

XVII. colloquium-workshop ADVANCED SIMULATION OF SYSTEMS  
Czech Republic, Zábřeh n.M., April 18-20 1995, Volume 1  
Department of Computer Science of VSB Technical University Ostrava  
Czech and Slovak Simulation Society, SCS, EUROSIM, ASU

## Problematika modelování výrobních systémů.

Problems of Modelling Production Systems.

Miroslav Barviř

**Summary.** The paper deals with some problems encountered in modelling dynamic production systems. There has been used experience gained with the production organization used during the twenties at the czech BATA company. This organization refers to mass production of shoes and involves all technical and theoretical problems encountered when attempting to develop a fundamental model element of a production system. Such a model element, with properly modified parameters or structure, can be used in developing complex general models of production systems.

The presented paper should be considered as a continuation of the paper /1/. In that paper, it has been shown, that using representative parameters in second order differential equations, arbitrary dynamic systems can be modeled. The representative parameters of individual model elements can be developed using well known laws as the background, however, human formulating invention can be used as well. Moreover, empirical procedures can be applied. In the presented paper the knowledge, of the dynamic properties of the second order differential equation is used in generating the representative parameters. The modified representation of a second order differential equation shown in Fig.1 is used, allowing time transformation of production system models. The Fig.2 shows a typical model of a production system element. Nonlinear restrictions influencing principally the production magnitude of the element are indicated. The main interest is concentrated on the assessment of the final productivity value. The element structure is established in such a form, that besides dynamic properties, the information about balanced

profits can be obtained. An example of the amount of products vs. production time plot is shown in Fig.3, taking the week as the comparative final time. The curve A corresponds to a production shop with a maximum productivity of 100 pairs of shoes per hour. This nonlinear limiting condition is set on. The time constant equals  $T_V = 50$  s. The curve B corresponds to the linear case with a time constant  $T_V = 17280$  s and with the productivity limit 83.3 pairs of shoes per hour set on. The profits of these two production shops at pricing of 400.- Kc per pair of shoes is shown in Fig.4. In case, that both production shops are selling products on common market, the shops with higher productivity realizes a higher profit. Domination on the market is probable and the effort to monopolize the market is obvious. This follows from the fact, that the market capacity is limited.

**Klíčová slova:** Model výrobního systému

**Formulace problému.**

Zpracujte model výroby obuvi ve struktuře, která byla provozována ve dvacátých letech u firmy Baťa. Model připravte pro výrobu 800 párů za směnu a určete vliv všech parametrů, které mají zásadní vliv na tuto výrobu. Demonstrujte u systému produkci zisku.

**Zpracování.**

Základní struktura dynamického chování bude vycházet z práce /1/, která je postavena na obecném řešení diferenciální rovnice druhého řádu. Předpokládáme, že jakýkoliv systém může být rozložen na vzájemně propojené systémy zobecněných hmotností pod vlivem obecně nelineárních vazeb. Takový systém bude popsán rovnicí

$$M_V y''(t) = Q_V(t) - B_V y'(t) - D_V y(t) \quad (1)$$

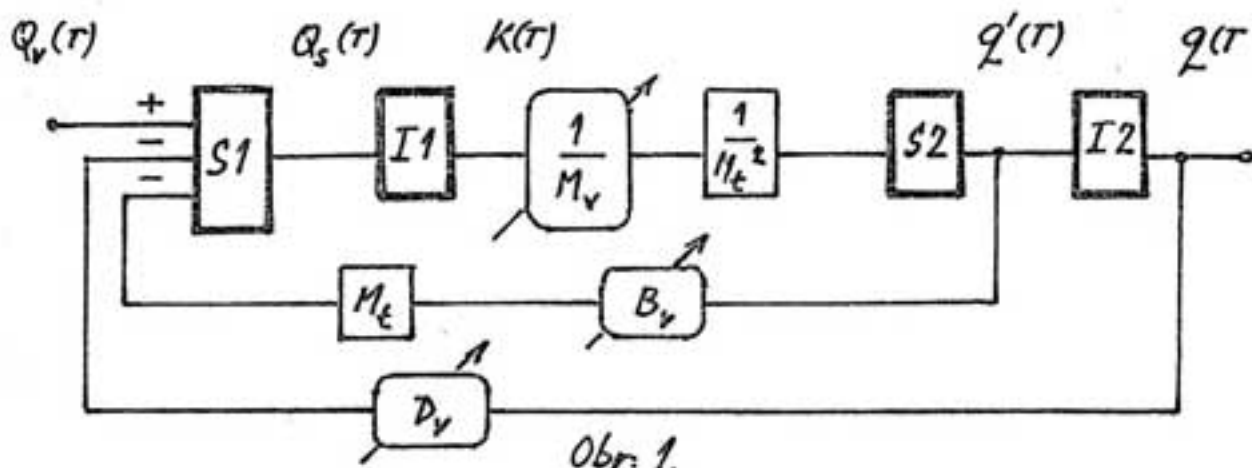
Protože výrobní systémy jsou pomalé, tak se ukazuje nutné zvolit časovou transformaci  $T = M_t \cdot t$ , kterou zaprogramujeme do tvaru výchozích rovnic a budeme řešit obecnou rovnicí ve tvaru

$$M_V M_t^2 y''(T) = Q_V(T) - B_V M_t y'(T) - D_V y(T) \quad (2)$$

Této rovnici odpovídá modelové schema uvedené na obr.1., kde značí

$q(T)$	.....	produkt výroby
$q'(T)$	.....	produktivita (tok) výroby
$M_V$	.....	zástupný parametr inerce výroby

- $B_V$  ..... zástupný parametr dissipační
- $D_V$  ..... zástupný parametr direktivní
- $Q_V$  ..... vstupní kapitál



Obr. 1.

Protože je model vytvořen pro jednicovou produkci, tak můžeme přistoupit k určení číselných hodnot zástupných parametrů. Nejlépe můžeme odhadnout direktivní parametr  $D_V$  který zhodnocuje jednicové náklady na realizaci jednotky produkce. Dostaneme tedy

$$D_V = \frac{\text{jednicové měrné náklady produktu}}{\text{jednotka produktu}} \quad (3)$$

kde jsme použili výsledků článku /1/. V našem případě odhadneme hodnotu zástupného parametru na  $D_V = 300.-$  Kč/pár. Parametr  $D_V$  bude zahrnovat jednicové náklady na materiál, jednicové mzdy, jednicové režijní náklady, tedy vše, co zvyšuje náklady na výrobu 1 páru obuvi a budeme jej vyhodnocovat ve finančních nákladech. To znamená, že různou výrobu můžeme přetransformovat do finanční oblasti a v této sledovat požadované ekonomické ukazatele.

Další parametr, který lze pro dynamický systém odhadnout je časová konstanta  $T_V$  s níž systém v duchu vlastní inerce reaguje na vstupní signál. Máme-li zadánu hodnotu  $D_V$  a  $T_V$  pak se ukazuje možným při znalosti dynamického chování kmitavého članku určit periodu vlastních kmitů a následně vztah pro výpočet inerce výrobního systému

$$M_V = T_V^2 \cdot D_V \quad (4)$$

Inerční zástupný parametr klasifikuje modernost výroby, organizační vztahy ve výrobě, kvalifikaci a zručnost pracovníků, iniciativu a vynalézavost pracovníků, sociální klima ve výrobě a řadu dalších

vlivů na inerci systému. Změna parametru inerce se realizuje ze zisku výroby a je dána dlouhodobým rozvojem a modernizací výroby.

Posledním zástupným parametrem, který musíme určit je parametr  $B_V$  a ten se určí z požadavku kritického tlumení kmitavého članku.

$$B_{\text{krit}} = 2 \sqrt{D_V M_V} \quad (5)$$

Cílem každé výroby je samozřejmě produkovat zisk, který se bude realizovat pomocí trhu. Trh má zejména tuto roli:

- je zdrojem požadavků na výrobu, kterou vyvolává příslušným vstupním kapitálem a přijatelnými jednicovými náklady
- je tvořen vzájemnými vazbami organizací, které disponují kapitálem a tak lze říci, že trh charakterizují vazby systémů
- trh podporují různé aktivity, jako je monopolizace, výstavba vlastních prodejen, úplatky či podvodné aktivity, atd.

#### Popis modelu.

Aby systém byl schopen produkovat zisk, musí pracovat v struktuře, kdy jsou rozlišovány různé direktivní parametry, viz obr.2. a to

$D_V$	.....	jednicové náklady na výrobu produktu
$D_{VK}$	.....	jednicová kalkulovaná cena
$D_{VP}$	.....	jednicová prodejní cena

Výrobní model systému je proto tvořen dvěma strukturami. Prvá z nich je vlastní model dynamiky a druhou část tvoří model bilanční funkce, kde se určuje zisk, který může být použit k vlastní podpoře dynamického chování, nebo jako volný kapitál jej lze použít v podnikatelské činnosti. Schema modelu nám představuje příklad typového modelu výrobní struktury. Protože máme zájem aby model realizoval dynamiku výroby v cyklu osmi hodinových směn je tento model nelineární, a volbu směnnosti zajišťuje blok označený imp. Model byl postaven tak, aby se automaticky nastavovaly hodnoty zástupných parametrů, které se určují pomocí jednicových nákladů na výrobu produktu a očekávané časové konstanty výrobního systému. Ukážeme si jaké možnosti a omezení lze studovat pomocí typového výrobního modelu:

- pomocí bloku S1 se vytváří volný kapitál, ze kterého čerpá výroba a rovněž je zajišťováno, že výroba bude probíhat jen pro kladný volný kapitál
- v bloku S2 se provádí vyhodnocení zobecněné setrvačné síly systému, která je k dispozici pro hybnost výrobního systému
- integrační blok I1 nám určuje zobecněnou hybnost systému, která

- je omezována maximální přípustnou rychlostí výrobního systému
- do systému je zaprogramována inerce systému, změna časového měřítka a blok imp, který provádí časové řízení a volbu směnnosti výroby
- na bloku S3 pozorujeme produktivitu nebo-li tok výroby, jež u výrobních zařízení může vzhledem k strojnímu vybavení dosahovat jen určité konečné hodnoty, na okamžitou produktivitu mají vliv zástupné dissipační ztráty ve výrobě  $B_v$
- blok I2 nám vytváří zobecněný produkt, v našem případě počet párů obuvi, při čemž se uplatní vlastní náklady výroby  $D_v$ , při čemž je možno doplnit blok obvodem na celistvé výrobky
- blok S5 nám určuje bilanční výsledky výroby, které podle dohodté prodejní ceny  $D_{vp}$  mohou být ziskové či nikoliv

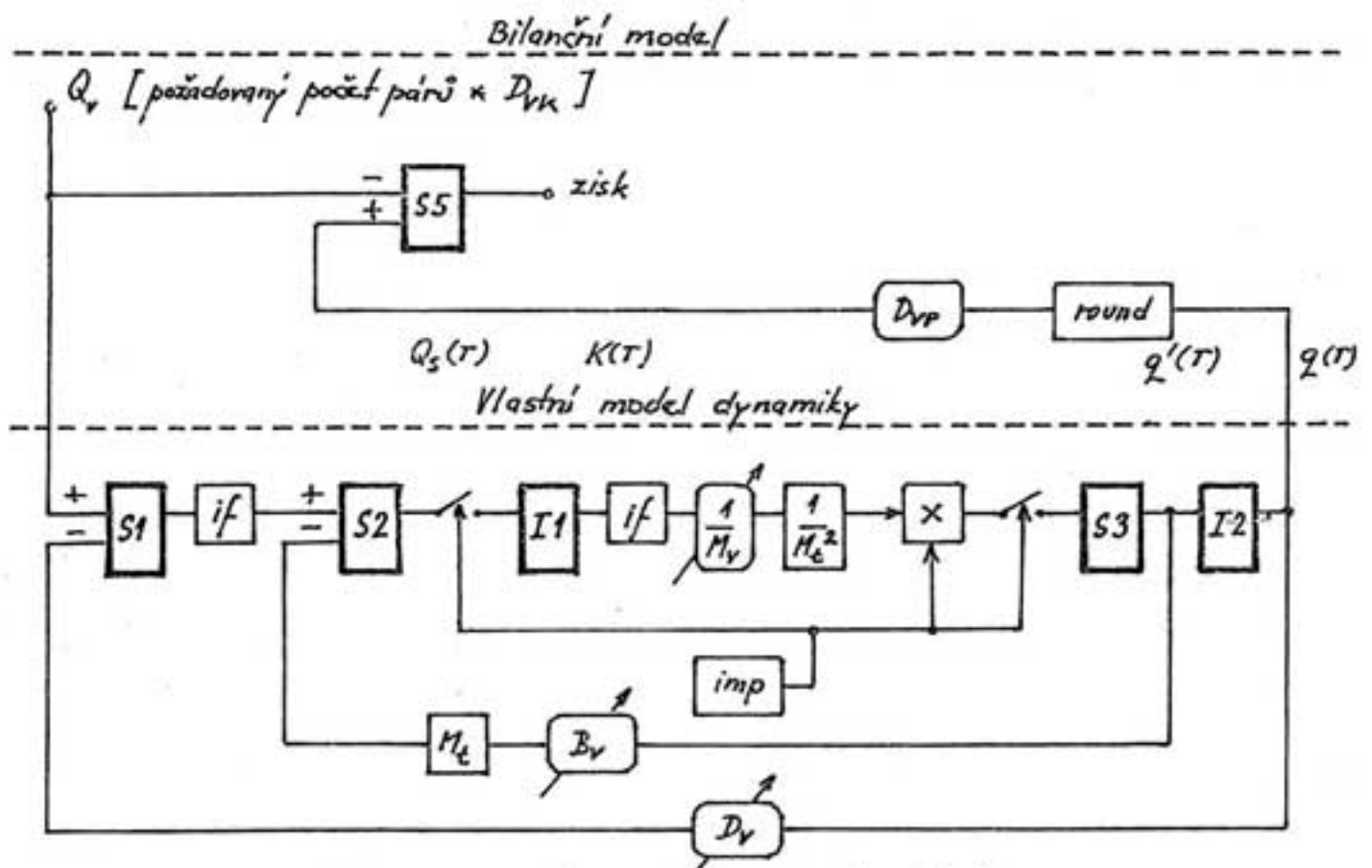
Na typovém modelu výroby lze demonstrovat základní dynamické parametry výroby, jako je změna rychlosti výrobního pásu až po zrušení tohoto omezení, vliv jednicových nákladů a cen, velikost požadované výroby, organizaci denního plánu výroby za účelem realizace vyššího zisku, vliv strojního vybavení výroby, atd. Co není modelové připraveno lze snadno postupně doplnit.

Jako demonstrační vyšetření je uveden příklad narůstání výroby v průběhu jednoho zúčtovacího týdne. Na obr.3. je uveden průběh A (s omezenou maximální produktivitou 100 párů/hod) a průběh B (s maximální lineární produktivitou 83.3 párů/hod). Na obr.4. je ukázán zisk, který produkují tyto dílny při  $D_{vp} = 400.-$  Kč/pár. Protože trh má omezenou tržní kapacitu, tak dílna s vyšší produktivitou bude mít snahu jej ovládnout a postupně monopolizovat. Tato skutečnost se bude realizovat při propojení dalších dynamických systémů banky a trhu spolu s jejich nelineárními vazbami.

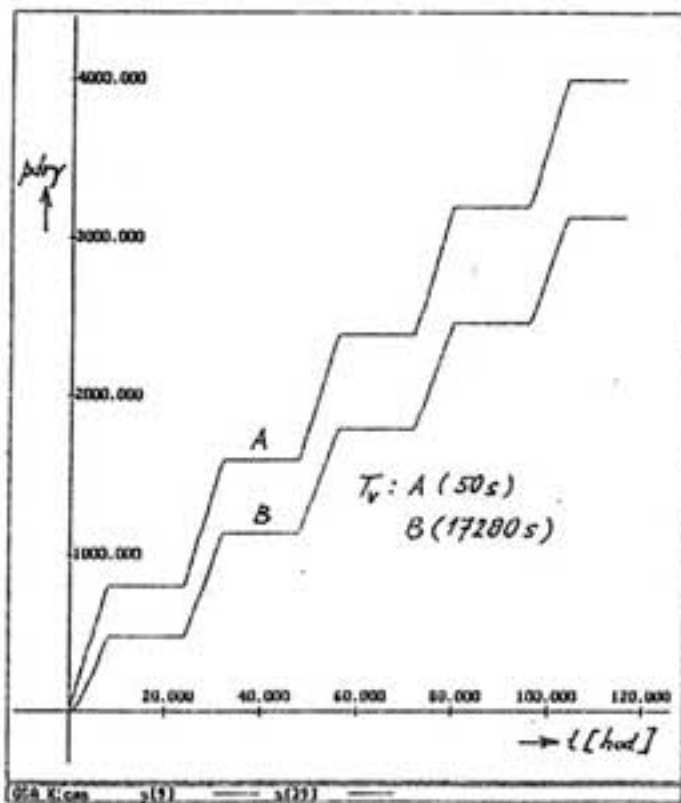
#### Literatura:

- /1/ Barviř Miroslav: O analogii dynamiky ekonomických systémů s klasickou analytickou dynamikou.  
Politická ekonomie - 6/1993 str 779-787.

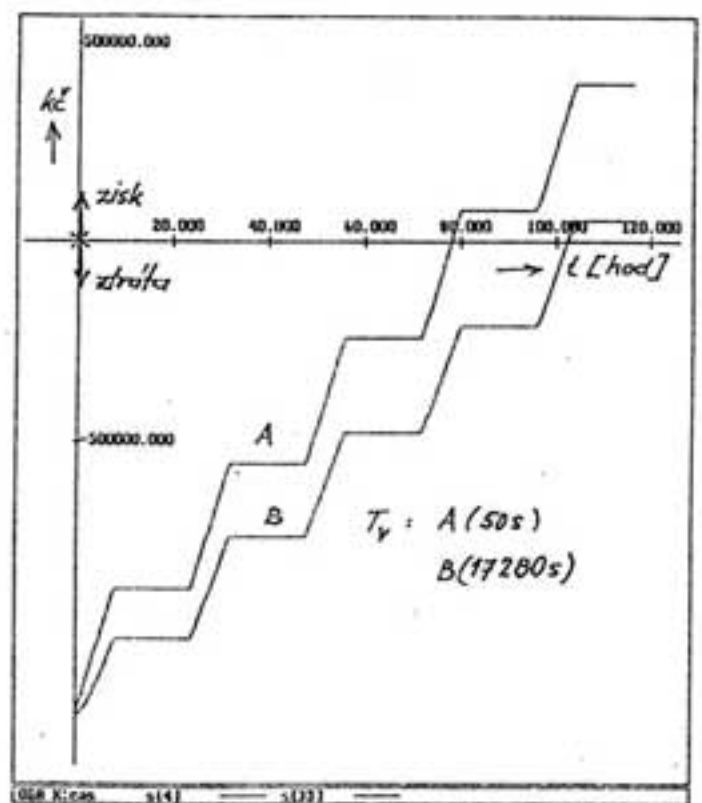
Doc. Ing. Miroslav Barviř CSc  
Kobylín 6, 640 00 Brno  
Tel. 05 - 759 715



Obr. 2. Typový model výrobního článku



Obr. 3



Obr. 4.