynanie rozwiązywania)

---

*Istota zadania technicznego*

przetłumaczenie wymagań w zadaniu (zamówieniu) z dowolnego języka na język:

\* logiczny (układów logicznych)

\* fizyczny

\* konstrukcyjny

*Typy zadań, punkty wyjścia, przykłady*

<u>wejście</u>	<u>przejście</u>	<u>wyjście</u>	przykład
<u>dane</u>	poszukiwane	<u>dane</u>	stal → • dlewanie ciągłe → <u>profil</u>
poszukiwane	poszukiwane	<u>dane</u>	blacha → utomat wykrawająco-zginający → <u>haczyk do obrazka</u>
<u>dane</u>	poszukiwane	poszukiwane	<u>poliamid</u> → urządzenie do produkcji drutu → drut na liny

*Rozpoczynanie rozwiązywania*

od wymagań

od cech fizycznych

od cech konstrukcyjnych

jakie takie same funkcje za pomocą efektów fizycznych?

jakie takie same efekty dla różnych funkcji?

przykłady

zdania warunkowe

optymalizacja fizyczna

obniżanie wpływu zakłóceń

sensory, czujniki

tarcie

Zródło: Rodenacker 1983

## Kryteria wyboru rozwiązań

Do wyboru rozwiązania stosuje się kryteria. Służą one znalezieniu optymalnego rozwiązania zadania. Przykład syntezy noża pokazał, że możliwości wyboru powstają podczas przejścia z mniej do bardziej konkretnego stopnia abstrakcji.

Możliwości wyboru dotyczą - ogólnie biorąc - ilości i jakości przetwarzanych produktów, materiału, energii, sygnału. Nie mniej ważne jest rozpa-

trzenie innych cech, jak np. liczby części C2y miejsc łączenia części. Cechą najważniejszą są jednak koszty. Przestrzeń i czas zawarte są w fizykalnych wielkościach pomiarowych.

Produkty, wytwarzane za pomocą maszyn i urządzeń, jak energia, materiał, sygnały, wykazują zawsze jakąś cechę główną. Daje się ona scharakteryzować ilościowo lub jakościowo. Maszyny i urządzenia muszą pozwalać na utrzymanie wymaganych właściwości produktu, przy czym:

- ilość produktu określa stopień wykorzystania urządzenia;
- jakość produktu określa precyzję urządzenia.

Tabela 17.3.

## Ograniczenia dotyczące wymagań

Rodzaj ograniczenia	Przykłady
logiczne	liczba wymagań, przebieg w czasie, programy, zapewnienie przebiegu programu (blokady)
fizykalne	uprzywilejowana fizyka ( np. ochrona przed eksplozją przez zastosowanie urządzeń pneumatycznych), dysponowana energia/surowiec
konstrukcyjne	potrzebna powierzchnia, potrzebna przestrzeń, ciężar
inne systemy	estetyczny wygląd firma klient systemy ergonomiczne bezpieczeństwo, niezawodność, dyspozycyjność środki finansowe
kryteria	wytwarzanie -> użycie materiałów, wielkość produkcji, wkład maszyn, wkład pracy, wkład kapitału, zakłady pomocnicze
	ilość (wartości graniczne) jakość (wartości graniczne) koszty (wartości graniczne)

Źródło: Rodenacker 1983

Właściwości produktu są „przenoszone” na urządzenie. Kryteria, jeśli to potrzeba, są dalej uszczegółowiane:

- ilość produktu zależy od niezawodności, gotowości, liczby przebrojeń i wymiarów maszyny;
- jakość produktu zależy od zakłóceń, liczby rozruchów i zatrzymań, wykorzystania maszyny, wielkości maszyny i błędów operatora;
- koszty produkcji zależą od wynagrodzenia, materiału, usług obcych i kosztów godzinowych maszyny.

Zwykle mówi się tylko o kosztach. Właściwie należy jednak zawsze razem rozpatrywać ilość, jakość i koszty. Przy tym nie daje się jednak uniknąć trudności podczas określania wydajności, ilości czy jakości, jako rozrzutu cech jakości. Należy także myśleć o cechach określających koszty, takich jak liczba części, miejsc łączenia itd. To, co jest proste, daje się scharakteryzować za pomocą tabeli 17.4.

Tabela 17.4.

To, co jest proste w konstrukcji maszyn

logicznie	mała liczba elementów strukturalnych przełączenia bez rozgałęzień prosty obwód
fizykalnie	skuteczne efekty fizykalne, dotyczące przetwarzania energii i materiału statycznie lub ciągle przebiegające procesy efekty z małymi wpływami pobocznymi
konstrukcyjnie	mała liczba powierzchni, połączeń i miejsc podziału części powierzchnie toczone ruchy obrotowe
kryteria	duża ilość duża jakość niskie koszty?

Źródło: Rodenacker 1983

Oprócz przeglądu całościowego nie należy zapominać o pracy nad szczegółami. Stanowi ona główną część rozwoju produktu. W dotychczasowych tabelach podaliśmy środki naukowe po to, aby wniknąć w szczegóły.

### *Całość nauki o budowie maszyn*

Przez przyswojenie przedstawionych języków naukowych do przedstawiania maszyn i urządzeń można łatwiej zrozumieć technikę maszyn. Na podstawie tabel można rozpoznać jak należy postępować w szczegółach, a zwłaszcza gdy chodzi o rozwój nowych maszyn. Z przeprowadzonych rozważań można wyprowadzić nowe, całościowe spojrzenie na nauczanie budowy i eksploatacji maszyn, w nadziei, że przyjmie się ono przynajmniej w części. Istotą tego nowego ujęcia są wyobrażenia o celu analizy i syntezy, czyli fizyki inżynierskiej i konstruowania (tabele 17.5 i 17.6).

Tabela 17.5.

Nauka o budowie maszyn - analiza (fizyka techniczna)

---

<i>Nauka rozpoznawania zjawiska fizykalnego</i> (pozyskiwanie informacji)	
Zasada:	odzworowanie wielu procesów świata obiektywnego za pomocą praw zrozumiałych przez podmiot
Droga:	od konkretnego do abstraktu
Kryteria:	optymalna odpowiedniość modelu i rzeczywistości, rozwiązanie „możliwie dokładne”

---

Źródło: Rodenacker 1983

Tabela 17.6.

Nauka o budowie maszyn - synteza (nauka konstruowania)

---

<i>Nauka używania środków fizykalnych</i> (przetwarzanie informacji)	
Zasada:	badanie dużej liczby obiektów w celu spełnienia życzeń, wymagań konkretnego podmiotu
Droga:	od abstraktu do konkretnego
Kryteria:	optymalne spełnienie wymagań dotyczących ilości, jakości, kosztów, rozwiązanie „wystarczająco dobre”

---

Źródło: Rodenacker 1983

### *Podsumowanie - fizykalne iloczyny ramy techniki*

Istota zadania technicznego polega na przełożeniu wymagań w zadaniu (potrzebie, zamówieniu) z dowolnego języka na język techniki. Język techniki składa się z trzech składowych: języka konstrukcji, języka fizyki i języka logiki. Ważne jest przede wszystkim przełożenie wymagań na cechy funkcjonalne. Te ostatnie określają bowiem wielkości wejściowe i wyjściowe zastosowanych systemów fizykalnych.

Starodawne przykłady narzędzi i przyrządów nie zostały tu wprowadzone ze względów historycznych. Są one szczególnie proste i właśnie za ich pomocą można zdobyć podstawową wiedzę techniczną. Pokazują one, że mimo szybkich zmian techniki istnieje nadal coś, co się ostaje i ma stałe granice.

Przykłady te powinny poświadczyc, że nasz świat dopuszcza tylko trzy możliwości w naszych działaniach i czynnościach technicznych. Można zmieniać właściwości materiałów, czyli materii, jak to pokazaliśmy na przykładzie noża (przetwarzanie materiału). Można stosować i zmieniać siły i ruchy, co pokazaliśmy na przykładzie mąteyki i wiertarki łukowej (przekształcanie energii). Można wreszcie właściwości materiałów lub energii odczytywać jako sygnały. Okazało się, że przekazywanie określonej właściwości najprościej realizować można w postaci „właściwość istnieje” albo

„właściwość nie istnieje”, czyli w postaci zdania warunkowego, co pokazaliśmy na przykładzie zamka drzwiowego (przetwarzanie sygnału). Wszystko to razem można określić *jakofizykalne ramy techniki*.

Poznaliśmy, że narzędzia i przyrządy mają przeznaczenie, które - jako funkcja - daje się sformułować niezależnie od konstrukcji narzędzia. Dla prostego przypadku, jak pokazały trzy przykłady, istnieją operatory dzielenia (przełączania), operatory łączenia (wiązania) i prowadzenia (połączenia, relacje). Istnieje wiele bardziej złożonych struktur o określonych właściwościach. Wymagania, formułowane jako pojęcia lub w języku potocznym, należy przetłumaczyć na te funkcje lub struktury funkcjonalne, a więc na język maszyn. W ten sposób tworzy się związek z regułami myślenia, z regułami logiki.

Przeznaczenie (cel), jako struktura funkcjonalna wszystkich elementów maszyn i maszyn, tworzy *logiczne ramy techniki*.

To, co jest proste, umożliwia zrozumienie sposobu myślenia w technice. Sposób ten leży także u podstaw maszyn złożonych. Jedną z najbardziej złożonych maszyn jest komputer. Przedstawione powyżej wyobrażenia są również słuszne dla niego. Człony dzielące, które mogą być otwierane i zamykane przez człony łączące, są elementami binarnego przedstawienia liczb lub liter (prze cyfry 0 i 1), elementami języka maszynowego. Wymagania stawiane komputerowi, zachowując dotychczasowy sposób wyrażania się, są wprowadzane przez klawiaturę i tłumaczone na język maszynowy. Ich obróbka odbywa się za pomocą funkcji logicznych „i”, „lub” i „nie”. Droga obróbki jest ustalana za pomocą programu. Wyniki są wydawane na ekranie lub kierowane, np. do sterownika maszyny.

Praca inżynierska coraz bardziej dopasowuje się do komputera. Dotychczasowe zastosowania komputera pokazują, że technika maszyn i nauczanie techniki będą się zmieniać w kierunku pokazanym w tej pracy. Nie będzie można już pomijać nauczania o logicznych strukturach elementów maszyn i całych maszyn, tak samo jak ujednoczonego podsumowania fizyki inżynierskiej. Kształtowanie powierzchni działania i ustalanie ruchów działania daje się traktować ogólnie, zanim będzie objaśnione na doskonałych przykładach, jak należy wnikać w szczegóły konstruowania przy wykorzystaniu wszystkich możliwych metod naukowych.

To, że technika, podobnie jak w epoce kamiennej, daje się dziś także sprowadzić do trzech podstawowych obszarów, wydaje się być zdumiewające. Zdumiewa także stałość, najpierw intuicyjnego, a potem racjonalnego sposobu myślenia przez tysiąclecia. Wyraźne jest także to, że nauka o budowie maszyn, podobnie jak inne nauki, czyni użytek z metod abstrakcji, analizy, syntezy i logiki. Tylko sprawdzenie wyników następuje bardziej surowo i w czasie krótszym niż gdzie indziej.

## **Rozdział 18.**

### **Nauczyciel o kompetencjach metatechnicznych**

Kim powinien być nauczyciel w edukacji metatechnicznej? Technikiem znającym pedagogikę czy raczej pedagogiem znającym technikę? Propagatorem wiedzy nowej czy raczej integratorem wiedzy znanej? Krzewicielem wiedzy czy umiejętności technicznych? Typowym nauczycielem jeszcze jednego specjalistycznego przedmiotu (specjalistą) czy raczej integratorem wiedzy innych przedmiotów (generalistą)? Te i podobne pytania o kompetencje zawodowe nauczyciela techniki wydają się być najbardziej aktualne, szczególnie z punktu widzenia istniejącego kierunku studiów „wychowanie techniczne”.

Czasy, kiedy do zrobienia kariery zawodowej wystarczały nabyte na studiach specyficzne kwalifikacje zawodowe, minęły bezpowrotnie. Coraz bardziej ważne stają się tzw. kwalifikacje kluczowe [Solzbacher 1991] i wszelkiego rodzaju kompetencje zawodowe. Czym są te ostatnie? Jak miałyby wyglądać kompetencje zawodowe nauczyciela techniki realizującego edukację metatechniczną? Jaka wiedza i czy tylko wiedza je tworzy?

Wymagania na nowych stanowiskach pracy zmieniają się znacznie szybciej niż cele, treści i metody kształcenia szkolnego na wszystkich poziomach. Dlatego podstawowym warunkiem osiągnięcia i utrzymywania kompetencji zawodowych inżyniera staje się kształcenie ustawiczne, dożywotnie. Jaka jest rola tego rodzaju kształcenia w nabywaniu kompetencji zawodowych? Jakie powinny być jego cele i treści oraz kryteria wyboru tych ostatnich?

W rozdziale tym spróbujemy odpowiedzieć na tego rodzaju pytania. Zaczniemy od istoty kompetencji zawodowych i tego, co się składa na kompetencji zawodowe nowoczesnego nauczyciela techniki. Wskażemy na ogromną rolę kształcenia ustawicznego w ich nabywaniu. Na koniec zastanowimy się nad treściami i sposobami kształcenia nowoczesnych nauczycieli techniki, a więc takich, którzy mają także kompetencje metatechniczne.

## Co to są kompetencje zawodowe?

W *Słowniku Wyrazów Obcych* (PWN 1980) znajdujemy:

**kompetencja** (łac. *competentia* = odpowiedniość, zgodność; uprawnienia do działania) zakres pełnomocnictw i uprawnień; ... zakres czyjejs wiedzy, umiejętności, odpowiedzialności.

**kompetentny** (łac. *competens* = odpowiedni, zdolny) uprawniony do działania, decydowania; mający podstawy, kwalifikacje do wypowiedzania sądów i ocen.

Kompetencje są więc *zdatnością*. Zdatnością (*wystarczającą*) do czegoś, co jest potrzebne. Ktoś, kto jest kompetentny, może czynić coś w sposób efektywny i efektowny, gdyż posiada *odpowiednie kwalifikacje* (wiedzę, umiejętności, doświadczenie, odpowiedzialność).

Kompetencje nie polegają na odtwarzaniu wiedzy, lecz na jej umiejętnym stosowaniu. Samo posiadanie wiedzy nie oznacza bycia kompetentnym. Wiedza jest jednak niezbędna. Na niej bowiem opierają się inne ważne składniki kompetencji, takie jak umiejętności, rozumienie, doświadczenie, inteligencja i kreatywność. Spróbujmy je bliżej scharakteryzować:

- *Wiedza* jest *informacją*, która została *zapamiętana* i może być w każdej chwili *przywołana* w celu odpowiedzi na pytanie.

- *Umiejętności* są biegłością (wyćwiczeniem) w wykonywaniu czegoś dobrze. Mimo, że niektóre wyćwiczone umiejętności nazywane są *manualnymi* a inne *intelektualnymi*, wszystkie są *mentalnymi*, ponieważ uczenie się następuje w mózgu.

- *Rozumienie* może być opisane jako uświadamianie sobie istotnych relacji między obserwowanymi rzeczami czy zjawiskami. Skutkiem rozumienia jest zdolność do *kreatywnego używania pojęć i zasad* w odpowiadaniu na pytania, w wyjaśnianiu, w wyciąganiu wniosków, w interpretowaniu, w korygowaniu błędów, w projektowaniu, w rozwiązywaniu problemów itp.

- *Inteligencja* może być opisana jako zdolność rozumienia w ogóle [por. Strelau 1995]; jako zdolność pojmowania, rozumienia i sądzenia; jako wykształcenie umiejętności analizowania i myślenia dyskursywnego (logicznego, etapowego). *Analiza* \&& tu na pierwszym miejscu.

- *Kreatywność* zaś jest przede wszystkim mocą generowania czegoś nowego, zdolnością do znajdowania powiązań nieznanych, czyli innowacji. Tu na pierwszym miejscu jest *synteza*, skojarzona z bardziej intuicyjnym myśleniem i procedurą.

- *Doświadczenie (know-how)* również oznacza zdolność do rozwiązywania problemów, ale jest to zdolność, która bardziej zależy od *nagromadzonego doświadczenia* niż od kreatywnego stosowania pojęć i zasad (rozumienia).

Kluczowym aspektem kompetencji jest więc zastosowanie wiedzy. Do wykonania zadania zwykle potrzebna jest i wiedza i rozumienie. Bez połączenia tych dwóch składników niemożliwy jest transfer kompetencji do nowej sytuacji, szczególnie wtedy, gdy praca wymaga rozumienia całości obszaru (procesu, zagadnienia), wydania osądu czy podjęcia inicjatywy.

Czy w ramach kształcenia szkolnego można nabyć pełne kompetencje zawodowe, rozumiane jako nabycie wymienionych wyżej składników? Ze względu na ich ogromne zróżnicowanie, wzajemne uwarunkowanie (nabycie jednych jest często warunkiem nabycia drugich), oraz czas konieczny do przyswojenia, wydaje się to niemożliwe. W szkole nie można nauczyć kompetencji zawodowych; można co najwyżej wykształcić podstawowe *sprawności* (umiejętności, zdatności, biegłości) sprzyjające ich szybkiemu i skutecznemu nabywaniu. Dopiero bowiem powiązanie (dopasowanie) tych sprawności z obszarem praktyki zawodowej stworzy kompetencje zawodowe (patrz górna część rys. 18.1). Wniosek: Kompetencje zawodowe nie są właściwością absolwenta szkoły; są *relacją* między absolwentem a obszarem zawodowym, dopasowaniem do zawodu (do tego, co będzie robił).

Spróbujmy powyższe rozumowanie zastosować do nakreślenia obrazu kompetencji zawodowych nowoczesnego nauczyciela techniki. Wykorzystamy przy tym wizję kompetencji nauczyciela w XXI wieku [Report 1993] oraz obraz kompetencji zawodowych nowoczesnego inżyniera [Gawrysiak 1996aJ.

Kompetencje zawodowe nauczyciela techniki

Autorzy brytyjskiego raportu „Learningto Succeed” [Report 1993, s. 196-97] tak kreślą wizję kompetencji nauczyciela XXI wieku:

*„ W naszej wizji nauczyciel dwudziestego pierwszego wieku będzie autorytetem i entuzjastą wiedzy, idei, umiejętności, rozumienia i wartości jakie będzie prezentować uczniom. Nauczyciel będzie ekspertem skutecznego uczenia się, z wiedzą o zakresie metod klasowych, które mogą być inteligentnie zastosowane, rozumieniem właściwych stylów, warunków i zasobów organizowania i zarządzania. Nauczyciel będzie w stanie myśleć głęboko o celach i wartościach edukacyjnych, i przez to krytycznie o programach edukacyjnych. Nauczyciel będzie chętnie motywował i zachęcał każdego ucznia, oceniał postępy i potrzeby uczenia się w ich najszerszym sensie, nawet gdy wymagać to będzie od niego zaangażowania się w obszar poza formalną edukacją. Nauczyciel będzie przede wszystkim edukatorem, nie tylko „przedmiotu ” nauczanego, ale także będzie sobie stawiać za cel rozszerzanie umiejętności myślenia, wyobraźni, dociekliwości i krytycyzmu uczniów, oraz zachęcać ich do krytycznego traktowania ich wartości osobowe i społeczne.”*



A jakie są kompetencje zawodowe nowoczesnego inżyniera? Można je określić na podstawie analizy treści licznych ogłoszeń prasowych i ankiet dotyczących postulowanej roli inżyniera w przyszłości. Z analizy tej wynika, że nowoczesny inżynier powinien być innowacyjny, pomysłowy, wynalazczy, twórczy, dociekliwy, racjonalizatorski, obdarzony zmysłem komercyjnym, przygotowany do kwestionowania wiedzy konwencjonalnej, zdolny do niezależnych, krytycznych ocen i sądów. Ponadto wymaga się od niego bogatej wiedzy na temat biznesu, wiedzy z zakresu nauk humanistycznych i społecznych, znajomości języków obcych; oczekuje się, że będzie on wzorem doskonałości i wszechstronnym praktykiem. Wniosek: Nowocześnie wykształcony inżynier ma być mniej specjalistyczny niż dotychczas. Ma być przede wszystkim *kreatywny i umieć rozwiązywać problemy*.

Problemy, z jakimi styka się dziś inżynier, mają charakter coraz bardziej interdyscyplinarny i systemowy. Mamy do czynienia z coraz większą integracją różnych obszarów wiedzy. Na styku tradycyjnych dyscyplin technicznych powstają nowe. Przykładem może być mechatronika, próbująca powiązać tradycyjną budowę maszyn z elektroniką i techniką mikroprocesorową (komputerową) [Gawrysiak 1995b]. Coraz większego znaczenia nabierają problemy recyklingu - ekologiczno-ekonomicznego podejścia do konstruowania, wytwarzania, eksploataowania i likwidowania obiektów technicznych.

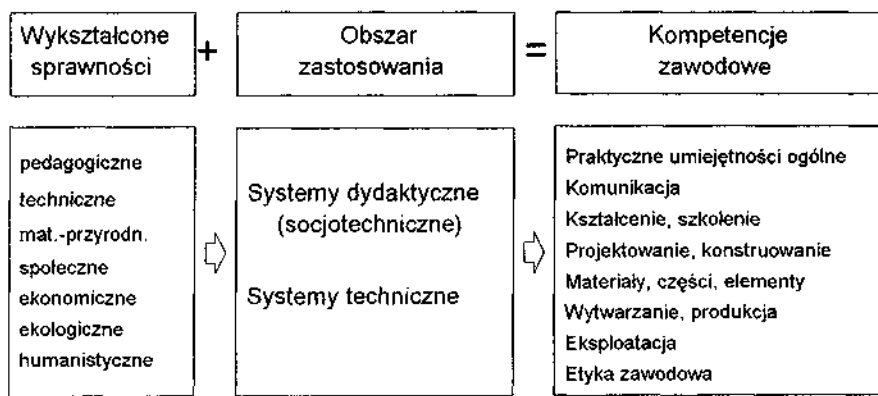
Kompetencji nowoczesnego nauczyciela techniki nie można niestety określić na podstawie analizy ogłoszeń prasowych. Tych ostatnich bowiem nie ma. Pozostaje więc postulowana rola takiego nauczyciela, wynikająca z proponowanych tu celów i treści edukacji metatechnicznej. Wydaje się jednak, że od nowoczesnego nauczyciela techniki, podobnie jak od nowoczesnego inżyniera, powinniśmy oczekiwać, aby także był mniej specjalistyczny niż dotychczas, aby był kreatywny i umiał rozwiązywać problemy - przede wszystkim pedagogiczne, mniej techniczne.

Najważniejsze cechy, właściwości, zdolności i umiejętności, sprzyjające skutecznemu i szybkiemu nabywaniu kompetencji zawodowych nauczyciela techniki, mogą być ujęte w pojęciu sprawności, definiowanym jak poniżej.

*Sprawność nauczyciela techniki: istotne składniki wiedzy, rozumienia teorii i wywiczonych umiejętności w naukach pedagogicznych, technicznych, matematycznych, przyrodniczych, społecznych, ekonomicznych, ekologicznych i humanistycznych, umożliwiające ćwiczenie szerokiej kompetencji i osiągnięcie wyraźnych efektów pedagogicznych, środowiskowych i społecznych, takich że korzyści, koszty i ryzyka są właściwie wyrównane.*

W przyswajaniu powyższych sprawności student, np. kierunku wychowania technicznego, musi nabywać wiedzę, ćwiczyć umiejętności i nabywać doświadczenie stosowane w *analizie i syntezie problemów pedagogicznych i technicznych*; musi dostosowywać się do nowych i nieprzewidywanych

czynników w zmieniającym się, złożonym i niepewnym środowisku praktyki edukacyjnej. Chodzi tu o opanowanie podstawowych *technik pedagogicznych i inżynierskich*. Przede wszystkim o metody i techniki projektowania dydaktyczno-technicznego. Efektem powinny być podstawowe kompetencje pedagogiczne, powiązane z kompetencjami metatechnicznymi. Powstawanie kompetencji zawodowych nowoczesnego nauczyciela techniki, oparte na tak rozumianych sprawnościach, pokazane jest na rys. 18.1.



Rys. 18.1. Kompetencje zawodowe nowoczesnego nauczyciela techniki i ich powstawanie

Z rysunku 18.1 wynika, że kompetencje zawodowe nowoczesnego nauczyciela techniki możemy podzielić na trzy podstawowe grupy: (1) *kompetencje pedagogiczne* (projektowanie i konstruowanie dydaktyczne, kształcenie, szkolenie); (2) *kompetencje techniczne* (projektowanie i konstruowanie techniczne; materiały, części, elementy; wytwarzanie, produkcja; eksploatacja) i (3) *kompetencje ogólne*, pozapedagogiczne i pozatechniczne (praktyczne umiejętności ogólne; komunikacja, etyka zawodowa). Pierwsze dwie grupy są oczywiste, trzecia zaś staje się coraz ważniejsza. Ona właśnie - razem z kompetencjami pedagogicznymi - stanowi bazę rozwijania kompetencji metatechnicznych. Dlatego zajmiemy się nią nieco bliżej. Ale przedtem zastanowimy się nad problemem wyboru treści kształcenia nauczycieli techniki i rolę, jaką w tym odgrywa kształcenie ustawiczne.

### *Wybór treści kształcenia nauczycieli techniki, kształcenie ustawiczne*

Przyrost nowej wiedzy technicznej jest lawinowy. Sprawia to coraz więcej kłopotów w procesie wyboru treści kształcenia nowoczesnych nauczycieli techniki. Dlatego coraz ważniejsze stają się kryteria wyboru treści kształcenia.

To, że treści kształcenia muszą być orientowane na kompetencje zawodowe, jest oczywiste. Jest też oczywiste, że nie można nauczyć wszystkiego. Dlatego podczas projektowania procesu kształcenia musimy wybierać i strukturyzować treści z punktu widzenia nie tylko dydaktyki, ale i ekonomiki kształcenia. Nie jest to łatwe. Pojęcia kształcenia i kwalifikacji (kompetencji) należą bowiem do dwóch różnych kategorii: kształcenie jest kategorią przede wszystkim *antropologiczną*, a kwalifikacje kategorią przede wszystkim *ekonomiczną* [Siebert 1996].

Wybór treści wyznaczają przede wszystkim *cele kształcenia*. Ale nie tylko. Nie mniej ważne są *procesy przyswajania wiedzy*, jakie chcemy zastosować w kształceniu. Chodzi o kierowanie się rodzajem wybieranych i strukturyzowanych treści z punktu widzenia ich odtwarzania (fakty, metody, normy, wartości) i „produkowania” nowych (ciągi poleceń i wezwań, procedury, algorytmy, systemy zadań i problemów). W kształceniu nauczycieli (i nie tylko nauczycieli) ważne stają się treści: (1) często używane w zawodzie, (2) podstawowe dla danego obszaru wiedzy, (3) trudne do samodzielnego nauczenia się, (4) przyczyniające się do nabycia ważnych umiejętności, (5) wspierające metodyczny sposób pracy, (6) możliwie długowieczne, oraz (7) dające się zebrać w pewien związek logiczny.

W poprzednim punkcie wykazaliśmy jednak, że w ramach normalnego kształcenia szkolnego niemożliwe jest pełne nabycie kompetencji zawodowych. Jak więc i gdzie nauczyciel ma je w pełni nabywać? I tu leży podstawowa rola kształcenia ustawicznego. O ile normalne kształcenie szkolne jest w stanie rozwinąć tylko podstawowe sprawności, służące nabywaniu kompetencji zawodowych, o tyle kształcenie ustawiczne jest podstawowym warunkiem ich pełnego osiągnięcia i utrzymywania.

Przez *kształcenie ustawiczne* rozumie się najczęściej wszystkie formy kształcenia po okresie tradycyjnego kształcenia szkolnego (szkoła podstawowa + średnia + pomaturalna lub studia). Tak określone, tradycyjne kształcenie szkolne nazywane jest też *kształceniem początkowym* i obejmuje ciągły proces kształcenia w okresie od 6 do 20-24 roku życia. Kształcenie ustawiczne obejmuje wszelkie możliwe formy kształcenia: kursy, szkolenia, odczyty, filmy, publikacje, seminaria, konferencje; szkoły, studia wyższe (dla pracujących, wieczorowe, zaoczne), podyplomowe itp. Jego istotą jest świadomość braku granicy między okresem nauki a okresem pracy; świadomość tego, że uczenie się jest procesem ciągłym, ustawicznym, dożywotnim.

Dominująca rola kształcenia ustawicznego w nabywaniu kompetencji zawodowych nauczycieli bierze się przede wszystkim stąd, że wymagania na nowych stanowiskach edukacyjnych zmieniają się znacznie szybciej niż cele, treści i metody kształcenia szkolnego na wszystkich poziomach.

## **Kierunek studiów „wychowanie techniczne”**

Dotychczasowe kształcenie nauczycieli techniki, w sensie zbliżonym do edukacji metatechnicznej, ma miejsce przede wszystkim na kierunku studiów „wychowanie techniczne”. Kierunek ten istnieje na różnych uczelniach (uniwersytety, politechniki) i wydziałach (przyrodnicze, techniczne, nauczycielskie). Ta różnorodność ma swoje zalety i wady. Niewątpliwą zaletą jest już sama różnorodność umiejscowienia kierunku. Wydawać by się mogło, że temu zróżnicowaniu towarzyszy integrowanie wiedzy różnych dyscyplin: technicznych, przyrodniczych, pedagogicznych. Tak jednak nie jest. Wbrew nazwie, sugerującej kierunek pedagogiczny („wychowanie techniczne” to przecież przede wszystkim „wychowanie”, a dopiero później „techniczne”), jest to kierunek „przescjentyzowany” i „przetechnizowany” w treściach. Przyczyn tego należy szukać głównie w miejscu powstawania kierunku. Jeżeli powstawał na wydziale przyrodniczym, to, z partykularnych powodów, dominują treści matematyczne i przyrodnicze; jeżeli na technicznym, zwykle mechanicznym - treści techniczne. Podstawowa wiedza pedagogiczna jest luźnym dodatkiem. Metodyka nauczania (dydaktyka techniki) jest nastawiona głównie na kopiowanie wątpliwej wartości misternie wydumanych wzorców instrumentalnych, a nie na kreatywne stosowanie podstawowych reguł uczenia się na przykładach obiektów i procesów technicznych. Zbyt dużo jest treści politechnicznych, a za mało ogólnotechnicznych i pozatechnicznych, ułatwiających zrozumienie istoty techniki i jej skutków pośrednich, szczególnie kulturowych, które są niedoceniane.

Jak należy więc zmienić profil kierunku, aby stał się on bardziej metatechniczny?

### **Metatechniczny profil absolwenta kierunku „wychowanie techniczne”**

„Wychowanie techniczne” jest kierunkiem nauczycielskim. Najważniejszym celem kształcenia na tym kierunku powinno być przygotowanie studenta do wstąpienia w świat pracy nauczycielskiej przez nabycie umiejętności tworzenia osobistej wiedzy o technice, a nie „nafaszerowanie” go wiedzą techniczną i pedagogiczną. Nowoczesna edukacja nauczycieli to przede wszystkim stwarzanie warunków do poszukiwania oraz tworzenia osobistej wiedzy pedagogicznej, a w znacznie mniejszym stopniu przekazywanie wiedzy o edukacji [Dylak 1995, s. 43].

Złożoność szkolnictwa i społeczeństwa wymaga, aby młody nauczyciel techniki posiadał także kilka innych umiejętności dodatkowo. Wymagania te muszą być widoczne w celach edukacji metatechnicznej.

W rozdziale 18.2 stwierdziliśmy, że bazę rozwijania kompetencji metatechnicznych nauczyciela techniki stanowią kompetencje pedagogiczne i kom-

petencje ogólne (praktyczne umiejętności ogólne; komunikacja, etyka zawodowa). Spróbujmy więc jeszcze raz (podobnie jak na rys. 18.1) wyszczególnić zakres wiedzy, umiejętności, kompetencji i cech, jakie system edukacyjny powinien rozwinąć u studentów kierunku „wychowania technicznego”.

Od absolwenta „wychowanie technicznego” powinniśmy oczekiwać:

- solidnej podstawowej wiedzy pedagogicznej i technicznej;
- umiejętności myślenia kreatywnego i stosowania wiedzy podstawowej do rozwiązywania problemów dydaktycznych;
- nawyku ciągłego (dożywotniego) „uczenia jak uczyć się”;
- umiejętności przeglądania literatury (wiedzieć gdzie szukać informacji);
- umiejętności posługiwania się komputerem;
- komunikatywności (mówienie, pisanie, szkicowanie, rysowanie), włączając umiejętności poprawnego posługiwania się językiem polskim i przynajmniej jednym obcym;
- pewnego stopnia interdyscyplinarności;
- świadomości odpowiedzialności nauczyciela wobec społeczeństwa;
- trochę wiedzy specjalistycznej (pedagogicznej i technicznej).

Cechy te tworzą metatechniczny profil absolwenta kierunku. Większość z nich dotyczy nie tylko kierunku wychowania technicznego, ale także innych kierunków nauczycielskich.

W celu kształcenia u studentów wyżej wyliczonych cech konieczne jest:

- krytyczne przejrzenie dotychczasowych strategii nauczania-uczenia się oraz metod oceny;
- przeglądanie i unowocześnianie struktur planów i programów studiów w regularnych okresach, powiedzmy co 4-5 lat.

Przy takim postawieniu celów dotykamy podstawowych problemów kształcenia nauczyciela techniki, jak np.:

- Czy cel kształcenia powinien być orientowany na szczyt rozwoju nauczyciela, jak to wydaje się mieć miejsce dziś, czy na początek zawodu?
- Czy wybór przedmiotów powinien następować przez niezbędne ograniczenie treści według: (1) nakładu potrzebnego na nauczenie się (jako treści niezbędne, bo w praktyce nie do nauczenia); (2) jako treści potrzebne na początek lub dostępne później?

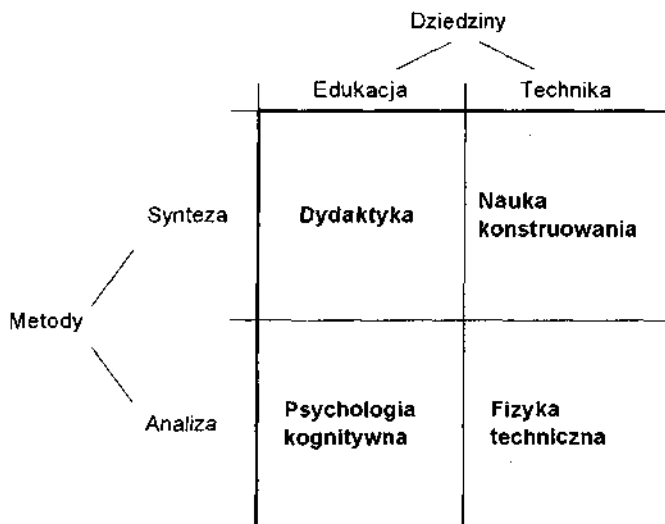
Profil absolwenta zależy od planu i programów studiów. Te ostatnie są z reguły kompromisem między tym co się chce, a tym co się może w warunkach danego wydziału i uczelni. Można stworzyć idealny plan, napisać idealne programy, ale kto je zrealizuje. Jasno trzeba powiedzieć, że programem danego przedmiotu studiów jest przede wszystkim sam nauczyciel akademicki ze swoją wiedzą i umiejętnościami. Dlatego racjonalne wydaje się budowanie planów i programów z dwóch stron jednocześnie: (1) od strony *idealnego* po-

żądanego profilu wykształcenia absolwenta z jednej i (2) od strony *realnej* oferty dydaktycznej nauczycieli akademickich na wydziale macierzystym i wydziałach współpracujących.

Profil absolwenta, a co za tym idzie plan studiów, powinien być wynikiem pewnej *syntezy*, skutkiem wspólnych dyskusji, a nie sztywnym, formalnym założeniem z góry. Integratorem kształcenia na kierunku „wychowanie techniczne” powinna być *dydaktyka techniki*, rozumiana szeroko jako nauka projektowania i konstruowania systemów nauczania techniki.

### Podstawowe treści metatechnicznego planu studiów

Podstawowe treści metatechnicznego planu studiów na kierunku „wychowanie techniczne” można ująć jak na rysunku 18.2.



Rys. 18.2. Podstawowe treści planu studiów na kierunku „wychowanie techniczne”

Cztery podstawowe bloki nauczania powstają z powiązania dziedzin techniki i edukacji z metodami analizy i syntezy. Można to wszystko przedstawić jako ćwiartki kwadratu o bokach: dziedziny i metody (rys. 18.2). W efekcie otrzymujemy dwa procesy pozyskiwania informacji (fizykę techniczną i psychologię kognitywną) oraz dwa procesy przetwarzania informacji (naukę konstruowania i dydaktykę). Procesy pozyskiwania informacji służą oczywiście procesom przetwarzania informacji, czyli procesom konstruowania systemów technicznych i systemów dydaktycznych. W tabelach od 18.1 do 18.4 przedstawione są zasady, sposoby postępowania i kryteria obowiązujące

w tych procesach. Plany studiów o takich treściach mogą być tworzone zarówno na kierunkach technicznych, jak i pedagogicznych.

Tabela 18.1.

Nauka o technice - analiza (fizyka techniczna)

---

*Nauka rozpoznawania zjawiska fizykalnego* (pozyskiwanie informacji)

Zasada: odwzorowywanie procesów świata przyrodniczego za pomocą pojęć zrozumiałych przez podmiot

Droga: od konkretnego do abstraktu

Kryteria: optymalna odpowiedniość modelu i rzeczywistości, „możliwie dokładne”

*Ćwiczenia i praktyka*

Przeprowadzanie pomiarów	Przeprowadzanie eksperymentów
pomiary wielkości podstawowych	etapy robocze eksperymentu
pomiary wielkości wyprowadzonych	utrzymywane czynniki pobocznych
	na stałym poziomie
określanie dokładności pomiaru	zmniejszanie wpływu zakłóceń
informacje z pomiaru rozrzutu	uzyskiwanie wiedzy fizykalnej

---

Tabela 18.2.

Nauka o technice - synteza (nauka konstruowania)

---

*Nauka używania środków fizykalnych* (przetwarzanie informacji)

Zasada: badanie dużej liczby obiektów w celu spełnienia życzeń, wymagań konkretnego podmiotu

Droga: od abstraktu do konkretnego

Kryteria: optymalne spełnienie wymagań dotyczących ilości, jakości, kosztów, „wystarczająco dobre”

Konkretyzowanie

- tworzenie logicznych współzależności działania
- tworzenie fizykalnych współzależności działania dla danych logicznych współzależności działania
- tworzenie konstrukcyjnych współzależności działania dla danych fizykalnych współzależności działania

Zastosowanie metody konstrukcyjnej

- planowe ćwiczenie się w metodycznym zmienianiu, kombinowaniu, optymalizowaniu
- metodyczne rozwijanie i konstruowanie nowego rodzaju maszyn i urządzeń

---

Tabela 18.3.

Nauka o edukacji - analiza (psychologia kognitywna)

---

<i>Nauka rozpoznawania zjawiska kognitywnego</i> (pozyskiwanie informacji)	
Zasada:	odzworowywanie procesów kognitywnych za pomocą pojęć zrozumiałych przez podmiot
Droga:	od konkretnego do abstraktu
Kryteria:	optymalna odpowiedniość modelu i rzeczywistości, „możliwie dokładnie”

---

Tabela 18.4.

Nauka o edukacji - synteza (dydaktyka)

---

<i>Nauka używania środków kognitywnych</i> (przetwarzanie informacji)	
Zasada:	badanie dużej liczby obiektów w celu spełnienia życzeń, wymagań konkretnego podmiotu
Droga:	od abstraktu do konkretnego
Kryteria:	optymalne spełnienie wymagań dotyczących ilości, jakości, kosztów, „wystarczająco dobrze”

---

## Podsumowanie

Nauczyciel w edukacji metatechnicznej powinien być nie tylko nauczycielem „przedmiotu” o nazwie „technika”, ale także rozwijać u uczniów cechy intelektualne, wyobraźnię i krytycyzm, zachęcać do wyrażania szeroko pojmowanych wartości osobistych i społecznych.

Nauczyciel o kompetencjach metatechnicznych powinien posiadać solidną podstawową wiedzę pedagogiczną i techniczną, umiejętność myślenia kreatywnego i stosowania wiedzy podstawowej do rozwiązywania problemów dydaktycznych, nawyk ciągłego uczenia się, umiejętności szukania informacji; powinien być komunikatywny, mieć świadomość odpowiedzialności nauczyciela wobec społeczeństwa; powinien mieć sporo wiedzy interdyscyplinarnej i trochę wiedzy specjalistycznej (zarówno pedagogicznej, jak i technicznej).

Bazę rozwijania kompetencji metatechnicznych nauczyciela techniki tworzą kompetencje pedagogiczne i kompetencje ogólne (praktyczne umiejętności ogólne; komunikacja, etyka zawodowa).

Czasy, kiedy do zrobienia kariery zawodowej wystarczyły nabyte specyficzne kwalifikacje zawodowe, minęły bezpowrotnie. Coraz bardziej ważne stają się tzw. *kwalifikacje kluczowe* i wszelkiego rodzaju *kompetencje zawodowe*.



Samo posiadanie wiedzy nie oznacza, że jest się kompetentnym. *Wiedza* jest jednak niezbędnym składnikiem kompetencji. Nie jest to jednak składnik jedyny. Nie mniej ważne są inne składniki, takie jak *rozumienie, inteligencja, kreatywność, umiejętności, doświadczenie*.

Kompetencje zawodowe nie są właściwością absolwenta szkoły. Są *relacją* między absolwentem a obszarem zawodowym, dopasowaniem do zawodu (do tego, co będzie robił). *System kształcenia, oparty na kompetencjach*, dąży do integracji wiedzy, umiejętności i zastosowania. Coraz ważniejsze staje się rozwijanie *kompetencji heurystycznych* w miejsce dziś dominujących kompetencji algorytmicznych.

Wymagania na nowych stanowiskach pracy zmieniają się znacznie szybciej niż cele, treści i metody kształcenia szkolnego na wszystkich poziomach. Dlatego podstawowym warunkiem osiągania i utrzymywania kompetencji zawodowych staje się *kształcenie ustawiczne*.

Podstawowe treści metatechnicznego planu studiów na kierunku „wychowanie techniczne” powinny opierać się na czterech podstawowych blokach, powstałych z powiązania dziedzin techniki i edukacji z metodami analizy i syntezy: fizyce technicznej, psychologii kognitywnej, nauce konstruowania i dydaktyce. Plany studiów o treściach metatechnicznych mogą być tworzone zarówno na kierunkach technicznych, jak i pedagogicznych.

Potrzebujemy klimatu, w którym nauczyciele techniki będą zachęceni do refleksji nad własną praktyką i do eksperymentowania różnych podejść do nauczania.

## Rozdział 19. Zakończenie

Przychodzi zrobić rachunek jak dalece udało się nam przyczynić do rozwoju wiedzy metatechnicznej i edukacyjnej, do odkrycia nowych problemów, obszarów i zadań badawczych, które bez inter- i multidyscyplinarnego podejścia nie stałyby się widoczne.

Powszechny, bezpośredni, integrujący, inspirujący i dydaktyczny charakter wiedzy technicznej upoważnia ją w pełni do występowania w roli przedmiotu kształcenia ogólnego. Taki przedmiot nie powinien zawierać tylko wiedzy specjalistycznej z różnych technik, ale także wiedzę ogólną o tym, co jest wspólne poszczególnym działom techniki oraz wiedzę o systemowych powiązaniach między techniką, środowiskiem i społeczeństwem.

Stworzenie takiego przedmiotu nie jest łatwe. Poszczególne dyscypliny techniczne stanowią bowiem przede wszystkim niezbyt przejrzyste nagromadzenie wiedzy szczegółowej. Brak im systematycznego uogólnienia - ogólnej nauki o technice, która mogłaby być nazywana technologią ogólną lub meta-techniką. Stąd właśnie się biorą próby wyodrębnienia takiej wiedzy i stworzenia jej dydaktyki. Próby takie wymagają odpowiedniego instrumentu teoretycznego. Bez tego rozważania interdyscyplinarne mogłyby stać się tylko zlepkiem różnorodnych elementów wiedzy technicznej i dydaktycznej. Instrumentem takim może być analiza systemowa, systemowa teoria techniki i opierająca się na niej technika konstruowania.

Zastosowanie tak określonego instrumentu do badania inter- i multidyscyplinarnych powiązań wiedzy technicznej z edukacyjną doprowadziło nas do sformułowania wielu *stwierdzeń poznawczych*, oraz do odkrycia *nowych problemów, obszarów i zadań badawczych*. Najważniejsze z nich to:

- Całość techniki i nauk technicznych jest coraz trudniej ogarnąć. Najczęściej widzimy poszczególne maszyny, budowle, procesy i dyscypliny techniczne. Brakuje systematycznego uogólnienia w postaci techniki ogólnej, w której podsumowane byłoby to, co jest wspólne wszystkim dyscyplinom technicznym, a ponadto przedstawione zostałyby wyraźnie współzależności systemowe między techniką, środowiskiem i społeczeństwem. Coraz bardziej oczywiste staje się bowiem stwierdzenie Heideggera, że istota techniki nie jest niczym

technicznym, że leży poza techniką. Dlatego potrzebny pewien rodzaj *metajęzyka* czy *metateorii techniki*, swego rodzaju techniki techniki, która mogłaby służyć jako *metatechnika* - ogólna nauka o technice.

- Łatwiej uprawiać technikę niż ją rozumieć. Także jej sens pozatechniczny. Powstawaniu maszyn i innych wytworów techniki zawsze towarzyszyły, i towarzyszyć będą, problemy nie tylko natury czysto technicznej, ale także filozoficznej, metodologicznej czy etycznej. Pytania o istotę techniki, jej funkcje, stosunek do człowieka i społeczeństwa, stosunek człowieka do techniki, istotę procesu konstruowania, użytkowania i likwidowania wytworów techniki czy specyfikę wiedzy technicznej, dotyczą nie tylko specjalistów do konstruowania, wytwarzania i użytkowania maszyn, ale także nas wszystkich, ponieważ wszyscy dziś jesteśmy użytkownikami maszyn i urządzeń technicznych. Pytania te biorą się z refleksji, których źródłem jest technika. Refleksje takie można nazwać metachicznymi.

- Cele nowoczesnej edukacji można ogólnie ująć pod hasłem edukacji dla zdatności. Istotą edukacji dla zdatności jest wspieranie i rozwijanie w ludziach czterech grup zdolności, niedocenianych dziś w systemie edukacyjnym: zdolności kompetencyjnych, dotyczących radzenia sobie z własnym życiem, zdolności twórczych i dotyczących współpracy z innymi ludźmi. Punktem wyjścia koncepcji edukacji dla zdatności jest technika, której wytwory są wynikiem ludzkiej zdatności do działania. Technika zawsze była i jest przyzywana wtedy, gdy potrzebne są praktyczne rozwiązania problemów. Jest ona istotną częścią kultury ludzkiej, ponieważ dotyczy osiągania szerokiego zakresu celów człowieka. Niemożliwe jest poznanie świata bez zrozumienia roli techniki w kształtowaniu społeczeństwa.

- Wytwory techniki nie tylko ułatwiają nam życie fizycznie, ale także zmieniają - świadomie lub (najczęściej) nieświadomie - zachowania człowieka; mają więc aspekt pedagogiczny. Technika staje się ważnym, a może najważniejszym środkiem dydaktycznym. Stąd bierze się rola edukacji technicznej w sensie ogólnym, czyli edukacji metatechnicznej.

- Edukacja metatechniczna jest edukacją humanistyczną. Metatechnika próbuje bowiem nie tylko uogólnić techniki szczegółowe (politechniki) w postaci techniki ogólnej, ale także ująć współzależności systemowe między techniką, środowiskiem i społeczeństwem. Takie ujęcie sprzyja szeroko rozumianej humanizacji techniki; nie traktuje tej ostatniej w opozycji do tradycyjnie rozumianej humanistyki.

- Obraz techniki w edukacji metatechnicznej jest oparty na paradygmacie technologicznym (metatechnicznym). Paradygmat ten szuka istoty techniki w różnorodności zjawisk technicznych, jakie występują w abstrakcyjnych funkcjach przetwarzania pracy; pracy technicznie wykonywanej i uprzedmio-

towionej. W ten sposób istota nauk technicznych, zamiast być przedmiotem poznania nauk przyrodniczych (jak to ma miejsce w paradygmacie scjentyficyzycznym), ma swe miejsce dokładnie tam, gdzie znajduje się praktyka techniczna: w tworzeniu ludzkich systemów i potrzeb zmieniających przyrodę i społeczeństwo. Każde „skrótowe” rozumienie techniki cechuje naukowość wzięta jedynie z nauk przyrodniczych, a nie teoretyczne opisanie, zrozumienie i wprowadzenie rzeczywistej praktyki działania technicznego. Paradygmat scjentyficyzyczny powoduje, że podstawowe problemy planowania technicznego, rozwoju, konstruowania i oceniania pozostają do dziś niedoceniane i niewzględniane w edukacji. Paradygmat technologiczny tworzy własną teorię techniki. Czyni to za pomocą systematyzowania tych funkcji pracy i funkcji działania, które dają się realizować technicznie. Praca i technika wyrastają tu z fundamentu społeczno-ekonomicznego. Zamiast ograniczania się do przyrodniczego wymiaru rzeczy, jak to czyni paradygmat scjentyficyzyczny, paradygmat technologiczny opiera się na uspołecznieniu działania technicznego, które posługuje się rzeczami i wytwarza rzeczy nowe. Aby odzwierciedlić złożoność tego zagadnienia, nowy paradygmat opiera się formalnie na modelach systemowych. W ten sposób paradygmat technologiczny prowadzi do techniki ogólnej, do metatechniki.

- W edukacji metatechnicznej ważne jest pokazanie przejrzystej i nieskomplikowanej metody przedstawiania tego, co moglibyśmy nazywać całością świata maszyn i urządzeń technicznych, a może nawet całością techniki. Chodzi o swego rodzaju metodę całościową, która mogłaby być przyswajana (zapamiętywana) i mogłaby służyć jako szkielet porządkowy dla przyjmowania informacji. Nie mniej ważne jest pokazanie sposobów myślenia, które z reguły umykają podczas przedstawiania konkretnych rzeczy. Chodzi tu o myślenie pojęciami, metody abstrakcji oraz analizę i syntezę jako metody naukowe.

- Ogólnym modelem techniki w edukacji metatechnicznej może mieć postać triady operand-operator-operacja. Każdy proces techniczny (operacja techniczna) może być przedstawiony jako pożądana relacja między operandem i operatorem. Można w ten sposób przedstawić nie tylko istotę każdej szczególnej techniki, ale także łatwo ująć jej wewnętrzne i zewnętrzne powiązania systemowe.

- Wiedza techniczna jest bardzo zróżnicowana. Wyróżnić w niej można składowe audiowizualno-fenomenologiczne, praktyczno-pragmatyczne, metodyczno-analityczne, naukowe, społeczno-ekonomiczne oraz etycznie-moralne. Innym, ważnym dla edukacji podziałem tej wiedzy, jest podział na wiedzę obiektową i wiedzę metodyczną.

- Następuje powrót do pierwotnego, szerokiego zakresu znaczenia pojęcia technologii. Technologia staje się wreszcie tym, co wynika z etymologii tego słowa - ogólna nauką o technice, o jej tworzeniu i wykorzystywaniu. Jej znaczenie w ten sposób zbliża się do znaczenia pojęcia inżynierii, a więc przede wszystkim do umiejętności projektowania, konstruowania; do nauki stosowania wiedzy do rozwiązywania problemów (nie tylko technicznych) w praktyce.

- Przynależność nauk pedagogicznych do humanistyki wynika z ich bezpośredniej orientacji na człowieka, a nie z ich charakteru. Z punktu widzenia celu, metody badawczej, kryteriów podejmowania badań oraz powiązania z potrzebami życia praktycznego, nauki pedagogiczne bliższe są naukom technicznym niż humanistycznym.

« Technika i nauki techniczne mogą być źródłem inspiracji i innowacji dydaktycznych. Szczególną rolę odgrywają tu nowoczesne dyscypliny nauk technicznych, takie jak nauka konstruowania, automatyka, robotyka czy inżynieria produkcji. W automatyce najwyższa forma regulacji nazywa się uczeniem. Ogromnie inspirująca jest nauka konstruowania (metodyka konstruowania): tworzenie procesu nauczania można traktować jako czynność konstrukcyjną; konstruowanie jest także procesem uczenia się, samodzielnym studiowaniem, rozwiązywaniem problemów, grą i zabawą. Do tej grupy inspiracji można także zaliczyć, znane od dawna w dydaktyce traktowanie projektowania jako metody nauczania. Z bujnie rozwijającej się robotyki, a szczególnie z badań nad nauczaniem robotów, można wynieść inspiracje dotyczące opisu naszej rzeczywistości dydaktycznej w postaci alternatyw<sup>7</sup>: dydaktyka komputacjonalistyczna czy konstruktywiczna. Podobne inspiracje, tym razem dotyczące organizacyjnych form nauczania, można wynieść z nowoczesnej inżynierii produkcji. Szczególnie inspirujące jest tu zagadnienie fabryki fraktalnej. Może ono służyć do analizy podobieństwa między industrializacją a scholaryzacją społeczeństw oraz do próby odpowiedzi na pytanie czy metody pedagogiczne zmieniły świat w takim samym stopniu jak metody techniki.

- Tworzenie procesu nauczania można traktować jako czynność konstrukcyjną i proces przetwarzania informacji. Proces ten jest porządkowany i skoncentrowany na cele, treści, metody, środki i wyniki nauczania. Ustalanie tych cech i zdobywanie potrzebnych informacji mogą przebiegać podobnie jak podczas metodycznego rozwiązywania problemów konstrukcyjnych w technice.

- Znajdowanie i korzystanie z dydaktycznych aspektów wiedzy technicznej może być bardzo korzystne dla inżyniera-nauczyciela, Pomaga mu sposób lepiej rozumieć i przyswajać wiedzę dydaktyczną. Szczególnie dotyczy' to wiedzy z zakresu nauki konstruowania, która może być wykorzystana do rozwiązywania problemów podczas projektowania i konstruowania systemów

nauczania techniki. W ten sposób wiedza konstrukcyjna ma podwójną wartość dla inżynierów, ponieważ daje pewien logiczny szkielet do rozwiązywania zarówno problemów technicznych, jak i dydaktycznych. Podczas konstruowania systemów dydaktycznych inżynier może łączyć nadrzędne reguły konstruowania technicznego (prosto, jednoznacznie, bezpiecznie, dyskursywnie) z nadrzędnymi regułami konstruowania dydaktycznego (przede wszystkim zasadami przystępności i pogładowości), postępując od znanego i bliskiego (technika, system techniczny) do nieznanego i dalekiego (dydaktyka, system dydaktyczny, system socjotechniczny), od konkretnego (realny wytwór techniki, realny system dydaktyczny) do abstraktu (model wytworu techniki, model socjotechnicznego systemu nauczania).

- Wychodząc od najprostszych narzędzi można rozwijać ogólne punkty widzenia, które umożliwiają przegląd i panowanie nad różnorodnością maszyn i urządzeń technicznych szczególnych. Starodawne przykłady narzędzi i przyrządów są szczególnie proste i właśnie na nich można zdobyć podstawową wiedzę techniczną. Pokazują one, że mimo szybkich zmian techniki istnieje nadal coś, co się ostaje i ma stałe granice. Technika, zarówno ta z epoki kamiennej jak i dzisiejsza, daje się w zasadzie sprowadzić do trzech podstawowych obszarów - przetwarzania materiału, energii i sygnału (informacji).

- Istota zadania technicznego polega na przełożeniu wymagań w zadaniu (potrzebie, zamówieniu) z dowolnego języka na język techniki. Język techniki składa się z trzech składowych: języka konstrukcji, języka fizyki i języka logiki. Ważne jest przede wszystkim przełożenie wymagań na cechy funkcjonalne. Te ostatnie określają bowiem wielkości wejściowe i wyjściowe zastosowanych systemów fizykalnych.

- Czasy, kiedy do zrobienia kariery zawodowej wystarczały nabyte specyficzne kwalifikacje zawodowe, minęły bezpowrotnie. Coraz bardziej ważne stają się tzw. *kwalifikacje kluczowe* i wszelkiego rodzaju *kompetencje zawodowe*. Samo posiadanie wiedzy nie oznacza, że jest się kompetentnym. *Wiedza* jest jednak niezbędnym składnikiem kompetencji. Nie jest to jednak składnik jedyny. Nie mniej ważne są inne składniki, takie jak *rozumienie, inteligencja, kreatywność, umiejętności, doświadczenie*.

- Kompetencje zawodowe nie są właściwością absolwenta szkoły. Są *relacją* między absolwentem a obszarem zawodowym, dopasowaniem do zawodu (do tego, co będzie robił). *System kształcenia, oparty na kompetencjach*, dąży do integracji wiedzy, umiejętności i zastosowania. Coraz ważniejsze stają się rozwijanie *kompetencji heurystycznych* w miejsce dziś dominujących kompetencji algorytmicznych.

- Wymagania na nowych stanowiskach pracy zmieniają się znacznie szybciej niż cele, treści i metody kształcenia szkolnego na wszystkich pozio-

mach. Dlatego podstawowym warunkiem osiągania i utrzymywania kompetencji zawodowych staje się *kształcenie ustawiczne*.

- Bazę rozwijania kompetencji metatechnicznych nauczyciela techniki tworzą kompetencje pedagogiczne i kompetencje ogólne (praktyczne umiejętności ogólne; komunikacja, etyka zawodowa). Nauczyciel o kompetencjach metatechnicznych powinien posiadać solidną podstawową wiedzę pedagogiczną i techniczną, umiejętność myślenia kreatywnego i stosowania wiedzy podstawowej do rozwiązywania problemów dydaktycznych, nawyk ciągłego uczenia się, umiejętności szukania informacji; powinien być komunikatywny, mieć świadomość odpowiedzialności nauczyciela wobec społeczeństwa; powinien mieć sporo wiedzy interdyscyplinarnej i trochę wiedzy specjalistycznej (zarówno pedagogicznej, jak i technicznej).

- Nauczyciel w edukacji metatechnicznej powinien być nie tylko nauczycielem „przedmiotu” o nazwie „technika”, ale także rozwijać u uczniów cechy intelektualne, wyobraźnię i krytycyzm, zachęcać do wyrażania szeroko pojmowanych wartości osobistych i społecznych.

Zapytajmy na koniec, w jakim stopniu spełniliśmy zadanie, które postawiliśmy sobie na początku. Mimo braku wiele szczegółów wydaje się jednak, że stworzyliśmy pewien szkielet edukacji ogólnotechnicznej, w której skomplikowane obiekty nowoczesnej techniki można przedstawić w sposób prosty i która wydaje się być bardziej humanistyczna niż dotychczasowa. Bardzo przydatne okazały się przy tym nie tylko nauki techniczne w sensie bezpośrednim, jako treści techniczne, ale także pośrednim - jako źródła inspiracji dydaktycznych. Ukazaliśmy nie tylko pewien ogólny zarys wiedzy o edukacji metatechnicznej, ale także pokazaliśmy jak każdy nauczyciel techniki może tworzyć swoją własną wiedzę metatechniczną. Potrzebujemy bowiem klimatu, w którym nauczyciele techniki będą zachęceni do refleksji nad własną praktyką i do eksperymentowania różnych podejść do nauczania.

Reasumując: Mamy nadzieję, że pracą tą przyłożyliśmy po małej cegiełce zarówno do techniki, jak i jej dydaktyki i że cegiełki te przyczynią się do budowy podstaw nowoczesnej edukacji ogólnotechnicznej.

## Literatura

- Bammé A., Feuerstein G., Genth R., Holling E., Kahle R., Kempin P.: *Maschinen-Menschen, Mensch-Maschinen. Grundrisse einer sozialen Beziehung*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 1983
- Banathy B. H.: *Projektowanie systemów edukacji*. Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 1994
- Bańka J.: *Zarys filozofii techniki*. Katowice: Uniwersytet Śląski, 1981
- Beckmann J.: *Anleitung zur Technologie*. Wien 1777
- Beckmann J.: *Entwurf der allgemeinen Technologie*. Göttingen 1806
- Beitz W., Ehrenspiel K.: Modellvorstellung für Entwicklung und Konstruktion. *VDI-Z126* (1984), Nr 7, s.201-207
- Bertalanffy L.: *Ogólna teoria systemów*. Warszawa: PWN, 1984
- Binnig G.: Plädoyer für die Kreativität. *VDI nachrichten magazin* 9/89, s.6
- Birnbacher D.: Rozdział „Technika”, W: Martens E., Schnädelbach (red.), H: *Filozofia. Podstawowe pytania*. Warszawa: Wiedza Powszechna, 1995
- Black P., Harrison G.: 'Technological Capability' in: Banks F.(ed.): *Teaching Technology*. Routledge: The Open University, 1994 pp. 13-19
- Bloom B.S. (Hrsg.): *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Weinheim, Basel: Beltz, 1973
- Bonz B.: Arbeiten mit Projekten und Menschenbild. Proc. of Joint IGIP/SEFI Conference at the Czech Technical University in Prague. Leuchtturm Verlag, Schriftenreihe Ingenieurpädagogik. Band 32, 1994
- Braudel F.: *Kultura materialna, gospodarka i kapitalizm XV-XVIII wiek*. Tom 1. Struktury codzienności: możliwe i niemożliwe. Warszawa: PIW, 1992
- Braun H.-J., Kristof R., Leisinger I: Das fraktale Unternehmen - Aufbruch zu neuen Ufern. *VDI-Z 137* (1995), Nr 10, s. 26-30
- Brooks H.: Technika, ewolucja, cel. *Zagadnienia Naukoznawstwa* 4 (76) 1983, s. 558-574
- Bruns W.: *Künstliche Intelligenz in der Technik*. Eine praxisnahe Einführung. München, Wien: Hanser, 1990
- Burgess T.: *Education for Capability*. NFER-NELSON 1986, p. 116
- Davis R., Alexander L., Yelon S.: *Konstruowanie systemu kształcenia*. Warszawa: PWN, 1983



- Dillmann R.: *Lernenede Roboter. Aspekte des maschinellen Lernens*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1988
- Dubos R.: *Pochwała różnorodności*. Warszawa: PIW, 1986
- Dylak S.: *Wizualizacja w kształceniu nauczycieli*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, 1995
- Encyklopedia Pedagogiczna*. Warszawa: Fundacja Innowacja, 1996
- Euler L.: *Briefe an eine deutsche Prinzessin*. Leipzig: Reclam, 1983
- Frey H.: *Technischer Fortschritt zwischen Mythos und Aufklärung: Ein interdisziplinärer Ansatz zur individuellen und sozialen Bewältigung des technischen Wandels*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1984
- Frey K.: *Die Projektmethode*. Weinheim, Basel: Beltz, 1993
- Gagné R., Briggs L, Wager W.: *Zasady projektowania dydaktycznego*. Warszawa: WSiP, 1992
- Gasparski W. (red.): *Projektoznawstwo*. Warszawa: WNT, 1988
- Gawrysiak M.: Metodyczne konstruowanie maszyn. *Przegląd Mechaniczny* 1984/6 (9-13) i 7 (13-16)
- Gawrysiak, M.: *Systemanalyse der Bodenbearbeitungsmaschine und Folgerungen für die Ingenieurausbildung*. Białystok: Wydawnictwo Politechniki Białostockiej. Seria Mechanika, Zeszyt Nr 8, 1988
- Gawrysiak, M.: Didaktische Aspekte des Konstruierens und Folgerungen für Ingenieuraus- und Weiterbildung. *Weiterbildung in Wirtschaft und Technik* 1993, Nr 2, s. 25-26
- Gawrysiak M.: Metatechnology and its Role in Modern Engineering Education. In: *Educating the Whole Engineer. The Role of Non-Technical Subjects in Engineering Curricula*. SEFI Document No. 15. 1995a pp. 105-108
- Gawrysiak M.: Mechatronika - naturalny etap rozwoju maszyn czy nowa filozofia konstruowania? *Materiały XVII Sympozjonu Podstaw Konstrukcji Maszyn*, tom Referaty Problemowe. Lublin: Lubelskie Towarzystwo Naukowe. 1995bs. 51-63
- Gawrysiak M.: Kompetencje zawodowe i kształcenie ustawiczne inżynierów. *Materiały II Ogólnopolskiej Konferencji Kształcenie Ustawiczne Inżynierów*. Kielce: Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 1996a s. 111-118
- Gawrysiak M.: Designing Educational Systems Using the Model for Designing Technical Systems. In: *Cybernetics and Systems'96*. Proc. of the thirteenth European meeting on Cybernetics and Systems Research. Vienna: Austrian Society for Cybernetics Studies, 1996b pp. 422-427
- Grabowska A., Budohoska W.: Procesy percepcji. W: *Psychologia ogólna*. Warszawa: PWN, 1995
- Grove J. W.: Nauka jako technika: aspekty potężnego mitu. *Zagadnienia Naukoznawstwa* 1(77), 1984 s. 111-127

- Haken R, Karlquist A., Svedin U. (eds.): *The Machine as Metaphor and Tool*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1993
- Harrison G.: 'Science for capability' in *Teaching the interactions of science, technology and society*, Melbourne: Longman Cheshire, 1987 pp. 146-159
- Heidegger M.: Die Frage nach der Technik, in: M. Heidegger, *Vorträge und Aufsätze*. Pfullingen, 1954
- Hubka V.: *Konstruktionsunterricht an Technischen Hochschulen*. Konstanz: Leuchtturm, 1978
- Jodkowski K.: Hasło „paradygmat”. W: *Filozofia a nauka. Zarys encyklopedyczny*. Wrocław: Ossolineum 1987
- Klingberg L.: *Einführung in die allgemeine Didaktik*. Berlin: Volk und Wissen, 1984
- Klaus G.: *Wörterbuch der Kybernetik*. Berlin: Dietz, 1968
- Knöchel W. (Red.): *Einführung in die Hochschulpädagogik*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1984
- Koncepcja: *Koncepcja programu kształcenia ogólnego w polskich szkołach*. Warszawa: MEN, 1991
- Kopaliński W.: *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych*. Warszawa: Wiedza Powszechna, 1970
- Kotarbiński T.: Uwagi na temat odrębności nauk praktycznych. W: *Mysli o ludziach i ludzkich sprawach*. Wrocław: Ossolineum, 1986
- Kozielecki J.: *Koncepcje psychologiczne człowieka*. Warszawa: Wydawnictwo „Żak”, 1996
- Kruszewski K.: Sovremiennoje iskusstvo obučenija: projektirovanie didaktičeskich sistem. *Sovremennaja Vyssaja Škoła* 1987, Nr 3
- Kruszewski K.: *Zmiana i wiadomość*. Warszawa: PWN, 1988a
- Kruszewski K.: *Kształcenie w szkole wyższej. Podręcznik umiejętności dydaktycznych*. Warszawa: PWN, 1988
- Kupisiewicz Cz.: *Podstawy dydaktyki ogólnej*. Warszawa: PWN, 1988
- Kurcz I.: Język. W: *Psychologia ogólna*. Warszawa PWN, 1995
- Lauwerys J. A.: *Humanizm naukowy*. W: Suchodolski, Wojnar. *Humanizm i edukacja humanistyczna*. Wybór tekstów. Warszawa: WSiP, 1988 s. 459
- Leksykon naukowo-techniczny*. Warszawa: PWN, 1974
- Mandelbrot B.: *The fractal Geometry of Nature*. San Francisco: W. H. Freeman, 1982
- Małim T., Birch A., Wadeley A.: *Wprowadzenie do psychologii*. Warszawa: PWN, 1994
- Marciszewski W.: Hasło „nauka”. W: *Filozofia a nauka. Zarys encyklopedyczny*. Wrocław: Ossolineum, 1987

- Mumford L.: *Technika a cywilizacja*. Historia rozwoju maszyny i jej wpływ na cywilizację. W: Suchodolski, Wojnar. *Humanizm i edukacja humanistyczna*. Wybór tekstów. Warszawa: 1988 WSiP, s. 457
- Neave G.: Cywilizacja globalna i wartości kulturowe: wizja powszechnej szczęśliwości czy apokryf. *Nauka i Szkolnictwo Wyższe* Nr 8/1996, s. 40
- Neipp, G.: Natürliche Grenzen Künstlicher Intelligenz. *ZwF 88* (1993) 7-8, 1993 s. 347
- Norman D. A., Grandeur et misere de la technologie, *La Recherche* 25, mars 1996, p. 25
- Okoń W.: *Słownik pedagogiczny*. Hasło „kształcenie politechniczne”. Warszawa: PWN, 1987a
- Okoń W.: *Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej*. Warszawa: PWN, 1987b
- Page R.L.: 'Dissemination and implementation of technology in British secondary schools'. In *Teaching the interactions of science, technology and society*. Melbourne: Longman Cheshire, 1987 pp. 241-242
- Pahl G., Beitz W.: *Nauka konstruowania*. Warszawa: WNT, 1984
- Paris C: *Gwałt na kulturze*. Warszawa: KiW, 1983
- Perkins D. N.: *Knowledge as design*. Erlbaum: Hillsdale N.J., 1986
- Piaget J., Inhelder B.: *La psychologie de l'enfant*. Paris: PUF, 1966
- Report: *Report of the National Commission on Education*. London: Heinemann, 1993
- Rodenacker VJ.: *Methodisches Konstruieren*. Berlin: Springer, 1976
- Rodenacker, W.: *Maschinenbau heute und morgen. Neue Lernziele und Lerninhalte*. GrafenauAVürtt.: Expert-Verlag, 1983
- Ropohl G.: *Eine Systemtheorie der Technik*. München: Hanser, 1979
- Ropohl G.: *Die unvollkommene Technik*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1985
- Ropohl G.: System und Methode. Die neue Philosophie im technischen Handeln. *Proc. of ICED'91*. Zürich: Heurista. 1991 s. 210
- Rossi P.: *Filozofowie i maszyny*. Warszawa: PWN, 1978
- RothK.: *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen*. Berlin: Springer, 1982
- Salomon J. J.: Co to jest technika? Zagadnienia powstania techniki oraz jej różne definicje. *Zagadnienia Naukoznawstwa* 2(82), 1985 s. 231-258
- Siebert, H.: Ständige Weiterbildung - Last ode Lust? *Hannover UNImagazin*, H. 1/2 1996, s. 28-30
- Skrzydlewski W.: *Technologia kształcenia, przetwarzanie informacji, komunikowanie*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, 1990
- Skrzypczak I: Dorobek technologii kształcenia w kontekście potrzeb kształcenia zawodowego. *Pedagogika Pracy* 26-27/1995, s. 157-166
- Solzbacher, C: „Schlüsselqualifikationen” als Weg zu größerer Fachkompetenz. *Deutsche Tribüne*, Nr 61/91

- Spengler, O.: *Der Mensch und die Technik. Beitrag zu einer Philosophie des Lebens*. München: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1932
- Stewart J.: The implications for understanding high-level cognition of a grounding in elementary adaptive systems. *Robotics and Autonomous Systems* 16(1995), pp. 107-116
- Stonier T.: „Teaching science, technology and society issues”. In *Teaching the interactions of science, technology and society*, Melbourne: Longman Cheshire, 1987 pp. 90-92
- Strelau J.: *Temperament i inteligencja*. Warszawa: PWN, 1995
- Suchodolski B.: Wstęp do: Suchodolski, Wojnar. *Humanizm i edukacja humanistyczna*. Wybór tekstów. Warszawa: WSiP, 1988
- Technik und Kultur* [1989]: Bd. 1-10, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1989
- Toffler A.: *Trzecia fala*. Warszawa: PIW, 1986
- Wächtler R.: Beitrag zu einer Theorie des Entwickeins (Konstruierens), *Feinwerktechnik* 71 (1967), H. 8, s. 353-57
- Wächtler R.: Die Dynamik des Entwickeins (Konstruierens), *Feinwerktechnik* 73(1969), H. 8
- Weizsäcker C. F.: *Jedność przyrody*. Warszawa: PIW, 1978
- Walentyńowicz B.: Ewolucja refleksji metatechnicznych. *Zagadnienia Naukoznawstwa* 4 (80), 1984s. 603-610
- Wasiutyński Z.: O metodzie techniki. *Pisma*, Tom III. Część 2. Warszawa: PWN, 1981
- Warnecke, HJ.: *Die Fraktale Fabrik- Revolution der Unternehmenskultur*. Berlin: Springer, 1992
- Warnecke, HJ.: *Revolution der Unternehmenskultur. Das Fraktale Unternehmen*. Berlin: Springer, 1993

## Słowniczek terminów

**analiza systemowa** — metoda badania i tworzenia =>systemów; zmatematyzowany, logiczny =>metajęzyk, w którym istotne cechy złożonego zjawiska mogą być opisane jaśniej i wierniej.

**artefakt** — obiekt sztucznie wytworzony; produkt cywilizacji.

**autoreferencja** — oddziaływanie zwrotne (sprzężenie zwrotne, informacja zwrotna) jako punkt wyjściowym dalszych zdarzeń.

**dydaktyka komputacjonalistyczna** — dydaktyka polegająca przede wszystkim na przekazie wiedzy (transmisji informacji); dydaktyka odtwórczości.

**dydaktyka konstruktywistyczna** — dydaktyka polegająca przede wszystkim na rozwijaniu zdolności poznawania i rozumienia, kreatywnego używania pojęć i zasad w odpowiadaniu na pytania i podczas rozwiązywania problemów; dydaktyka twórczości.

**dyskursywny** — nieintuicyjny, planowy, racjonalny.

**edukacja metatechniczna** — edukacja techniczna wykraczająca poza czysto instrumentalny, przyrodniczy i politechniczny wymiar techniki; kształcenie ogólnotechniczne wzbogacone o pozatechniczne współzależności powstawania i stosowania =>systemów technicznych.

**edukacja dla zdatności** — koncepcji edukacji oparta na technice jako procesie, w którym człowiek stosuje zasoby materiałów, energii i zjawisk naturalnych do osiągania swoich zamierzonych celów; przeciwieństwo edukacji przedmiotowej (w sensie klasycznych przedmiotów nauczania).

**etnocentryczny** — dążący do uważania pewnej grupy społecznej za lepszą od innych.

**etologia** — nauka o zachowaniu się zwierząt.

**filogeneza** — historia rozwoju organizmów.

**fraktal** — samonaśladujący się element; część zawierająca w sobie całość struktury; miara wysoce złożonych struktur; stan pośredni między determinizmem a chaosem.

**funkcja** — zamierzone działanie, cel; także przeprowadzenie wielkości wejściowych w wielkości wyjściowe.

**holistyczny** — oparty na zasadzie, że jakaś rzecz lub jakiś byt z natury są czymś więcej niż prostą sumą swych części.

**heurystyczny** — dotyczący rozwiązywania problemów raczej przez stosowanie analogii, reguł empirycznych, skojarzeń, metody prób i błędów, a mniej przez stosowanie reguł formalnych; niealgorytmiczny.

**inżynieria** — umiejętność =>projektowania, skonstruowania; nauka stosowania wiedzy do rozwiązywania problemów (nie tylko technicznych) w praktyce.

**kognicja** — akt poznawania, zawierający przetwarzanie informacji zmysłowej, percepcję, świadomość i osąd.

**kompetencje** — wystarczające środki (umiejętności, =>zdatności, biegłości) do koniecznych działań.

**koinputacjonalizm** — operowanie symbolami zgodnie do reguł jakiejś składni formalnej; czysta transmisja informacji; niesamodzielność (heteronomia).

**konstrukt** — struktura ukształtowana dla jakiegoś celu.

**konstruktywizm** — kierowanie się własnymi działaniami przez własne doznania; samodzielność (autonomia).

**konstruowanie metodyczne** — planowe postępowanie przy zastosowaniu metod i środków, które w tym samym stopniu występują w każdym zadaniu konstrukcyjnym.

**konstruowanie systemu dydaktycznego** — zbiór działań, wymaganych do tego, aby - wychodząc z wymagań (=>system celów) - opracować opis procesu dydaktycznego, czyli socjotechniczny system działań. Odbywa się to przez przetwarzanie informacji.

**mechatronika** — powiązanie budowy maszyn, elektroniki i techniki komputerowej.

**metajęzyk** — język, w którym wyraża się wyniki badań nad jakimś językiem.

**metateoria** — teoria (sformułowana w =>metajęzyku), której przedmiotem jest jakaś inna teoria.

**metatechnika** — ogólna nauka o technice; technika techniki, refleksja o technice; połączenie ogólnej filozofii techniki ze szczegółową wiedzą o konkretnych obiektach technicznych; powiązanie działaniowego aspektu techniki z jej aspektem rzeczowym.

**metafizyka** — dział filozofii zmierzający do poznania „istoty” rzeczy.

**metapedagogika** — nauka o pojęciach, twierdzeniach i rozumowaniach stosowanych w pedagogice; teoria pedagogiki.

**operacja** — relacja między operatorem a operandem; proces.

**operand** — obiekt przekształcany w pożądaný stan; przedmiot działania.

**operator** — podmiot działania; czynnik działający.

**paradygmat** — mechanizm funkcjonowania nauki; akceptowany wzorzec, model uprawiania nauki; powszechnie przyjęte przekonania teoretyczne (filozoficzne, przyrodnicze lub metodologiczne).

**paradygmat komputacjonalistyczny** — postulat, że w procesie poznania podmiot poznający operuje symbolami zgodnie do reguł jakiejś składni formalnej i nie uwzględnia znaczeniowej treści symboli.

**paradygmat konstruktywistyczny** — postulat, że w procesie poznania podmiot poznający kieruje się własnymi działaniami, przez własne doznania, w taki sposób, że usatysfakcjonowana jest jego sfera życiowa.

**paradygmat technologiczny (metatechniczny)** — wywodzenie istoty techniki z różnorodności zjawisk technicznych, jakie występują w abstrakcyjnych funkcjach przetwarzania pracy człowieka; z praktyki techniczna; z tworzenia ludzkich systemów i potrzeb zmieniających przyrodę i społeczeństwo. Społeczny, antropologiczny punkt widzenia techniki.

**paradygmat scjentyficzny** — wyprowadzanie istoty techniki z efektów zjawisk przyrodniczych, wykorzystywanych w urządzeniach technicznych; redukcja nauk technicznych do stosowanych nauk przyrodniczych. Przyrodniczy punkt widzenia techniki.

**projekt** — *zamierzony plan działania, postępowania, pomysłu, zamysłu.*

**projektowanie** — *układanie =>projektów, planów, zamyślanie, zamierzanie czegoś; opracowywanie i przedstawianie projektu czegoś za pomocą rysunku, szkicu, planu, obliczenia itp.*

**proskryptywny** — zakazowy.

**preskryptywny** — nakazowy, przepisany.

**psychologia kognitywna** — psychologia poznawcza; szkoła psychologiczna utrzymująca, że umysł nie reaguje po prostu na bodźce, ale aktywnie przetwarza otrzymywane informacje w nowe formy i kategorie.

**recykling** — powrót do pierwotnego stanu w procesach cyklicznych; przetwarzanie odpadów w użyteczne produkty; obieg zamknięty.

**redundancja** — nadmiarowość; więcej informacji, niż to jest istotnie niezbędne.

**relacja** — stosunek zachodzący między przedmiotami, pojęciami, właściwościami.

**reprezentacja** — symbole wstępnie zdefiniowanych obiektów.

**redundancja** — nadmiarowość; więcej informacji, niż to jest istotnie niezbędne.

**sprzężenie zwrotne** — informacja o wynikach jakiegoś działania czy procesu, zwykle jako odpowiedź na wymaganie; informacja zwrotna; powrót części =>wyjścia do =>wejścia maszyny, systemu, procesu.

**synergia** — cecha współdziałania wielu czynników polegająca na tym, że całkowity efekt współdziałania jest większy wynikałoby z prostego sumowania udziałów poszczególnych działań składowych; całość większa niż suma części.

**system** — zbiór elementów powiązanych przez funkcję, strukturę i hierarchię.

**system techniczny** — sztuczny przedmiot, konstruowany i wytwarzany za pomocą środków inżynierskich.

**system działaniowy** — system działań. Działanie rozumiane jest przy tym jako funkcja, polegająca na przeprowadzeniu jakiejś sytuacji początkowej, zgodnie z jakimś celem, w jakąś sytuację końcową. Proces przeprowadzenia działania odnosi się do połączenia systemu rzeczowego z systemem działaniowym (elementów nauk humanistycznych i społecznych z elementami nauk przyrodniczych i technicznych).

**system dydaktyczny** — zbiór najważniejszych elementów personalnych (uczący się, nauczający) i rzeczowych (cel, treść, metoda, organizacja, wynik) każdego procesu dydaktycznego, system socjotechniczny, złożony z (1) systemu działań, powiązanych wzajemnie za pomocą systemu celów nauczania-uczenia się, (2) systemu rzeczy (treści, metody, środki i wyniki nauczania-uczenia się), oraz (3) systemu informacyjnego (procesy informacyjne dotyczące nauczania-uczenia się).

**system celów** — zbiór celów lub linii przewodnich (wytycznych) dla systemu działań; cele i zadania nauczania-uczenia się; funkcje motywacyjne

**system informacyjny** — zbiór procesów informacyjnych, które dostarczają systemom działaniowym niezbędnej informacji (wiadomości), oraz gromadzą informacje wypracowane; funkcje sensoryczne i kognitywne.

**system nauczania** — system =>socjotechniczny, w którym dwa ludzkie systemy działaniowe - uczeń i nauczyciel - powiązane są wzajemnie za pomocą systemu celowego (cele nauczania), systemu rzeczowego (treści, metody, środki i wyniki nauczania) i systemu informacyjnego (wszystkie procesy informacyjne nauczania).

**system wykonawczy** — zbiór procesów wykonawczych powodujących zmiany nieinformacyjne, a więc materialne i energetyczne; funkcje motoryczno-operacyjne, czyli procesy powiązane z pracą fizyczną.

**system socjotechniczny** — połączenie systemu rzeczowego z systemem działaniowym (elementów nauk humanistycznych i społecznych z elementami nauk przyrodniczych i technicznych).



**szkoła fraktaina** — szkoła samoorganizująca i samoopimalizująca się.

**sztuczna inteligencja** — wyposażanie maszyn w pewną zdolność uczenia się, dającą zmianę zachowania się maszyny w określonej sytuacji; tworzenie maszyn „inteligentnych” (np. nowoczesnych robotów autonomicznych), gdzie problemy „dydaktyczne” (nauczanie maszyn) nabierają coraz większego znaczenia.

**technika** — (1) proces, w którym człowiek stosuje zasoby materiałów, energii i zjawisk naturalnych do osiągania swoich zamierzonych celów (technologia); (2) celowy, racjonalny sposób wykonywania jakichś prac, czynności, posługiwania się jakimiś instrumentami, przyrządami.

**technika systemowa** — zbiór modeli myślowych, metod pracy i form organizacyjnych, odnoszących się do planowania, kształtowania i użytkowania złożonych systemów w kontekście ekologicznym i socjotechnicznym.

**technofilia** — zafascynowanie techniką; optymistyczne spojrzenie na jej rozwój.

**technofobia** — lęk przed techniką; pesymistyczne spojrzenie na jej rozwój.

**technologia** — (1) metoda, sposób przeprowadzania różnorodnych procesów wytwórczych, (2) ogólna nauka o technice, jej tworzeniu i wykorzystywaniu.

**technologia kształcenia** — dydaktyka praktyczna; kompleksowa metodę projektowania, realizacji i oceniania całego procesu nauczania-uczenia się.

**tribologia** — nauka o tarcu, zużyciu i smarowaniu.

**wejście** — to, co jest dostarczane (np. materiał, energia lub informacja) do maszyny lub systemu.

**wyjście** — to, co jest wytwarzane (np. materiał, energia lub informacja) przez maszynę lub system.

**wiedza audiowizualno-fenomenologiczna** — wiedza intuicyjna, oparta na zjawiskach i doznaniach słuchowo-wzrokowych.

**wiedza deklaratywna** — wiedza podająca opisy, wiedza opisowa, wiedza obiektowa.

**wiedza kontekstualna** — wiedza skojarzeniowa; wiedza dotycząca spłotu zewnętrznych warunków zachodzenia zdarzeń, procesów i podejmowania działań.

**wiedza metatechniczna** — ogólna wiedza o technice.

**wiedza metodyczno-analityczna** — wiedza o współzależnościach, jakie zachodzą między funkcją obiektu technicznego, warunkami technicznymi, jakich potrzebuje i jego konstrukcją (strukturą). Jest to więc poznawcza wiedza funkcjonalna i strukturalna.

**wiedza politechniczna** — specjalistyczna wiedza z różnych technik.

**wiedza praktyczno-pragmatyczna** — wiedza łącząca umiejętności techniczno-operacyjne z użytkową wiedzą poznawczą (kognitywną). Technika techniki. Podstawą tej wiedzy jest informacja.

**wiedza proceduralna** — wiedza podająca recepty, wiedza metodyczna.

**zdatności** — wewnętrzne stany umysłu osiągnięte dzięki uczeniu się; wszystko, czego człowiek nauczył się i co może przejawiać się w zachowaniu.

## Edukacja metatechniczna

Książka wprowadza w podstawowe założenia, cele i treści kształcenia ogólnotechnicznego, wykraczającego poza czysto instrumentalny i przyrodniczy wymiar techniki. Zamiast tradycyjnego podejścia politechnicznego, oferującego luźno powiązaną wiedzę z różnych działów techniki, autor proponuje podejście metatechniczne, które kładzie nacisk na wspólne cechy różnych działów techniki, rozumienie istoty techniki i jej aspektów pozatechnicznych, charakteryzuje kompetencje nauczyciela dla tego rodzaju edukacji oraz ukazuje bogactwo inspiracji dydaktycznych, jakie można znaleźć w technice i naukach technicznych.

## Metatechnological education

The book introduces to the foundations, aims and contents of general technological education which goes beyond purely instrumental and natural dimension of technology. Instead of applying the traditional polytechnical approach with little tied knowledge from the separated technologies, the author proposes a metatechnological approach which focuses on the common attributes of the separated technologies, understanding of the essence of technology and its non-technological aspects. The author characterizes the competencies of the teacher for such education and shows the variety of educational inspirations which lie in the technology and technical sciences.