

# VĚDECKOTECHNICKÝ ROZVOJ JAKO ČINITEL HOSPODÁŘSKÉHO RŮSTU

Ing. Jiří Luňáček, Ph.D., MBA

*Fakulta podnikatelská, Vysoké učení technické v Brně, Kolejní 4, 612 00 Brno*

## Abstrakt

Tento příspěvek čerpá z problematiky teoretické ekonomie. Snaží se navrhnout postupy, pomocí kterých je možno vysvětlit vliv vědeckotechnického rozvoje na celkový hospodářský růst. Vychází z přístupů neoklasické politické ekonomie. Prostor pro vědeckotechnický rozvoj je zde chápán jako možnost dosáhnout požadovaných výstupů výroby při nižším užití základních osobních a věcných činitelů, tedy při jejich vyšší účinnosti. Představy o tom, jaký by to vědeckotechnický rozvoj měl být, přitom chybí. Předložený příspěvek se pokouší nastínit důslednější představu o působení vědeckotechnického rozvoje jako činitele hospodářského růstu, a to představu dovedenou až do formálních výrazů, které je možné použít ke konstrukci modelů analyticky nebo prognosticky orientovaných.

## Klíčová slova

Hospodářský růst, důchod, produkce, produkční funkce, modely hospodářského růstu, vědeckotechnický rozvoj.

## Úvod

Pro řešení vytyčeného problému je nejprve třeba uvést výchozí představu o pojetí hospodářského růstu a o odpovídajících formalizovaných výrazech. Teoretická ekonomická literatura k tomu nabízí dostatek vhodných námětů. Následující text nemůže být jejich přehledem, ale jen účelovým výběrem těsně se vztahujícím k diskutovanému tématu.

Hospodářský růst se nejčastěji popisuje růstem národního důchodu v průběhu času, tj funkcí vyjádřenou derivací  $dD/dt$ , v níž  $D$  představuje národní důchod a  $t$  čas. Trend růstu, jak bylo již před stoletím vyzorováno, je v běžných podmínkách exponenciálního charakteru, což lze znázornit rovnicí:

$$D = D_0 e^{kDt} \quad (1)$$

Výši národního důchodu na začátku pozorování, tj. v čase  $t = 0$  představuje symbol  $D_0$  konstantu rychlosti růstu národního důchodu symbol  $k_D$ ;  $e$  je základ přirozených logaritmů.

Na tomto místě není účelné zaujímat stanovisko k diskusím o specifikaci pojmu národní důchod v tom smyslu, do jaké, míry odráží výsledky veškeré vynaložené společenské práce uspokojující individuální i společenské potřeby (blíže viz *Solow1970, Toms 1988, Samuelson1995*). Významnější může být otázka, zda národní důchod dostatečně komplexně vystihuje dosažené hospodářské výsledky nebo zda by neměl být doplněn o další charakteristiky. V tom se připojuji k názoru, že ekonomický růst se spolu s ekonomickou rovnováhou, proporcionalitou a efektivností stává stále více komplementárním parametrem ekonomické úrovně výroby, ať už při analytickém srovnávání nebo při kvalifikovaných odhadech pravděpodobného budoucího vývoje (viz *Allen, Klacek*).

Je-li tomu tak, nemusíme se při zkoumání ekonomického růstu omezovat na rovnici (1). Můžeme vzít v úvahu i další pohledy, zejména růst celkové společenské produkce  $Q$ , který lze v normálních podmínkách řídit podobnou rovnicí:

$$Q = Q_0 e^{kQt} \quad (2)$$

v níž  $Q_0$  představuje výši produkce na počátku pozorování, tj. v době  $t = 0$  a konstanta  $k_Q$  je konstantou rychlosti růstu produkce.

Hledisko vývoje produkce je významné zvláště ve spojení s dalším, založeným na pohybu společenských nákladů  $N$  na výrobu. Podíl  $Q/N$ ; označený jako souhrnná společenská hospodárnost  $H$ , se rovněž s časem mění, což zdůrazňuje rovnice:

$$H_t = Q_t/N_t \quad (3)$$

V níž všechny veličiny jsou v čase závisle proměnné. Průběh  $H_t$  je mj. důležitý pro posouzení míry intenzifikace (viz *Toms 1988*). Výši nákladů  $N$  uvažujeme národohospodářsky, tj. zásadně jako součet vlastních nákladů výroby a tzv. nákladů zpětné vazby, které jsou určeny ekonomickými normativy požadované efektivnosti hlavních výrobních činitelů, a které by měly odpovídat kritériálním odvodům do příslušných fondů ve smyslu zaváděných pravidel hospodářského mechanismu. Tím se dostáváme k otázce, které hlavní výrobní činitele to jsou. Není nezajímavé uvést takovou základní představu, podle níž produkce může být určena (v národohospodářském měřítku) obecně působením tří základních faktorů, a to půdy, práce a kapitálu, vycházíme-li z poměrů v tržním hospodářství. (viz *Allen 1971, 1975*).

Uvedený soubor tří hlavních faktorů produkce se obvykle zjednodušuje na dva. Protože rozloha i kvalita půdy se v průmyslově vyspělých státech mění již relativně málo, lze její vliv na produkci začlenit do příslušné konstanty účinnosti výrobních zdrojů. V našich podmínkách, kde zemědělská výroba přispívá k tvorbě národního důchodu jen asi ze 3 %, lze toto zjednodušení přijmout.<sup>12</sup>

### Produkční funkce

Působení dvou zbývajících faktorů je možné obecně vyjadřovat výrazem:

$$Q_t = f(Z_t, F_t) \quad (4)$$

kde  $Z_t$  je v čase se měnící zaměstnanost, vyznačující kvantitu pracovní síly a  $F_t$  je s časem se měnící objem výrobních fondů. Rovnici (4) lze chápat jako obecný výraz pro produkční funkce (viz *Allen 1975, Samuelson 2007, Mansfield 1991*). Má-li produkční funkce být použitelná ke studiu vlivu jednotlivých faktorů, měla by být separabilní (viz *Allen 1975*), a to obecně buď v aditivním smyslu:

$$Q = f_1(Z) + f_2(F) = f_3(Z+F) \quad (5)$$

nebo ve smyslu multiplikativním:

$$Q = f_4(Z) * f_5(F) = f_6(Z*F) \quad (6)$$

V obou formulacích, podobně jako dále, jsou symboly času pro zjednodušení vynechávány. Své opodstatnění mají aditivní i multiplikativní tvary (viz *Allen 1975*). Z hlediska praktického využití si připomeňme, že multiplikativní typ lze převést do součtové podoby jednoduchým logaritmováním. Multiplikativní produkční funkce se osvědčily hlavně při studiu vzájemné substituce pracovní síly a výrobních fondů. To bylo významné zejména proto, že náhradu živé práce pracovními, případně výrobními prostředky bylo možné považovat za dominantní jev hospodářského vývoje v poměrně dlouhém období.

Největšího rozšíření doznal konkrétní případ Cobbovy a Douglasovy produkční funkce

$$Q = A * Z^a * F^b \quad (7)$$

<sup>12</sup> <http://dw.czso.cz/pls/rocenka/rocenka.presmsocas>

postavené na určitých předpokladech, především homogenity prvního stupně (viz *Allen 1975, Solow 1970, Samuelson 1995, 2007, Frank 1995*) Veličiny  $A$ ,  $a$  a  $b$  jsou v průběhu času konstantní, nepředpokládáme-li zatím vědeckotechnický rozvoj, jehož typickým projevem je právě růst konstanty  $A$ ; tu totiž můžeme interpretovat jako koeficient účinnosti pracovní síly a výrobních fondů, zatímco exponenciální koeficienty  $a$  a  $b$  jako činitele upravující citlivost funkce vůči změnám uvažovaných obou výrobních faktorů. Konstanty  $A$ ,  $a$  a  $b$  lze použít k charakteristice určitého typu hospodářského růstu, mj. i k specifikaci intenzivního vývoje.

Poznamenejme, že multiplikativní typ produkčních funkcí je v souladu s chápáním podstaty pracovního procesu v Marxově smyslu. Práce je zde hlavním momentem přetvářející pracovní předměty na výrobky užitečné pro člověka, zatímco pracovní prostředky jsou pomocníkem práce, jejím zprostředkovatelem a činitelem umocňujícím její působení. Tomu skutečně odpovídá lépe výraz založený na součinu než na součtu.

Aditivní tvary produkčních funkcí by měly být omezeny na kladné číselné hodnoty faktorů  $Z$  a  $F$ , což je v praxi samozřejmé. Výhoda aditivních výrazů spočívá v tom, že z pohledu praktika jsou srozumitelnější svým „nákladovým pojetím“, tj. tím, že součet čerpaných objemů obou hlavních výrobních zdrojů může v podstatě odpovídat vlastním nákladům vynaloženým na produkci v rámci národního hospodářství. V té souvislosti se v čs. literatuře náklady na výrobu  $N$  ve smyslu rovnice (3) specifikují jako součet výrobních nákladů a nákladů zpětné vazby. Obě tyto složky jsou nadto samy aditivní povahy. Výrobní náklady se ve zjednodušené podobě skládají z ceny opotřebovaných základních výrobních fondů, z cen materiálové spotřeby a vynaložených mzdových prostředků a náklady zpětné vazby jsou položek odvozených od efektivnosti využívání pracovních sil a základních výrobních fondů a také od výše oběžných fondů v peněžním vyjádření (viz *Toms 1988*).

K vyjádření společenského produktu  $Q$  se užívá skalární součin dvou veličin, totiž (fyzických) objemů produkce  $P$  a jejich oceňovacích parametrů  $p_Q$ , tj. parametrů cen produktů.

$$Q = p_Q * P \quad (8)$$

Uvažujme dále, že pohyb těchto parametrů  $dp_Q$  se skládá z tzv. čistého pohybu cen, který by nastal, kdyby nedošlo k žádným změnám v kvalitě, a z pohybu cen odpovídajícího změnám parametrů kvality výrobků. To vyjádříme obecně jako

$$dp_Q = dp_{Q,s} + dp_{Q,k} \quad (9)$$

kde  $dp_{Q,s}$  představuje diferenciál samovolného pohybu cen a  $dp_{Q,k}$  je diferenciál pohybu podmíněného změnami kvality; závislost tohoto druhého dílčího pohybu na kvalitativních parametrech výrobků se přitom diskusně uvažuje jako lineární.

Budeme-li analogicky uvažovat o vstupních veličinách výrobního procesu, můžeme připomenout Abalkinovu specifikaci vlastních nákladů výroby. Všechny jejich jsou popisovány pomocí objemových a cenových nebo mzdových charakteristik, zjednodušíme-li původní poměrně složitý výraz, dostaneme:

$$N = u_Z * m * Z + u_F * p_F * F \quad (10)$$

Kde  $u_F$  a  $u_Z$  jsou koeficienty, jež berou v úvahu společenské náklady zpětné vazby u výrobních fondů a pracovní síly,  $p_F$  cenové parametry výrobních fondů  $F$  a  $m$  výše mezd (mzdové sazby) vztahující se k zaměstnanosti  $Z$ .

Pro praktickou potřebu můžeme  $p_F$  a  $m$  chápat jako vážený průměr hodnot připadajících na jednotlivé konkrétní druhy materiálů a zařízení a na jednotlivé profesní skupiny.

Dosazením vztahu (8) a (10) do (3) a úpravou spočívající v již zmíněném vynechání symbolu pro čas, dostaneme:

$$Q = p_Q * P = H(u_Z * m * Z + u_F * p_F * F) \quad (11)$$

Této rovnici můžeme pokládat za určitý případ produkční funkce aditivního typu, jak snadno zjistíme porovnáním se vztahem (5).

Diskusi o modelech založených na rovnicích podobajících se produkčním funkcím by bylo možné vést i dále a poukázat zejména na možnosti zavést produkci per capita a přejít po stupně až k modelům podobným Kaleckého rovnici (viz *Kalecki 2004*). Spokojme se však s dílčím závěrem, že hospodářský růst je možné modelovat pomocí výrazů vycházejících z produkčních funkcí multiplikativního nebo aditivního typu, přičemž jako konkrétní možné případy lze uvažovat rovnice (7) a (11).

### Účelový model hospodářského růstu

Forma produkčních funkcí se ukazuje být vhodným základem pro modely hospodářského růstu. Abychom se však mohli co nejefektivněji zabývat místem vědeckotechnického rozvoje v těchto modelech, bude účelné sestavit jediný výraz reprezentující pestré možnosti jednotlivých základních druhů.

K tomu uvažujme, že produkce  $Q$  je jak v případě multiplikativních, tak aditivních typů funkcí určena;

- určitým způsobem, tj. na bázi součinu nebo součtu uspořádaným souborem vybraných hlavních faktorů výroby; tento soubor označíme v dalším jako  $G$ ,
- integrální produkční účinností tohoto souboru; pro tuto účinnost zavedeme symbol  $E$ .

Potom rovnice reprezentující oba hlavní typy produkčních funkcí bude

$$Q = E * G \quad (12)$$

kde proměnná  $Q$  se mění v závislosti na změnách proměnné  $G$ . Podle typu ekonomického rozvoje (viz *Toms 1988*) může veličina  $G$  růst, stagnovat nebo dokonce klesat. Pozorujeme-li zatím u nás nejběžnější případy, tj. obecně růst  $G$ , najdeme trend obecně odpovídající exponenciálnímu vztahu. V nejjednodušším případě můžeme uvažovat rovnici

$$G = G_0 * e^{kGt} \quad (13)$$

v níž  $G_0$  představuje úroveň souboru  $G$  v čase  $t = 0$  a  $kG$  konstantu rychlosti růstu tohoto souboru. Taková rovnice by mohla platit např. při multiplikativním uspořádání souboru  $G$  složeném ze dvou složek, z nichž pracovní síly by setrvaly na stálé úrovni a výrobní fondy by exponenciálně rostly; konstanta  $kG$  by v tomto případě charakterizovala právě tento růst. Dodejme, že jde o situaci zatím stále ještě typickou pro čs. hospodářský vývoj. Efektivnost veškeré společenské práce, reprezentovaná v našich úvahách veličinou  $E$ , se přitom udržuje na stálé úrovni.

Působením vědeckotechnického rozvoje se však zvyšuje, jak plyne z teorie (viz *Valenta 2001*) i z rozborů nejvyspělejších ekonomik. Pro tento jev se zvláště v případě multiplikativních konstrukcí příslušných modelů volí reprezentace

$$E = E_0 * e^{kEt} \quad (14)$$

kde  $kE$  představuje konstantu rychlosti růstu efektivnosti a  $E_0$  číselnou hodnotu efektivnosti v době, kdy  $t = 0$ . Konstanta  $kE$  může obecně nabývat hodnoty rovné nule (efektivnost je stálá) nebo hodnot kladných (efektivnost roste); tím je mj. určen typ hospodářského růstu, zatímco případ klesající efektivnosti by bylo nutné pokládat za patologický. Upravíme-li rovnici (12) pomocí (13) a (14), dostaneme

$$Q = E_0 * G_0 * e^{(kE + kG)t} \quad (15)$$

Kterou lze srovnat s běžně nacházeným vztahem (2). V průběhu intenzifikace se  $kE$  vůči  $kG$  zvyšuje, až bude možné zjednodušení

$$Q = E_0 * G_0 * e^{kEt} \quad (16)$$

Přičemž  $G_0$  může být z čistě matematického hlediska považováno za součást konstantního účinnosti. Rovnice (16) odpovídá tzv. čistě intenzivnímu typu (viz *Allen 1975*) nebo nejvyššímu typu intenzivního rozvoje, kdy produkce roste při konstantní výši zdrojů výroby.

Rovnice (2), (13) a (14) popisují časový vývoj veličin v základním modelu (12). Jde však o představy nepřetržitého vývoje, které v dostatečně detailním pohledu nejsou věrné. Vznikají vyrovnáváním pohybu diskrétního, spočívajícího ve sledu kroků - inovací. Popisu inovace jako prvku ekonomického růstu se dostaneme převedením (12), (13) a (14) do derivační podoby

$$dQ/dt = k_Q * Q \quad (17)$$

$$dG/dt = k_G * G \quad (18)$$

$$dE/dt = k_E * Q \quad (19)$$

a nahrazením diferenciálů rozdílů

$$\Delta Q/dt = k_Q * Q \quad (20)$$

$$\Delta G/dt = k_G * G \quad (21)$$

$$\Delta E/dt = k_E * Q \quad (22)$$

Hospodářský růst, v elementární podobě znázorněný rovnicí (20), by se pak v průběhu intenzifikace posunoval od typu (21) k (22).

### **Základní modely vědeckotechnického rozvoje**

Podobně jako v části věnované hospodářskému růstu je i zde z celé rozsáhlé vědecké produkce možné uvést jen účelový výběr tezí vyslovených k poznání procesu vědeckotechnického rozvoje a v některých směrech je vhodně rozvést.

Na samém počátku je třeba se stručně zmínit o dvojici pojmů významově blízkých a někdy i zaměňovaných, totiž o vědeckotechnickém rozvoji a technickém rozvoji. Zejména v praxi se někdy druhý z nich chápe jako zkrácení prvního, což je nepochybně nevhodné. Ale i v ryze odborných projevech se někdy setkáváme se vzájemně se překrývajícím obsahem. Např. technický rozvoj, jak je vysvětlován v souvislosti s obdobím první a druhé průmyslové revoluce (viz *Schumpeter 2004, Valenta 2001*) zhruba odpovídá technickému rozvoji substitučnímu a projevy technického rozvoje čistého se uvádějí zhruba shodně s projevy rozvoje vědecko-technického.

Souhrnný název technický rozvoj s rozlišením na čistý a substituční je přijatelný pro všechny náhrady živé práce prací minulou (nikoliv zpředmětněnou) a láká také svou stručností. Na druhé straně však označení vědeckotechnický rozvoj je již běžně užíváno a svou formou zdůrazňuje vstup vědy, vědeckotechnických poznatků mezi nejúčinnější složky výrobních sil. Připomeňme, že právě tento vstup je „úzkým profilem“ naší ekonomiky v současném období.

S ohledem na všechny tyto skutečnosti budu v dalším textu za technický rozvoj považovat procesy vyznačující se změnami ve struktuře výrobních sil, a to hlavně substitucí živé práce prací zpředmětněnou a dále zdokonalováním výrobních prostředků, případně dalších prvků a stránek výrobního procesu. Technický rozvoj se uskutečňuje technicko-organizačními změnami, které mají některé znaky inovací v dále uvedeném smyslu.

Ve vědeckotechnickém rozvoji naopak vyniká úloha vědeckotechnických poznatků, něž pokládám jen vynálezy a know-how z důvodů jejich výrazné úlohy v inovačních procesech (viz *Valenta 2001*). Z poměrně četných charakteristik vědeckotechnického rozvoje pak vyber tu, podle níž jde o proces, jenž je organickým spojením dvou fází, a to poznávání přírodní a společenských zákonitostí a využívání těchto zákonitostí pro ekonomický rozvojový proces.

Idea dvou uvedených fází procesu vědeckotechnického rozvoje odpovídá Marxovým dvěma stránkám společenské práce: stránce spočívající v poznání světa a stránce týkající, materiálního působení člověka na přírodu. Byla použita k charakteristice inovace jako jevu, jenž je produktem lidské práce, především její poznávací stránky, je účelově zaměřený zdokonalení reprodukčního procesu ve smyslu zvyšování efektivnosti práce a podmíní změnu konkrétní práce. Inovace jsou pro pochopení vědeckotechnického rozvoje významné tím, že mohou být pokládány za jeho prvek (Valenta 2001).

Uvedená idea dvou základních fází vědeckotechnického rozvoje vychází z výsledků četných autorů. (viz Janossy 1969) Ten uvažoval proces zavádění inovací ve dvou časově i pracovně návazných etapách. Podstatným obsahem první etapy je výzkumná činnost a výsledkem je „recept“ pro zavedení inovace se souborem vědeckotechnických poznatků jí jádrem (viz Valenta 2001). Typickým obsahem druhé etapy je činnost v čs. podmínkách obvykle považována za investiční v technicko-ekonomickém smyslu; zavedení inovace se totiž běžně neobejde bez zásahu do výrobních zařízení nebo bez výstavby zařízení zcela nových. Produktem práce v obou etapách je provozovatelná nová výroba, tj. výroba s novou technologií a výrobkem buď dosavadním nebo novým.

Přes výhrady k některým názorům Janossyho a Valenty na zbožní charakter a hodnotu vědeckých technických poznatků a „receptů“ je třeba za pozoruhodnou pokládat tu jeho myšlenku, že nehmotné produkty společenské práce jsou v průběhu jisté doby absorbovány lidskou pracovní silou, a že se stávají součástí její produkční schopnosti a tedy i její produkční účinnosti. Ve společenském měřítku to lze očekávat v souvislosti s procesem rozšiřování vědeckotechnických poznatků od jejich původců (objevitelů) k ostatním výrobcům; k ostatním výrobním kolektivům.

Představu o procesu vědeckotechnického rozvoje s uvedenými dvěma fázemi považují vhodnou i proto, že dovoluje uplatnit pohled rozlišující kvalitativní a kvantitativní stránku inovací. Kvalitativní stránka se dosud nejlépe dá postihnout pomocí inovačních řádů a kvantitativní fyzickým objemem nové výroby. Kvalitativní stránka záleží především na objemu účinně vynaložené práce ve výzkumu v širokém slova smyslu, v první etapě inovační práce, a ovlivňuje hlavně jednotkovou cenu produktu nové výroby. Kvantitativní stránka se projevuje zejména v různých nárocích na investiční činnost, tj. inovační práci v její druhé etapě, a ovlivňuje především fyzický objem nové výroby.

Kdybychom se nyní chtěli pokusit o koncentrovanou charakteristiku projevů vědeckotechnického rozvoje ve formulaci porovnatelné s projevy technického rozvoje, mohli bychom říci, že vědeckotechnický rozvoj se vyznačuje hlavně změnami ve struktuře výrobních sil, především vstupem vědy jako jejich nové výrazné součásti, dále zdokonalováním výrobních prostředků i pracovní síly a konečně substitucí současné práce prací minulou, v níž však narůstá podíl práce věnované poznání. Vědeckotechnický rozvoj způsobuje, že kromě dosavadních výrobních fondů musíme jako relativně samostatné uvažovat i fondy vědeckotechnických poznatků.

Posuzováno hlavně z hlediska efektů by bylo možné vědeckotechnický rozvoj ztotožnit s tzv. technickým rozvojem čistým (viz Valenta 2001), zatímco technický rozvoj, jak je pojímán v tomto článku, odpovídá tzv. technickému rozvoji substitučnímu.

### **Působení vědeckotechnického rozvoje v inovaci**

Působení vědeckotechnického rozvoje v hospodářském růstu je třeba nejprve studovat i v rámci jedné inovace jako elementárním kroku celkového pohybu. Protože jde o procesy velmi složité, omezím se na výstižný pohled týkající se podstaty jevu. K tomu jsou nutné tyto předpoklady:

- a. celý objem inovační práce je vynaložen uvnitř národního hospodářství a až na výjimky (viz další text) také uvnitř toho výrobního celku, který inovaci zavádí;
- b. inovační práci lze charakterizovat pomocí nákladů na inovaci  $\overline{N}_i$  které se zásadně člení na náklady 1. etapy  $\overline{N}_v$  (náklady na výzkum) a na náklady 2. etapy  $\overline{N}_s$  (náklady na investici, na stavbu);
- c. budeme se zabývat pouze inovacemi, které odpovídají pojetí vědeckotechnického rozvoje v tomto článku. To znamená, že k inovacím nebudeme počítat změny představující jen rozšíření

- výroby nebo ekonomicky nepodstatná technická či organizační zlepšení, tj. změny označované za inovace 1. nebo 2., případně i 3. řádu;
- co do faktorů výrobního organismu počet možných typů zjednodušíme na dva, které pokládáme za hlavní a v jistém smyslu i zahrnující typy ostatní. Jsou to inovace výrobkové a inovace procesní čili technologické;
  - u procesních inovací lze očekávaný efekt vyjádřit snížením měrné spotřeby zdrojů  $G/Q$ . Přitom výše  $Q$  je konstantní, neboť produkce se nemění ani kvalitativně (výrobek je tentýž) ani kvantitativně (šlo by o kombinaci s inovací 1. řádu, kterou neuvažujeme);
  - za efekt výrobkové inovace považujeme zvýšení  $Q$  v důsledku zvýšení ceny produkce po určitou dobu. Jako nutnou součást inovační práce tu budeme vždy uvažovat i  $\overline{N}_S$ . Cílem technologie nového výrobku však při prosté (nekombinované) výrobkové inovaci bude pouze zachování dosavadní úrovně  $G$ ;
  - vedle prostých inovací výrobních nebo procesních se mohou objevovat i kombinace obou. Ty by bylo třeba posuzovat tak, že každá složka by vyžadovala určitou část celkové inovační práce a přinášela by svůj příspěvek k celkovému efektu.

Uvedené modelové předpoklady dovolují nazírat na působení vědeckotechnického rozvoje v inovacích takto:

U **výrobní inovace** si představme, že v důsledku vynaložené inovační práce, odpovídající jíci nákladům  $\overline{N}_i$  (v členění na  $\overline{N}_V$  a  $\overline{N}_S$  dojde ke zvýšení produkce o  $\Delta Q$ , a to nikoliv její kvantitativní stránky představované fyzickým objemem produkce (viz předpoklad c), ale stránky kvalitativní, jejímž projevem je oceňovací parametr  $p_Q$  ve smyslu rovnice (8) nebo (11). Zvýšení parametru  $p_Q$  se opírá o nová řešení výrobků, která buď uspokojují nové potřeby nebo dosavadní potřeby novým způsobem, a následkem toho se po určitou dobu mohou na trhu realizovat za vyšší ceny.

Uvedené procesy popisuje schéma

$$\begin{array}{c}
 \overline{N}_V (+\overline{N}_S) \longrightarrow \Delta p_Q \xrightarrow{P} \Delta Q \xrightarrow{G=\text{konst}} \Delta E \\
 \downarrow \\
 G
 \end{array}
 \tag{23}$$

Náklady na 2. etapu inovační práce  $\overline{N}_S$  jsou ve schématu uvedeny v závorce. Chceme tím naznačit, že tato práce sice tvoří součást celkových nákladů na zavedení inovace  $\overline{N}_i$  avšak neovlivňuje výrazně její efekt, pokud pojetí inovací odpovídá použitým předpokladům. Investiční proces sám o sobě vede za těchto okolností pouze k dočasným změnám v souboru  $G$ , a to v prvním období ke zvýšení objemu výrobních fondů  $F$ , které však musí být za určitou dobu kompenzováno amortizací natolik, aby platila podmínka konstantní úrovně  $G$  (předpoklad f). Vyšší vybavení živé práce fondy může přinášet určité ekonomické efekty které lze nazvat racionalizačními. Zejména v tzv. vědeckotechnicky náročnějších odvětvích by však měly být daleko nižší než efekty vědeckotechnického rozvoje ve smyslu tohoto článku.

Podívejme se nyní na procesy ve schématu (23) podrobněji. První dílčí proces znázorňuje podstatný krok v celkovém působení vědeckotechnického rozvoje, totiž zvýšení ceny produktu následkem účinného vynaložení práce odpovídající nákladům  $\overline{N}_V$  za spoluúčasti práce odpovídající nákladům  $\overline{N}_S$ .

Druhý dílčí proces představuje hospodářskou realizaci vyšší ceny  $\Delta p_Q$  ve spojení s produkcí fyzického objemu  $P$ . Tím dojde ke vzniku přírůstku produkce  $\Delta Q$ . Tento přírůstek je dodatečným

nadproduktem, tj. nadproduktem vzniklým působením vědeckotechnického rozvoje. Jeho jevovou formou je dodatečný mimořádný zisk.

Ve třetím dílčím procesu je naznačeno, že zvýšení produkce  $\Delta Q$  při stálých vstupech do výroby se projeví zvýšením efektivnosti výrobního procesu  $\Delta E$ .

Přejdeme nyní ke studiu inovace procesní čili technologické. V důsledku vynaložení inovační práce odpovídající nákladům  $\bar{N}_V$  za spolupůsobení práce odpovídající nákladům  $\bar{N}_S$ , dojde ke zlepšení technologie, tj. způsobu výroby neměnného (viz předpoklad e) výrobku. Inovovaná technologie spotřebovává nižší objemy výrobních zdrojů, což se projeví snížením úrovně souboru výrobních faktorů  $G$ . Na základě toho vzroste integrální účinnost  $E$ , a to ve stejné míře, v jaké poklesne  $G$ . To platí, zůstane-li úroveň produkce  $Q$  inovací nedotčena, jak to odpovídá předpokladům c) a e).

Proces technologické inovace proto znázorňuje schéma

$$\begin{array}{ccc} \bar{N}_V (+\bar{N}_S) = -\Delta G \xrightarrow{G=\text{konst}} \Delta E & & \\ \downarrow & & (24) \\ G & & \end{array}$$

Úspora spotřeby souboru  $G$  se může týkat jak živé práce, tak také věcných výrobních činitelů, a to jak co do fyzických, tak také oceňovacích, tj. mzdových nebo cenových parametrů. S použitím symbolů z rovnice (10) to můžeme zapsat

$$-\Delta G = -\Delta(m, Z, p_F, F) \quad (25)$$

Vztahy mezi  $G$  a veličinami na pravé straně této rovnice záleží obecně od konstrukci použité produkční funkce.

Dodatečný mimořádný zisk je i v případě procesní inovace jevovou formou dodatečného nadproduktu vznikajícího úsporou souboru faktorů  $G$ . Co do výše mu též odpovídá, je-li splněna již uvedená podmínka konstantní produkce.

Působení nákladů  $\bar{N}_S$  je podobné jako u výrobkových inovací. Vede ke změnám uvnitř souboru  $G$ , hlavně pokud jde o relace mezi živou a zpředmětněnou prací, avšak tento pohyb za náležitě dlouhou dobu a po vyrovnání nesmí rušit ani přínos inovace spočívající v úspoře zdrojů výroby, ani nesmí vést k prostému růstu výroby, mají-li být splněny předpoklady c) a e).

Úvahami nad schématy (23) a (24) chci ukázat, že efekty vědeckotechnického rozvoje soudit výhradně účinnému vynaložení inovační práce v její 1. etapě, tj. účinnému využití práce výzkumné v širokém slova smyslu, zatímco práce ve druhé etapě, která má znaky investiční činnosti, vede ke změnám, jež je možné chápat jako technický rozvoj ve smyslu užívaném v tomto článku, tj. jako technický rozvoj tzv. substituční. Připomeňme, že jsme abstrahovali od procesů racionalizační povahy a od prostého rozšíření výroby, podmíněného pouze zvyšováním úrovně  $G$ .

Ze zmíněných úvah též plyne, že zachování nárůstu produkce v období vědeckotechnické revoluce vlastně vyžaduje zvýšit podíl inovací výrobkových oproti stavu, jaký byl dříve; četnost v nejvyspělejších zemích tento závěr potvrzuje. Zvyšování produkce je však také možné docílit tím, že zdroje uvolněné úsporami  $G$  v důsledku procesních inovací budou na jiných místech k prostému rozšíření výroby nebo že dovolí vzrůst národního důchodu v souvislosti s poklesem výrobní spotřeby.

Je zřejmé, že hospodářský růst způsobovaný vědeckotechnickým rozvojem může nabývat nejrůznějších podob. Hledáme-li jejich společnou charakteristiku, stěží najdeme vhodnější než zvýšení efektivnosti výroby. Vědeckotechnický rozvoj se tedy musí uplatňovat jako výrazný faktor v rovnici (22). Pokusme se toto jeho působení formalizovat..



Ve shodě se schématy (23) a (24) je třeba změnu efektivnosti  $E$  pokládat za důsledek účinného vynaložení práce v 1. etapě inovace, tj. práce charakterizované náklady  $\bar{N}_V$ . Vztah mezi oběma veličinami by měl být přímý a ve shodě se Solowovými výzkumy (viz *Solís 1970*) dokonce lineární. Pro rovnici (22) tedy může platit úprava

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \bar{u}_V * \bar{N}_V * E \quad (26)$$

Kde  $\bar{u}_V$  je konstanta charakterizující účinnost nákladů na výzkum při zvyšování produkční efektivnosti  $E$ .

Jemnost inovační práce, případně účinnost inovačních nákladů však není v čase stálá. Z dosavadních zkušeností, teoretických prací, jakož i z modelů hospodářského růstu ovlivněného výzkumem v uplynulých desetiletích (viz *Allen 1975, Solow 1970, Dornbusch 1994, Toms 1988*) plyne, že užitná hodnota vědeckotechnických poznatků se s časem snižuje. Důvod je v tom, že dodatečný produkt, vznikající působením vědeckotechnického rozvoje, je podmíněn nedostupností technických poznatků ostatním výrobcům a mizí tedy při rozšiřování těchto poznatků od původce a prvního uživatele postupně do okolí. V souvislosti s tím vyslovme předpoklad, že rychlost tohoto poklesu je do značné míry objektivní v tom smyslu, že není závislá hlavně a snad ani podstatně na rychlosti technické a ekonomické realizace poznatků u jejich prvního vlastníka, obvykle přihlašovatele vynálezu, ale že je převážně výsledkem pohybu světových fondů vědeckotechnických poznatků, pohybu světové technické základny a pohybů sociálních.

Vlastní průběh tohoto poklesu bychom mohli očekávat nejpravděpodobněji podle sestupné větve tzv. životní (logistické) křivky. Pro praktické účely však bude vhodnější přijmout „vyrovnanou“ a podstatně jednodušší představu lineární deprese, jaká se běžně používá i jinde, např. při pohledu na účinnost základních výrobních fondů. Potom můžeme za platnou považovat rovnici

$$\bar{u}_V = \bar{u}_{V,0} - k_u * r \quad (27)$$

kde  $r$  představuje čas, po který se snižuje účinnost  $\bar{u}_V$ , jež v čase  $r = 0$  má hodnotu  $\bar{u}_{V,0}$ , zatímco konstanta  $k_u$  charakterizuje rychlost „stárnutí“ účinnosti, rychlost poklesu její číselné hodnoty. Čas  $r$  je jiný než zatím v příspěvku jediné se vyskytující čas  $t$ . Oba mají sice stejné jednotky, avšak zatímco čas  $t$  začíná okamžikem pozorování hospodářského růstu a působení vědeckotechnického rozvoje v něm, čas  $r$  má nulovou hodnotu při prvním uvedení novinky, které se inovace týká, do hospodářské praxe, tj. většinou na světový trh. „Světovost“ času  $r$  souvisí se zmíněnými již objektivními pohyby příslušných fondů i pohybů sociálními.

Dvojitý čas je určitou komplikací výkladu i použití prezentovaných představ, je však nezbytný, jak se potvrzuje i pracemi jiných autorů (viz *Mansfield 1991*). Rovnice (27) spolu s (26) a (12) bychom mohli sloučit do jediné. Pro větší přehlednost zůstaneme však u oddělených vztahů, reprezentujících situaci v rámci jediné inovace.

### Vědeckotechnický rozvoj ve spojitém hospodářském růstu

Chceme-li se od pohledu na jedinou inovaci dostat k představě plynulého toku inovací a ke spojitě funkci znázorňující hospodářský růst, je nutné uvažovat vývoj za tak dlouhý časový úsek a s tak velkými změnami veličin, že rozdíly mohou být nahrazeny diferenciály. Náklady vydávané na první výzkumné etapy inovací se pak mohou jevit jako plynulý tok s dostatečně pravidelnými ročními dávkami  $N_V$ .

Vztah reprezentující působení vědeckotechnického rozvoje pak můžeme založit na analogii s rovnicí (22). Dostaneme

$$\frac{dE}{dt} = u_V * N_V * E \quad (28)$$

kde za  $N_V$  uvažujeme průměrné roční náklady na výzkum v hospodářském celku, jehož se týká efektivnost  $E$ , a za  $u_V$  konstantu charakterizující účinnost těchto nákladů při zvyšování efektivnosti  $E$ . Náklady  $N_V$  se liší od  $\bar{N}_V$  mj. i rozměry, což má své důsledky pro kvantitu i kvalitu účinnostní konstanty  $u_V$  ve srovnání s  $\bar{u}_V$ .

Součin  $u_V * N_V$ , modifikující efektivnost  $E$  podle rovnice (28), je nezávislý na čase  $t$ . Jinak tomu však bude ve vztahu k času  $r$ . Pro úvahy v tomto směru si nejprve představme, že všechny inovace zaváděné ve sledovaném hospodářském celku lze převést na inovace téhož typu co do jejich kvality. Případnému výkladu této možnosti by bylo účelné se věnovat při vhodné příležitosti jinde, např. v souvislosti s modelovými koncepcemi hospodářského růstu a souvisejícího vědeckotechnického rozvoje. Na tomto místě jen uvedme, že jednou z možných cest je, agregace vyskytujících se inovací do vhodných celků, např. na bázi komplexních inovací vhodně vysokého řádu (viz *Valenta 2001*).

Převedení složitého proudu různých inovací na tok jediného inovačního typu má tu výhodu, že pro takový tok lze uvažovat stále charakteristiky jako je celková doba ekonomického působení inovace, inovační frekvence aj., a že také lze pro inovace v takto modifikovaném toku předpokládat jednotnou účinnost  $\bar{u}_V$ , jež se ovšem v souladu s rovnicí (27) v průběhu času  $r$  zmenšuje. Zejména při dostatečně velké inovační frekvenci můžeme však pracovat se střední výší účinnosti  $\bar{u}_{stř.}$ , jež při zmíněné již lineární degeneraci musí být rovna polovině účinnosti počáteční, tj.  $\bar{u}_{V,0}/2$ .

Za těchto okolností bude inovační práce, odpovídající stále úrovni nákladů  $N_V$ , trvale ovlivňovat efektivnost  $E$ , a to v závislosti na výši  $\bar{u}_{stř.}$  a dále na tom, kolik typových inovací bude v intervalu časové jednotky působit současně. To je dáno podílem  $r_C/r_S$ , jestliže  $r_C$  je doba ekonomického působení inovace a  $r_S$  je doba střídání inovací, tj. doba, která při pravidelné inovační frekvenci uplyne od začátku působení jedné inovace k začátku působení inovace následující. Doba  $r_S$  bývá u inovačně aktivních výrobců zpravidla kratší než  $r_C$ . Pokud by byla stejně dlouhá, rovnala by se účinnost  $u_V$  střední účinnosti  $\bar{u}_{stř.}$ . Obecně však platí:

$$u_V = \frac{\bar{u}_{V,0} * r_C}{2 * r_S} \quad (29)$$

Další postup je podstatné, že ve smyslu této rovnice je  $u_V$  v průběhu času  $t$  konstantní, takže rovnici (28) je možné integrací upravit do tvaru:

$$E = E_0 + e^{u_V * t} \quad (30)$$

Kterým lze specifikovat obecný model (12). Obdržíme tak:

$$Q = E_0 + e^{u_V * t} * G \quad (31)$$

Kde by zbývalo, např. na bázi Cobbovy a Douglasovy rovnice (7) nebo na uváděném případě produkční funkce aditivního typu (11), definovat soubor  $G$ . Rovnici (31) můžeme sloučit s (29):

$$Q = E_0 * G(e^{\bar{u}_{V,0} * r_C * N_V} - e^{2r_S}) \quad (32)$$

Obdržíme výraz, který je podstatným výsledkem předložené studie, tj. je námětem na reprezentativní model ekonomického růstu ovlivňovaného vědeckotechnickým rozvojem.

### **Závěr**

Pojetí vědeckotechnického rozvoje, znázorněné v předchozím textu a založené na působení inovační, resp. výzkumné práce, můžeme stručně označit za pojetí pracovní. Pokud by výsledek spočívající v tomto pracovním pojetí vědeckotechnického rozvoje a v modelu jeho působení na hospodářský růst měl sloužit praktické analytické a koncepční nebo prognostické práci, bylo by třeba diskutovat pravděpodobné úrovně (výše) jednotlivých konstant, případně aspoň způsoby jejich zjištění ekonometricky. Přitom by bylo nutné respektovat možný výskyt různých kvalitativních typů inovací, tj. inovací různých řadů či různých hladin. K využití při celkové analýze nebo prognóze (konceptu) vědeckotechnické strategie by bylo dále třeba předložený základní výsledek doplnit (např. reprodukci fondů vědeckotechnických poznatků, vazby vědeckotechnické, zvláště pak patentové strategie se strategií obchodní, vazby vlastní strategie uvažovaného ke strategiím subjektů jiných aj.). Nezbytně by bylo třeba rozšířit představy za hranice dané zvláště předpokladem c a vyjádřit synergismus vědeckotechnického rozvoje a investiční činnosti úplněji, mj. i v návaznosti na kvantitu efektu inovační práce. V souvislosti s tím by bylo vhodné též specifikovat možné zvyšování efektivnosti výroby „pouhým“ technickými vojem.

Vědeckotechnický rozvoj je podmíněn vynakládáním účinné inovační, resp. výzkumné práce a v hospodářském růstu působí tak, že zvyšuje efektivnost vynakládaných zdrojů ve výrobě. Účinnost inovační práce potom závisí na účinnosti inovací zaváděných výzkumem na době jejich ekonomického působení a na inovační frekvenci a tedy recipročně na době která uplyne od začátku působení jedné inovace k začátku působení inovace další.

### **Literatura**

#### **Knihy**

- ALLEN, R.G.D. *Makroekonomická teorie: matematický výklad*, 1 vyd. Praha: Academia, 1975, 429s  
ALLEN, R.G.D. *Matematická ekonomie*, 1 vyd. Praha: Academia, 1971, 782s  
FRANK, R.H. *Mikroekonomie a chování*, 1. vyd. Praha: Nakladatelství Svoboda, 1995. 765s. ISBN 25-042-95  
JÁNOSSY, F. *Na konci hospodářských zázraků : Jev a podstata hospodářského rozvoje*, 1 vyd. Praha: Academia, 1969, 258s  
GREENE, W. H. *Econometric analysis*. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000. 1004 s, ISBN 0-13-015679-5  
SOLOW, R. *Theory of Economic Growth*, Clarendon Press, Oxford, 1970. dostupné z <http://cepa.newschool.edu/het/essays/growth/neoclass/solowgr.htm>  
MANSFIELD, E. *Microeconomics*, 7th ed. New York, WW Norton, 1991, 792p. ISBN 10:0393956385  
SAMUELSON, P. A. *Ekonomie*, 2. vyd. Praha: Svoboda, 1995. 1011 s. ISBN 80-205-0494-X  
SCHUMPETER J. A. *Kapitalismus, socialismus a demokracie*, 1 vyd. Brno, CDK. 2004. 472s. ISBN 80-7325-044-6  
THOMAS, R. L. *Modern econometrics*. Harlow: Addison – Wesley Longman, 1996, ISBN 0-201-87694-9  
TOMS, M. *Proces intenzifikace: teorie a měření*, 1. vyd. Praha: Academia, 1988. 331s.  
VALENTA, F. *Inovace. Od Schumpetera k nové ekonomice*, 1 vyd. Internetová učebnice VŠE, dostupné z <http://old.fph.vse.cz/katedry/kpe/inovace.asp>

#### **Knihy – více autorů**

- DORNBUSH, R. - FISCHER, S. *Makroekonomie*. Praha: SPN, 1 vyd. 1994. 602s. ISBN 80-04-25556-6  
KLACEK, J. - TOMS, M. *Pracovní síla a modelování reprodukčního procesu*, 1 vyd. Praha, Academia, 1976. 273s  
MANSFIELD, E. - ALLEN, B.W. *Managerial Economics*. WW Norton, New York, 2005, 865p. ISBN 10:0393924963  
SAMUELSON, P. A. - NORDHAUS, W. D: GREGOR, M. *Ekonomie*, 18. vyd. Praha: Svoboda, 2007. 775 s. ISBN 978-80-205-0590-3  
SADOWSKI Z.L. - SZEWORSKI A. *Kalecki's Economics Today*, London: Kalecki's Economics Today, 2004. 254p. ISBN 0-415-29993-4, dostupné z <http://www.questia.com/PM.qst?a=o&d=107559788>  
SOUKUPOVÁ, J. - HOŘEJŠÍ, B. - MACÁKOVÁ, L. - SOUKUP, J. *Mikroekonomie*. Management Press, 2. vydání, Praha 1999, ISBN 80-7261-005-8

## Summary

Jiří Luňáček

### VĚDECKOTECHNICKÝ ROZVOJ JAKO ČINITEL HOSPODÁŘSKÉHO RŮSTU

The idea of this paper draws from the area of theoretical economics. It tries to explain effect scientific and technical progress development for the total economic growth. It is based on the land of the neo-classic political economics. Room for scientific and technical development is here understood like possibility to achieve required production profits at lower basic personal and matter factors usage. Submitted benefit tempts outline consistency image about incidence scientific and technical progress development like agent's economic growth and it image cunning until formal expressions that it is possible use to construction analytic or forecasted oriented model.  $Q = E_0 * G(e^{\bar{u}_{v,0} * r_c + N_v} - e^{2r_s})$

This economics construction introduce that the exercise scientific and technical progress development in economic growth is contingent effective for doing innovative, or experimental work; corresponding operation is intended world's initial operation. Innovation introduced by this Directive in consequence research, general time economically efficient incidence these innovation and at last innovative frequency, because operation is higher, where is time variation in innovation introduced by this Directive own research. Worlds initial beginning innovative incidence is here virtual so that it is concerned as innovation on a world-wide scale. Reason - if innovation introduced by this Directive definite scientific and technical progress of knowledge, it is scientific and technical progress essence.

#### Recenzent/Reviewer:

doc. Ing. Jiří Beneš, CSc.

Brno University of Technology

Faculty of Business and Management

Kolejní 2906/4

612 00 Brno, Czech Republic