

Franciszek BUDZIŃSKI

### Zasada kumulacji i substytucji w rozwoju nauki i techniki

The Principle of Cumulation and Substitution in the Development  
of Science and Technics

W literaturze naukowej z zakresu filozofii i ekonomii bardzo zróżnicowane są poglądy na temat mechanizmów i uwarunkowań rozwoju nauki i techniki. Błędna okazała się teoria postępu technicznego K. Marksa i F. Engelsa. W ich przekonaniu źródłem rozwoju techniki jest produkcyjna działalność ludzi. Doświadczenia pracowników są głównym motorem postępu technicznego. Wyraźnie przeczyli oni temu, aby siłą napędową tego postępu mógł być rozwój nauki. Engels mówił, że dla rozwoju techniki jedna fabryka znaczy więcej niż dziesięć uniwersytetów. Uznanie przemożnej roli nauki w rozwoju techniki oznaczało zanegowanie podstawowej zasady materializmu dialektycznego i historycznego o prymacie materii nad duchem. Nauka jest bowiem dobrem niematerialnym, zasobem określonych zasad, praw i teorii. Nauka stała się dobrem ekonomicznym właśnie dlatego, że na jej podstawie doskonalili się istniejące procesy wytwórcze i dobra lub opracowuje zupełnie nowe procesy i dobra. Nauka w dobie rewolucji naukowo-technicznej stała się najważniejszym źródłem wzrostu wydajności pracy i efektywności kapitału; stąd produkcja wiedzy stała się szczególną formą ekonomicznej działalności. Fakt, że wiedza niezbędna w produkcyjnej działalności człowieka w ponad 90% rodzi się w najbardziej rozwiniętych krajach kapitalistycznych stawia pod znakiem zapytania całą poznawczą wartość marksowskiej teorii ekonomii.

Błędna okazała się marksowska analiza rozwoju gospodarki kapitalistycznej. Marks przeczył możliwości rozwoju techniki w warunkach istnienia w gospodarce kapitalistycznej wielkich przedsiębiorstw pozostających w rękach prywatnych właścicieli. Tymczasem okazało się, że największą dynamikę innowacyjną wykazują przemysły o największej kon-

centracji produkcji. Udział wielkich korporacji w finansowaniu działalności badawczo-rozwojowej wynosi około 95% ogólnych nakładów na tę działalność firm prywatnych. Okazało się, że prywatna własność środków produkcji nie stanowi przeszkody w rozwoju naukowo-technicznym. Zaś socjalistyczny system oparty na państwowej własności środków produkcji okazał się po prostu niezdolnym do realizacji jakiegokolwiek postępu technicznego. Potencjał naukowo-badawczy Związku Radzieckiego, mierzony ilością placówek badawczo-rozwojowych, liczbą zatrudnionych w nich inżynierów i naukowców stanowi około jednej trzeciej światowego potencjału naukowo-badawczego, a ich twórczość techniczna jest wprost mizerna, daje ona mniej niż 1% liczących się w skali światowej nowych rozwiązań technicznych.

Błędna była marksowska teoria postępu technicznego, w której zbyt pochopnie prawidłowości rozwoju techniki w minionych stuleciach uznano za absolutnie obowiązujące dla wszystkich etapów społecznego rozwoju.

Błędne okazały się również leninowskie poglądy na temat rozwoju techniki i możliwości kształtowania gospodarki na najwyższym poziomie technicznym w sposób „skokowy”, z niskiego stosunkowo poziomu do najwyższego, opartego na najlepszej technice z pominięciem różnych pośrednich faz rozwoju technicznego. Ten pogląd opiera się oczywiście na przekonaniu, że społeczeństwo pozostające na niższym poziomie rozwoju technicznego i ekonomicznego jest w stanie nie tylko szybko przyswoić sobie najlepszą technikę światową, lecz również rozwinąć w sobie umiejętność tworzenia najlepszej techniki w sposób samodzielny. Ta teoria nie sprawdziła się w odniesieniu do ogółu krajów „socjalistycznych”, nie sprawdziła się również w żadnym kraju kapitalistycznym. Wszystkie bowiem kraje, które potrafiły zapewnić sobie szybki rozwój ekonomiczny, określane często jako „cud gospodarczy”, stwierdzają wyraźnie, że ich rozwój nie miał charakteru skokowego. Stąd na szczególną analizę zasługuje problem podstawowych mechanizmów rozwoju nauki i techniki, tych mechanizmów, które wynikają z samej istoty nauki i techniki. Chodzi tu więc o wewnętrzną logikę ich rozwoju, niezależnie od wszelkich ich zewnętrznych uwarunkowań.

Często stwierdza się, że doskonalenie poznania naukowego prowadzi do kumulacji wiedzy, natomiast doskonalenie środków technicznych związane jest z procesem zastępowania starych środków przez nowe. Mówi się, że nauka kumuluje się, technika zaś podlega substytucji.<sup>1</sup> Fakt ten uznaje się za główne źródło szybszego rozwoju i postępu nauki niż techniki. Tego rodzaju ujęcie problemu specyfiki rozwoju nauki i techniki jest dziś po-

<sup>1</sup> Pogląd taki wyraża m. in. E. Schatzman: *Science et société*, Paris 1971, s. 38.

wszechne i dlatego dla określenia rzeczywistego charakteru postępu naukowego i technicznego należy po pierwsze wyjaśnić sens zasady kumulowania poznania naukowego i substytucji w zakresie techniki oraz po drugie zastanowić się, czy odpowiadają one w pełni rzeczywistym procesom rozwoju nauki i techniki.

Zasada kumulowania wiedzy polega na tym, że nowe naukowe odkrycia nie pozbawiają wartości dawnych, raczej je doskonala i uzupełniają. Ewolucja naszego poznania dokonuje się w sposób dialektyczny. Każda teoria powstaje na gruncie dotychczasowego poznania, przez jakiś czas jest doskonała, ale wreszcie okazuje się, że daje ona zbyt uproszczony obraz rzeczywistości, że za jej pomocą nie da się wyjaśnić wielu nowych zjawisk. Na podstawie wszelkich osiągnięć naukowych dokonanych w długim okresie, w którym uznawano szczególną wartość poznawczą określonej ogólnej teorii, oraz na podstawie wiedzy odnośnie do niedostatków tej teorii, opracowane zostają nowe teorie, które dokładniej i lepiej tłumaczą zjawiska przyrody. Tak np. teoria Einsteina nie anuluje praw Newtona, lecz stanowi ich dalsze rozwinięcie. Opiera się ona na całym łańcuchu odkryć, jakie dokonane zostały w różnych dziedzinach nauk przyrodniczych. To właśnie te odkrycia otwierały zupełnie nowe obszary nauk, dla których stare teorie nie stanowiły zadowalającej podstawy interpretacyjnej. Nowa teoria jest w zasadzie ukoronowaniem wysiłku poznawczego wielu ludzi. W każdej nowej teorii istnieją ślady dawnej i w każdej jest coś, co pozostaje na trwałe w dorobku naukowym. Żadna nawet najbardziej rewolucyjna teoria nie przekreśla starej, lecz odpowiednio ją przyswaja. A bywa niekiedy i tak, że oryginalność nowego ujęcia polega nie tyle na nowości poszczególnych pomysłów, co na połączeniu znanych elementów w nową strukturę teoretyczną. H. Poincaré uważa, że nowość teorii względności polega na oryginalności jej struktury, na nowym połączeniu myśli spotykanych poprzednio w jego pracach oraz w pracach E. Macha i H. Lorentza.<sup>2</sup>

Teorie naukowe podlegają stałemu rewidowaniu ich uogólnień, uściśleniu ich sformułowań, doskonaleniu i uzupełnianiu przez nowe teorie, przyjmując ze starych wszelkie elementy, które w świetle późniejszych odkryć okazały się prawdziwe. Równocześnie z zasobu wiedzy naukowej eliminowane są te elementy dawnej teorii, które okazały się fałszywe, sprzeczne z nowym, głębszym poznaniem.

Zatem w zakresie rozwoju naukowego występują procesy kumulowania wiedzy, która jest zgodna z późniejszym rozwojem poznania i eliminowania tej wiedzy, która nie zawiera w sobie żadnej prawdy.

Nie inaczej co do swej istoty dokonuje się rozwój techniki. Przejście od starych do nowych środków produkcji dokonuje się poprzez stałe do-

<sup>2</sup> Zob. I. Szumilewicz: *op. cit.*, s. 30.



skonalenie na gruncie praktycznych doświadczeń i wiedzy naukowej stosowanych w produkcji środków technicznych. Żadna jakościowa zmiana w środkach technicznych nie jest możliwa bez uprzednich rozlicznych udoskonaleń w zakresie starych struktur technicznych. Poza tym nowe środki produkcji w swej strukturze i związkach funkcjonalnych zawierają całkowicie elementy dawnej techniki, tylko w formie odmiennej. Stara technika działa w nowej na tych samych zasadach, co dawniej, lecz również i w innych ich kombinacjach, a zatem i na innych zasadach. Nowa technika w pełni korzysta z całego dorobku minionej techniki. Zużytkowuje go w odmiennych i bardziej skomplikowanych strukturach technicznych. Zarówno w przyrodzie, jak i w technice jest tak, że przedmioty o wyższej strukturalnej budowie zawierają w sobie elementy i prawidłowości niższych struktur.

Rozwój techniki dokonuje się dzisiaj na podstawach naukowych. Stąd też wynalazki i innowacje techniczne rodzą się w sposób podobny jak nowe teorie naukowe. W zasadzie w pierwotnej swej postaci wynalazek i innowacje techniczne są koncepcjami wynikającymi z naukowych przesłanek. Stąd też nic dziwnego, że wiele wynalazków zrodziło się w trakcie tzw. badań czystych, a wiele odkryć naukowych dokonanych zostało w trakcie przekształcania wynalazku w innowację techniczną, a więc w ramach badań stosowanych, a nawet prac rozwojowych.

Wynalazki i innowacje techniczne są dziś rezultatem zorganizowanych poszukiwań. Dla uzyskania rozwiązań określonych problemów technicznych, najczęściej opracowania określonych produktów lub procesów podejmuje się specjalne badania, które umożliwiają zrealizowanie odpowiedniego racjonalnego projektu technicznego. Realizacja projektu wymaga w zależności od stopnia jego oryginalności mniej lub bardziej rozległych badań podstawowych, stosowanych i rozwojowych.

Z punktu widzenia problemu rozwoju techniki istotne jest to, że nowe koncepcje techniczne rodzą się przeważnie na podstawie zasad znanych i zastosowanych już w dotychczasowych środkach technicznych. Wykazały to odpowiednie badania w krajach zachodnich.<sup>3</sup> Od dawna zresztą istnieje przekonanie, że wynalazek w swej istocie jest najczęściej kombinacją znanej wiedzy naukowo-technicznej bądź też kombinacją znanej i nowej wiedzy naukowo-technicznej.<sup>4</sup> Nie inaczej definiuje się wynalazek w naukach technicznych i społecznych (np. w teoriach ekonomicznych). Nowe wynalazki, podobnie jak nowe odkrycia naukowe, powstają na gruncie znanym. I to wykorzystywanie znanych zasad dla tworzenia koncepcji no-

<sup>3</sup> Źródło: *Forschungsökonomie*, hrsg. von A. Lange, Berlin 1969, s. 167.

<sup>4</sup> Wszelkie aspekty definicji wynalazku omawia F. Budziński: *Wynalazki*, s. 10—39.

wych rozwiązań technicznych zwie się niekiedy zasadą mutacji problemów technicznych.<sup>5</sup>

Analiza pomyślnie zrealizowanych innowacji technicznych pokazuje, że powodzenie w ich wytwarzaniu ma swoje źródło w badaniach podstawowych podjętych dla zrealizowania innych innowacji, a więc przeprowadzanych, zanim określony projekt techniczny został opracowany lub prowadzonych dla rozwiązania innych problemów technicznych.<sup>6</sup> Ponadto jest rzeczą wielce charakterystyczną, że koncepcje wielu nowych wynalazków powstawały w trakcie badań związanych z realizacją innych innowacji technicznych. Same idee oraz możliwości ich technicznej realizacji wyłaniały się w trakcie poszukiwania możliwości realizacji innych koncepcji czy projektów technicznych. W literaturze zwykło się określać tego rodzaju wynalazki jako przypadkowe, bo nie były one zamierzone, poszukiwane ani też przewidywane. Jednakże ta „przypadkowość” ma bardzo szerokie uwarunkowanie w ogromnie wielkim i coraz większym zasobie wiedzy naukowo-technicznej i w istocie samego wynalazku, który zawsze jest nową kombinacją elementów istniejącej wiedzy. Im większy jest zasób tej wiedzy, tym różnorodniejsze są możliwości ich wzajemnej kombinacji. W literaturze anglosaskiej tę prawidłowość rozwoju techniki określa się jako serendipity, co oznacza, że w rozwoju tym pojawiają się nieoczekiwane wynalazki i innowacje w wyniku ogromnego wzrostu wiedzy naukowej i technicznej, co stwarza możliwości niespodziewanych rozwiązań technicznych.

Ilość wszelkich możliwych kombinacji istniejącej wiedzy nie tylko wzrasta ogromnie, lecz również wzrastają możliwości wynajdywania różnych, niekiedy zupełnie odmiennych sposobów rozwiązywania określonych problemów technicznych. Doświadczenia wielkich ośrodków badawczych wykazują, że tzw. prace paralelne są bardzo użyteczne. Na przykład w laboratorium Du Ponta zdarza się, że ten sam problem techniczny rozwiązuje się pięcioma odmiennymi sposobami.<sup>7</sup> Wynika to stąd, że w początkowej fazie realizacji projektu nie wiadomo na ogół, który ze sposobów jest najlepszy i stąd, że wiedza uzyskana w trakcie paralelnych badań nie jest nieużyteczna, nawet gdyby nie została wykorzystana do realizacji pro-

<sup>5</sup> Zob. S. Moser: *Traditionelle Technikphilosophie* [w:] *Techné, Technik, Technologie...*, s. 57.

<sup>6</sup> H. Krauch stwierdza, że w USA 85% ważnych wynalazków dokonanych w ramach realizacji przez różne instytuty naukowe programów badawczych i rozwojowych nie były zaplanowanym wynikiem odrębnych projektów technicznych, lecz stanowiło nieprzewidziany efekt badań i prac rozwojowych. (H. Krauch: *Die organisierte Forschung*, Berlin 1970, s. 120).

<sup>7</sup> H. Rittel: *Hierarchie oder Team? Betrachtungen zu den Korporationsformen in Forschung und Entwicklung* [w:] *Forschungsplanung — eine Studie über Ziele und Strukturen amerikanischer Forschungsinstituten*, München 1966, s. 260.

jektu, dla którego podjęto równoległe badania. Ona może się okazać użyteczna dla rozwiązania innych problemów technicznych.

I tu wyłania się chyba najważniejsze źródło powodzeń w zakresie twórczości technicznej. Na podstawie wieloletniej praktyki stwierdzono, że krytycznym momentem w realizacji innowacji technicznych jest zdolność wykorzystywania nieprzewidzianych początkowo dróg rozwiązywania problemu technicznego, umiejętność zmiany kierunku poszukiwań i realizacji.<sup>8</sup> Finalny rezultat może w sposób wyraźny różnić się od początkowych celów. Chodzi o to, aby umieć zmienić w odpowiednim momencie sposób realizacji innowacji, aby umieć w odpowiednim momencie dokonać zmian w samej koncepcji projektu innowacji i aby umieć w odpowiednim momencie zrezygnować z realizacji określonej innowacji i ewentualnie podjąć opracowanie i realizację innego projektu technicznego, jeśli rozwój badań wskazuje, że projekt taki jest wykonalny i społecznie pożądany. Ta metoda działania w zakresie twórczości technicznej stanowi bezpośrednią i nieuchronną konsekwencję szybkiego rozwoju wiedzy naukowo-technicznej, kumulatywnego charakteru rozwoju nauki i techniki.

Istnieje również inna istotna konsekwencja owego ścisłego powiązania rozwoju techniki z rozwojem nauki. Pracownikom zatrudnionym w instytucjach badawczych, nastawionym na realizację określonych projektów technicznych, powinna być pozostawiona pewna swoboda poszukiwań w zakresie badań o charakterze podstawowym, jeśli takie badania w instytucjach są przeprowadzane. Badania te powinny jednakże mieć na celu praktyczną użyteczność. Tym bardziej ta swoboda powinna charakteryzować badania podstawowe prowadzone w ośrodkach nie związanych bezpośrednio z realizacjami przemysłowymi.

Warto podkreślić, że w wielkich przemysłowych ośrodkach badawczych w USA rozwijany jest specjalny rodzaj badań, który zwie się *exploratory research*. Są to badania nad najbardziej trudnymi pod względem teoretycznym problemami i równocześnie najbardziej niepewnymi, jeśli chodzi o ich praktyczny efekt.

Badania takie są też wielce ryzykowne — mogą one dać niezwykle wyniki praktyczne bądź zakończyć się niepowodzeniem w sensie praktycznym, choć mogą zapewnić wyniki teoretyczne, które dopiero w dalszej przyszłości mogą okazać się bardzo użyteczne. W przedsiębiorstwach Du

---

<sup>8</sup> Ową umiejętność szybkiego dostosowywania się do nowych możliwości, jakie stwarza rozwój nauki, a więc również zmiany kierunku poszukiwań i realizacji technicznych, określa się jako *flexibility of support* i uznaje się ją za krytyczny moment powodzenia badań i rac rozwojowych. Report of the Ad Hoc Committee on Principles of Research-Engineering Interaction, MAB, Washington 1966, s. 13.



Pont Company na ogólną sumę wydatków badawczych 100 mln dol. exploratory research pochłania 10—15 mln dol.<sup>9</sup>

Dotychczas mówiliśmy o kumulatywnym rozwoju pojedynczych środków technicznych, ale siły wytwórcze w każdym procesie produkcyjnym tworzą określoną całość, jednolity, wewnętrznie skoordynowany system. Zmiana jednego z elementów tego systemu wymaga na ogół określonych zmian w innych elementach sił wytwórczych, stosowanych w danym procesie produkcyjnym. Na przykład stosowanie maszyny parowej wiązało się z wykorzystaniem nowego źródła energii, pociągało również za sobą przetwarzanie nowych przedmiotów pracy, przede wszystkim żelaza i stali. To z kolei stawiało nowe zadania dla obróbki metali, konstrukcji maszyn narzędziowych (obrabiarek) i dla metalurgii (chodziło o odpowiednią jakość metali). Istnieją obiektywne, istotne zależności między elementami sił wytwórczych danego systemu. Zależności te określa się jako prawa struktury sił wytwórczych i one to w sposób istotny wyznaczają charakter i kierunki rozwoju sił wytwórczych.

Istnieje również współzależność zmian techniki w różnych gałęziach produkcji, a zatem współzależność między różnymi rodzajami techniki. Postęp w jednej dziedzinie techniki wywołuje reakcję łańcuchową w innych dziedzinach. Na przykład innowacja techniczna w zakresie tkanin syntetycznych wymaga nowych procesów przędzenia, tkania, farbowania itd.<sup>10</sup> Wynalazek tzw. płytki fotograficznej wywołał cały zespół potrzeb, z których rozwinęły się nowe wynalazki i nowe przemysły: przemysł aparatów fotograficznych, obiektywów, papieru fotograficznego, środków utrwalających i kopiujących, statywów, filtrów do fotografii kolorowych itd. Dalszą konsekwencją wynalazku fotografii było powstanie przemysłu filmowego i wszelkiej aparatury fotoelektrycznej. Jeszcze bardziej zróżnicowany system potrzeb technicznych wywołał rozwój elektroniki.<sup>11</sup>

W technice zawarty jest mechanizm regulujący jej rozwój. Sterowanie rozwojem techniki musi uwzględniać wymogi tego mechanizmu, jeśli rozwój techniki ma być zrównoważony i ma zapewnić jak największe korzyści gospodarcze. Mechanizm ten prowadzi w zasadzie do zbliżenia technologicznych podstaw i zasad w różnych gałęziach produkcji. Wyrównuje się i upodabnia naukowy i techniczny poziom różnych gałęzi produkcji.

<sup>9</sup> Źródło: J. B. Wiesner: *Technology and Innovation* [w:] *Technological Innovation and society*, ed. by D. Morse and A. W. Werner, New York and London 1966, s. 55.

<sup>10</sup> Przykład ten podaje E. Ginzberg: *Technology and social change*. New York and London 1964, s. 95.

<sup>11</sup> Przykłady te podaje K. Hübner: *Von der Intentionalität der modernen Technik* [w:] *Technik und Gesellschaft*, Band 2, hrsg. von H. Sachsee, München 1973, s. 182.

Wyrazem tego jest wyrównywanie się między poszczególnymi przemysłami poziomu wydajności pracy. W krajach rozwiniętych zróżnicowanie pod względem technicznego uzbrojenia pracy, efektywności technicznej i wydajności pracy między poszczególnymi sektorami i przemysłami jest mniejsze niż w krajach o niższym poziomie rozwoju technicznego i ekonomicznego. Jest to trend podobny do tego, jaki ma miejsce w ramach jednej gałęzi produkcji, w miarę jak w przedsiębiorstwach tej gałęzi upowszechnia się stosowanie najnowszej techniki. Są to niewątpliwie efekty coraz szerszego wykorzystywania w przedsiębiorstwach i przemysłach rozwiązań technicznych uzyskanych na podstawie poznania naukowego. W tym przejawia się kumulacyjny sens rozwoju technicznego.

Kumulacyjność procesu innowacji technicznych jest po pierwsze jednością ilościowych i jakościowych zmian techniki. Między tymi zmianami zachodzi wzajemna zależność. Tylko na podstawie doskonalenia istniejącej techniki może być zrealizowana nowa technika, ale proces ten ma ściśle sprzężenie również ze zmianami efektywności gospodarczej. Pierwsze zastosowanie innowacji nie wywiera na ogół korzystnego wpływu na wzrost gospodarczy.<sup>12</sup> Pierwszy samochód, pierwszy samolot, pierwsza prądnica turbinowa, pierwszy silnik odrzutowy miały dla rozwoju techniki ogromne znaczenie, ale ich wpływ na wzrost gospodarczy był mały. Dla zapewnienia im większej efektywności były one ciągle doskonalone.

Oskar Lange w procesie innowacji technicznej rozróżnia dwie fazy: fazę jej narodzin i pierwszego zastosowania oraz fazę jej upowszechniania.<sup>13</sup> W literaturze określa się je jako faza alfa i faza beta. Pierwsza faza, gdyby wziąć pod uwagę innowacje w zakresie procesów wytwarzania znanych produktów, charakteryzuje się spadkiem efektywności i procesów wytwórczych w porównaniu z dawną metodą. Rzeczywiście korzyści ekonomiczne, jakie zapewnić może stosowanie określonej innowacji, osiąga się dopiero poprzez proces upowszechnienia jej eksploatacji. Dzieje się tak z wielu powodów natury technicznej, organizacyjnej i ekonomicznej. Dla zapewnienia określonej inowacji większej efektywności musi ona być ciągle doskonalona. Doskonalenie innowacji nie jest możliwe, jeśli nie upowszechnia się jej stosowania. Ponadto zwiększenie efektywności określonej innowacji wymaga kolejnych innowacji w wielu dziedzinach, np. w metalurgii, w technologii materiałów, w zakresie urządzeń elektrycznych i elektronicznych itd. Na wzrost gospodarczy proces kumulatywnych innowacji ma o wiele większe znaczenie niż pierwsza innowacja. Poza

<sup>12</sup> Stwierdza to wyraźnie wielu ekonomistów. Zob.: J. C. Duckworth: *The Role of Government [w:] Technological Innovation and the Economy*, ed. by M. Goldsmith, London 1970, s. 139.

<sup>13</sup> O. Lange. A note on innovations, „Review of Economic Statistics” 1943, vol. XXV, s. 19—25.



tym upowszechnianie innowacji umożliwia doskonalenie organizacji pracy i produkcji, ukształtowanie odpowiednio kwalifikowanych pracowników itd. W miarę jak wzrasta rynek zbytu, gdy doskonalenie innowacji i pojawianie się nowych umożliwia zmniejszenie kosztów produkcji, dodatkowe oszczędności w kosztach zapewnia produkcja na wielką skalę. Może dojść do powstania nowej specjalizacji produkcyjnej i powołania nowych przedsiębiorstw kooperujących. Bez powszechnego wykorzystywania nowych metod produkcji i nowych produktów rozwój techniki nie jest efektywny, nie mogą też działać siły, które ten rozwój stymulują.<sup>14</sup>

Z punktu widzenia możliwości dalszego doskonalenia innowacji należy rozróżnić dwa ich typy: 1) innowacje proste (w sensie technicznym), zazwyczaj stosunkowo tanie, 2) innowacje bardziej skomplikowane, kosztowne i wymagające często długiego okresu instalowania. Efekty doskonalenia innowacji grupy pierwszej są początkowo bardzo duże, ale stosunkowo szybko możliwości ich dalszego doskonalenia wyczerpują się. Natomiast udoskonalenia innowacji technicznie skomplikowanych wymagają dłuższego okresu doświadczeń, dają one początkowo nieznaczne, ale w miarę upływu czasu bardzo poważne korzyści.

Wielka korzyść procesu upowszechniania innowacji polega również i na tym, że jej doskonalenie umożliwia szersze stosowanie nie tylko w jednej, lecz w wielu gałęziach produkcji. Proces przyswajania określonych innowacji technicznych do potrzeb różnych procesów produkcyjnych wymaga obustronnej adaptacji — zarówno samej innowacji, która ma być wykorzystana w określonej produkcji, jak i procesów wytwórczych tej gałęzi.

Nowa technika stanowi często ulepszenie lub uzupełnienie techniki istniejącej. Przyczynia się do podniesienia efektywności starej techniki lub poprawy jakości wytwarzanych produktów. Taki charakter ulepszający i uzupełniający mają wszystkie innowacje z zakresu napędu parowego, spalinowego lub elektrycznego w zastosowaniu do istniejących maszyn. Innowacje polegające na automatyzacji operacji produkcyjnych przez stosowanie techniki komputerowej również wymagają w bardzo ograniczonym stopniu zastępowania dawnych maszyn, a najczęściej jedynie ich przystosowania do wymogów nowej techniki. A więc nowa technika przyczynia się do udoskonalenia starej nie eliminując jej z produkcyjnego stosowania. Zwiększa poważnie efektywność ich działania. Podobny sens ma stosowanie wszelkich automatycznych linii przENOśnych, które pozwalają na zharmonizowanie i ciągłe działanie całej serii maszyn. Daje to poważne oszczędności pracy i usuwa wąskie gardła produkcji.

<sup>14</sup> Problemy te omawia i ilustruje odpowiednimi przykładami F. Budziński: *Rola postępu naukowo-technicznego w rozwoju gospodarczym*, Ossolineum, Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk 1972, s. 65—68.

Komputery, podobnie jak wszelkie systemy energetyczne, można traktować jako innowacje uzupełniające, które znalazły bardzo szerokie zastosowanie. W każdym przemyśle pojawiają się jednak stale liczne innowacje uzupełniające, które udoskonalają działanie starych maszyn. W przemyśle metalurgicznym taką innowacją był proces wytopu ciągłego, próżniowe odgazowywanie i topienie, w papierniczym specjalna prasa do usuwania wody z papieru, która zwiększa wydajność maszyn produkujących papier; w przemyśle tekstylnym komora automatycznego pomiaru, która pozwala na regulowaną impregnację nici. Poza tym nawet w przypadkach, kiedy innowacje z istoty swej przeznaczone są do zastąpienia starych środków technicznych, mogą one przedłużać czas ich eksploatacji przez umożliwienie doskonalenia starej techniki. Na przykład piece tunelowe umożliwiły szereg udoskonaleń w stosowanych dotychczas piecach Hoffmana, a konwertory tlenowe w procesie wytopu żelaza w piecach martenowskich. Zjawisko to określa się jako sailing ship effect.

Mając na uwadze ekonomiczne znaczenie procesów upowszechniania innowacji technicznych stwierdza się, że powinny być prowadzone przez zespoły specjalistów badania odnośnie do wszelkich możliwości wykorzystania określonych innowacji technicznych. Nowa technika bardzo często okazuje się najbardziej przydatna w dziedzinach, dla których nie była ona poszukiwana. Na przykład wiele rozwiązań technicznych realizowanych dla potrzeb przemysłu samolotowego znalazło szerokie zastosowanie w technice wytwarzanej na użytek rolnictwa.<sup>15</sup> Jest rzeczą oczywistą, że na gruncie takich badań powinny być formułowane programy i plany upowszechniania zastosowań różnych innowacji technicznych. Programy te powinny być ściśle sprzężone z programami rozwoju techniki na gruncie własnych prac badawczo-rozwojowych i z programami technologicznej wymiany międzynarodowej.

Proces kumulacji jest charakterystyczną i dominującą tendencją rozwoju naukowego i technicznego. W zasadzie wewnętrzna logika ich rozwoju jest podobna. Rozwój ten jest przede wszystkim jednością przemian ilościowych i jakościowych, ewolucyjnych i rewolucyjnych, wzajemnie ze sobą sprzężonych. Stopniowe udoskonalenie stanowią przesłankę pojawiania się nowej jakościowo teorii i techniki, te zaś z kolei stają się przedmiotem nowych procesów ulepszania i doskonalenia. W nauce, podobnie jak w technice, istnieje również ścisła współzależność między jej poszczególnymi elementami i dziedzinami. One wzajemnie na siebie oddziałują.

---

<sup>15</sup> Fakt, że innowacja w jednej dziedzinie rodzi zmiany i postęp w wielu innych dziedzinach, określa się w ekonomii jako działania zasady mnożnika technicznego bądź też kumulacją przemian technicznych i organizacyjnych. Zob. Technika a środowisko człowieka. Wyd. Naukowe Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Poznań 1972, s. 8.

Rozwój w jednej dziedzinie wywołuje odpowiednio postępowe zmiany w innych dziedzinach.

Współzależność ta wynika z samej genezy nauk. Zrodziły się one z jednego źródła, jakim było niewątpliwe pragnienie rozumienia zjawisk i procesów otaczającego świata. Przez długi czas nie było bezpośredniej więzi między rozwojem nauki i techniki. To zapewne było powodem stosunkowo powolnego ich rozwoju przez całe stulecia i tysiąclecia. Osiągnięcia pierwszej rewolucji przemysłowej dokonane były przeważnie bez pomocy nauki, sama nauka w nowoczesnym tego słowa znaczeniu pojawia się w zasadzie w dobie renesansu. Jeszcze w XVII wieku zasób ogólnej wiedzy był tak mały, że człowiek, który poświęcił się nauce, mógł rozwijać działania we wszystkich dziedzinach. Newton był nie tylko matematykiem, astronomem, optykiem i mechanikiem, lecz pracował długie lata w dziedzinie chemii.<sup>16</sup> W miarę jak wzrasta zasób wiedzy teoretycznej i w zasadzie niemożnością staje się opanowanie tej wiedzy, wyłania się potrzeba specjalizacji, początkowo w obrębie dotychczasowej nauki, a później — gdy nowa specjalność wzbogaci się pod względem teoretycznym i metodycznym — wyodrębnia się ona jako samodzielna dyscyplina naukowa. Najczęściej głównym źródłem procesu kształtowania się nowych nauk poprzez wydzielanie się z organizmu nauk znanych były poważne osiągnięcia, szczególnie wielkie odkrycia naukowe, które pozwalały na stworzenie nowego obszaru badań, nowej nauki. W ten sposób przebiegał proces różnicowania fizyki, z której wyodrębniły się optyka, akustyka, nauka o elektryczności, fizyka atomowa, fizyka ciała stałego itd. Rozwinęły się i rozczłonkowały na różne specjalności również chemia i biologia.

Dla rozwoju techniki szczególne znaczenie miały powstanie i rozwój nauk technicznych. Nauki te pojawiły się stosunkowo późno, bo dopiero w okresie mechanizacji produkcji. Głównym impulsem do ich ukształtowania były potrzeby produkcji i samej techniki. Nauki te w wielu wypadkach stanowią jakby przedłużenie zakresu badań tradycyjnych bądź nowych nauk przyrodniczych, ale w zastosowaniu do zjawisk techniki — np. techniczna fizyka, techniczna chemia, techniczna biologia, termodynamika, hydrodynamika, inżynieria mechaniczna, elektrotechnika, teoria obróbki, kinetyka. Nie wszystkie one zrodziły się na gruncie odpowiednich nauk przyrodniczych. Na przykład termodynamika techniczna ukształtowała się wcześniej i spowodowała powstanie odrębnej nauki przyrodniczej — termodynamiki teoretycznej. Wszystkie zaś nauki techniczne korzystają z dorobku teoretycznego nauk przyrodniczych. Nauki techniczne mają na celu rozwijanie teorii, które mogłyby być pomocne w rozwiązywaniu kon-

<sup>16</sup> Zob. A. Timm: *Einführung in die Wissenschaftsgeschichte*, München 1973, s. 25.



kretnych problemów technicznych. Często w swoich badaniach natrafiają na problemy o charakterze podstawowym, a więc dotyczące np. właściwości określonych zjawisk lub prawidłowości pewnych procesów, jakie mają być wykorzystane w rozwiązaniach technicznych. Te problemy rozwiązują niekiedy samodzielnie, a niekiedy stają się one przedmiotem badań odpowiednich nauk przyrodniczych.

Zawężenie przedmiotu badań w wyniku specjalizacji nauk przyczynia się niewątpliwie do szybszego wzrostu wiedzy teoretycznej w poszczególnych dziedzinach i w nauce jako całości. Osiągnięcia jednej nauki wpływają na rozwój innych nauk. W ramach rozwoju naukowego stwierdza się występowanie prawidłowości, którą określa się jako zasadę solidarności w nauce. Chodzi tu o wewnętrzną spójność, zgodność teoretyczną nauki jako całości. Odkrycia i teorie jednej nauki przyswajane są przez inne nauki, które wzajemnie się wspierają. Na przykład zachodzi ścisła współzależność w rozwoju fizyki, optyki, termodynamiki, falowej teorii rentgenowskich promieni i atomowej teorii kryształów.<sup>17</sup>

Wyrazem owej współzależności nauk jest proces ich integracji. Określone zjawiska i procesy są jednością różnych właściwości i zależności i stąd pełniejsze ich zrozumienie wymaga badań uwzględniających owe różnorodne aspekty określonych zjawisk. W ten sposób powstają tzw. nauki pograniczne, np. chemia fizyczna — nauka o współzależności zjawisk fizycznych i chemicznych, biofizyka, która zajmuje się badaniami z pogranicza fizyki i nauk biologicznych; stanowi ona zastosowanie metod fizyki do wyjaśniania struktur komórkowych i zachodzących w nich procesów. Wyrazem przenikania metod i teorii chemii do innych nauk są takie dyscypliny, jak geochemia, biochemia itd.

Integracja nauk może dokonywać się również na zasadzie badania analogicznych właściwości różnych rodzajów zjawisk, np. teoria drgań analizuje procesy drgań w różnych przedmiotach i formach: drgania mechaniczne, elektryczne, akustyczne itd. Teoria taka jest integracją z określonego punktu widzenia różnych zupełnie nauk, np. w teorii drgań podlegają zespoleniu mechanika, elektrotechnika, akustyka, radiotechnika, hydraulika i niektóre inne nauki.<sup>18</sup> Wynikiem procesów integracyjnych, jakie zachodzą w nauce, jest również teoria informacji, która zajmuje się zasadami przenoszenia informacji w różnych systemach: w organizmach żywych, w społeczeństwie i w automatycznych urządzeniach.

Kompleksowe badania pewnych procesów mają bardzo istotne znaczenie dla rozwoju techniki, albowiem problemy, jakie nasuwa realizacja ja-

<sup>17</sup> Współzależność tę akcentuje J. B. Nowik: *Sintez znanija i problema pptymalizacji naucznoego tworcztwa* [w:] *Sintez sowremiennogo naucznoego znanija*, Moskwa 1973, s. 513.

<sup>18</sup> G. Dobrow: *op. cit.*, s. 79.

kiegokolwiek projektu technicznego, są bardzo złożone. Jak mówiliśmy, w konstrukcjach technicznych współdziałają różne formy ruchu materii, różne prawa przyrody, stąd też rozwiązanie tych problemów może opierać się na wszechstronnej ich znajomości. Już pierwsza zintegrowana dyscyplina naukowa, jaką była chemia fizyczna, okazała się bardzo pożyteczna w poszukiwaniu przemysłowego wykorzystania nowych pokładów soli mineralnych. Stworzyła ona teoretyczne przesłanki dla nowych gałęzi przemysłu chemicznego, produkcji sody amoniakalnej według metody Solvay'a i opracowania procesów katalitycznych, na których opiera się produkcja siarczanu i amoniaku.<sup>19</sup> Teoria informacji stała się podstawą wszelkich automatycznych urządzeń. Nie mniejsze znaczenie dla rozwoju środków technicznych i wielu gałęzi i produkcji ma teoria drgań.

Między różnymi naukami istnieją wewnętrzne związki. Istnieją również ściśle związki między poszczególnymi naukami i gałęziami produkcji. Nauka i technika są dziś ze sobą ściśle powiązane, wzajemnie się wspomagają, a cały ten system wzajemnej między nimi zależności i współdziałania określa się mianem synergizmu. Odkrywanie nowych współzależności ma istotne znaczenie dla organizowania w sposób racjonalny wszelkiej działalności badawczo-rozwojowej oraz efektywnego procesu wdrażania i upowszechniania innowacji technicznych.

To wszystko świadczy, że proces rozwoju techniki ma w zasadzie charakter kumulatywny. Jej rewolucyjne przemiany dokonują się również nie na zasadzie „skoku”, lecz stopniowej kumulacji, powolnej lub przyspieszonej, rozlicznych mniejszych lub większych dokonań technicznych.

#### S U M M A R Y

Science and technology have their own specific logic of development. Once they used to develop apart. Today, the main source of technical development is provided by scientific knowledge. This is the reason why the inner logic of their development become closer to each other. It takes place for example through cumulation and substitution of different elements of knowledge and technical means.

The considerations in the article explain the processes of cumulation and substitution in the development of science and technology on the basis of extensive philosophical and economic literature.

<sup>19</sup> T i m m: *op. cit.*, s. 116.

