

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## EKONOMICKÁ ANALÝZA VÝROBNÍHO PROCESU

ECONOMIC ANALYSIS PRODUCTION OF THE PROCESS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. LIBOR RYBKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV PROKOP, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Libor Rybka

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Ekonomická analýza výrobního procesu**

v anglickém jazyce:

### **Economic analysis production of the process**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Metodika a ověření postupu ekonomické analýzy strojírenského výrobního procesu

Cíle diplomové práce:

1. Specifikace nákladových položek.
2. Analýza základních nákladových položek.
3. Ukazatele růstu produktivity výroby.
4. Ukazatele kritického výrobního množství.

Seznam odborné literatury:

1. KŘÍŽ, R. a VÁVRA, P. Strojírenská příručka 7.svazek. 1.vyd. Praha: Scientia, 1996. 212 s. ISBN 80-7183-024-0.
2. FOREJT, M. a PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. HUMÁR, A. Technologie I - Technologie obrábění - 1. část. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění. 2003. 138 stran. Dostupné na www: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf).
4. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 2.vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
5. VIGNER, M.-ZELENKA, A. a KRÁL,M. Metodika projektování výrobních procesů. 1.vyd. Praha:SNTL-Státní nakladatelství technické literatury, 1984. 592 s.
6. ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002.160 s. ISBN 80-214-2219-X.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jaroslav Prokop, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 11.11.2010

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

V rámci magisterského studia na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně jsem vypracoval diplomovou práci, která se zabývá ekonomickou analýzou výrobního procesu. V úvodu diplomové práce jsou specifikovány nákladové položky, které nejvíce vstupují do výroby. Poté byla provedena jejich podrobná analýza, která je zakončena ukázkovým příkladem na optimalizaci výrobních nákladů. V druhé části se diplomová práce zabývá ukazateli růstu produktivity a ukazateli kritického výrobního množství. V závěru jsou porovnány dvě technologické varianty výroby na základě zvoleného příkladu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Náklady, hodinový režijní paušál, celkové operační náklady, produktivita práce, výrobní dávka.

## ABSTRACT

The final year thesis presented at the Faculty of Mechanical Engineering of the Technical University in Brno deals with economic analysis of the production process. Cost items are specified in the introduction of this thesis. After that the detailed analysis was made. This part of the diploma work is ended with a pattern example for optimalization of production costs. The second part of the diploma work deals with growth ratio of the productivity and with indicators of critical produced volume. In the conclusion of the diploma work there is a comparison of two technological alternatives of the production.

## KEY WORDS

Costs, burden hour sum, total production costs, productivity of labour, production batch.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RYBKA, Libor. *Název: Ekonomická analýza výrobního procesu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 58 s., 2 příloh. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Prokop, CSc.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Ekonomická analýza výrobního procesu vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 24.5.2011

.....  
Bc. Libor Rybka

## **Poděkování**

Děkuji tímto doc. Ing. Jaroslavu Prokopovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

**OBSAH**

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	9
1 Specifikace nákladových položek.....	10
1.1 Náklady na strojní práci.....	10
1.1.1 Čas jednotkový strojní.....	10
1.2 Náklady na vedlejší práci.....	11
1.3 Náklady na nástroj a jeho výměnu.....	12
1.3.1 Náklady na nástroj a jeho výměru vztažené na jeden kus.....	12
1.3.2 Životnost nástroje.....	12
1.3.3 Optimální trvanlivost bříty nástroje.....	13
1.3.3.1 Kritérium minimálních výrobních nákladů.....	13
1.3.3.2 Kritérium maximální výrobnosti.....	14
1.3.4 Náklady na jednu minutu provozu nástroje.....	15
1.3.4.1 Přeostřovaný nástroj.....	15
1.3.4.2 Jeden břit VBD.....	15
1.3.4.3 VBD s více břity.....	16
1.3.5 Náklady na jednotku objemu odebraného materiálu.....	16
1.3.6 Náklady na jednotku obrobeného povrchu na obrobku.....	16
1.4 Náklady na materiál.....	17
1.4.1 Stanovení normy spotřeby materiálu.....	17
1.4.1.1 Norma spotřeby materiálu přířezu.....	17
1.4.1.2 Norma spotřeby materiálu při zápusťkovém kování.....	19
1.4.1.3 Norma spotřeby materiálu u odlitků.....	20
1.4.2 Stupeň využití materiálu polotovaru.....	20
1.4.3 Příklad výpočtu nákladů na materiál s přířezu.....	21
1.5 Režijní náklady.....	24
2 Analýza vybraných nákladových položek.....	26
2.1 Analýza nákladů na jednotku strojní práce.....	26
2.2 Analýza nákladů na vedlejší práci.....	27
2.3 Analýza nákladů na nástroj a jeho výměnu vztažených na jednu trvanlivost.....	28
2.3.1 Náklady na nástroj vztažené na jednu trvanlivost bříty.....	28
2.3.1.1 Náklady na monolitní nástroj, který se přeostřuje.....	28
2.3.1.2 Náklady na nástroj s VBD.....	29
2.3.1.3 Náklady na nástroj s VBD, které se přeostřují.....	29
2.3.2 Náklady na výměnu nástroje.....	30
2.4 Celkové operační náklady.....	30
2.5 Náklady dávkové.....	31
2.6 Aplikace celkových operačních nákladů.....	32
3 Ukazatele růstu produktivity výroby.....	35
3.1.1 Produktivita práce.....	35
3.2 Nákladová návratnost.....	38
3.3 Ukazatel srovnatelné ekonomické efektivity.....	38

4	Ukazatele kritického výrobního množství.....	38
4.1.1	Porovnání technologických variant výroby.....	41
4.2	Určení velikosti výrobní dávky .....	44
4.2.1	Optimální velikosti výrobní dávky .....	45
4.2.2	Minimální velikosti výrobní dávky .....	47
4.3	Aplikace porovnání technologických variant výroby.....	48
4.3.1	Výpočet výrobních nákladů na výrobní dávku.....	49
4.3.2	Výpočet velikosti kritické výrobní dávky .....	50
4.3.3	Výpočet úspory nákladu na jednotku výroby .....	51
	Závěr .....	52
	Seznam použitých zdrojů .....	53
	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	54
	Seznam příloh.....	58

## ÚVOD

V posledních několika letech se konkurenční prostředí mezi strojírenskými podniky čím dál víc přiosťruje. Roste tlak na výrobní podniky, aby u výrobků, které produkují, klesala cena. Hlavním důvodem je zvětšující se dovoz z Asijských zemí zejména z Číny. Asijské země mají konkurenční náskok především díky nízkým nákladům na pracovní sílu, což je vykoupeno horší kvalitou vyráběných výrobků. Najdou se i mezinárodní společnosti, které mají výrobní závody jak v Číně, tak i v Evropě nebo v České Republice a tyto závody mezi sebou soupeří.

Zejména kvůli výše uvedenému důvodu výrobní podniky v našich zeměpisných šířkách musí snižovat výrobní náklady, aby podnik byl stále konkurence schopný. Ovšem podnik nemusí hledat úspory jen ve výrobních nákladech, ale může se snažit o snížení nákladů i v jiných nákladových položkách např. administrativní náklady, snížení si marže apod.

Pro dosažení nižších výrobních nákladů je potřeba použít vhodné výrobní prostředky s optimálními pracovními podmínkami. Pokud nejsou použity dané optimální pracovní podmínky, tzn. všechny technicko-ekonomické rezervy pravděpodobně, dojde k ekonomickým potížím.

Za pomoci zvýšení produktivity práce, které se může dosáhnout vhodnou investicí do výrobního zařízení, lze docílit snížení nákladů na obrábění tzn. dosažení nižších výrobních nákladů. Aby se investice a zařízení využilo efektivně a nedocházelo k znehodnocení investic, je potřeba provádět optimalizaci celkových operačních nákladů. S využitím dané optimalizace máme zajištěno, že na daném stroji se bude vyrábět s minimálními náklady.

Tato diplomová práce se zabývá ekonomickou analýzou výrobního procesu, a to s pomocí využití specifikací nákladových položek, analýzou vybraných nákladových položek, včetně příkladu aplikace celkových operačních nákladů. Dále se tato diplomová práce zabývá ukazateli růstu produktivity výroby a ukazateli kritického výrobního množství. V závěru je provedena aplikace porovnání technologických variant výroby.

## 1 SPECIFIKACE NÁKLADOVÝCH POLOŽEK

V první kapitole byla provedena specifikace nákladové položky, která vstupuje do výroby, především se jedná o náklady na stroj, vedlejší práci a náklady na nástroj a jeho výměnu. V druhé kapitole se vypracuje analýza těchto položek a faktorů, které tyto náklady ovlivňují a vstupují do nich. Další položky, kterými jsme se zabývaly, byly náklady na materiál a režijní náklady. Tyto náklady jsme již podrobněji rozebraly, proto se s nimi již dále nebudeme zabývat.

### 1.1 Náklady na strojní práci

Náklady na strojní práci souvisí s náklady na minutu strojní práce a s časem jednotkovým strojním, který je potřebný k výrobě jednoho kusu.

Náklady na strojní práci:

$$N_s = t_{AS} \cdot N_{sm} \text{ [Kč]} \quad (1.1)$$

$t_{AS}$  – jednotkový strojní čas [min]

$N_{sm}$  – náklady na minutu strojní práce [Kč]

#### 1.1.1 Čas jednotkový strojní

Tento čas odpovídá jednotkovému času automatického chodu výrobního zařízení  $t_{mA411}$ .

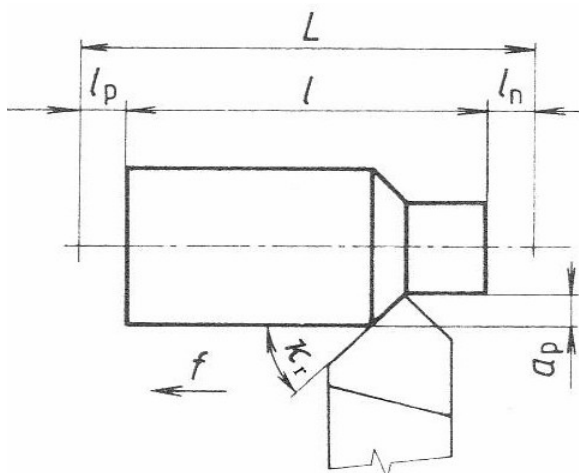
Jednotkový strojní čas:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} \text{ [min]} \quad (1.2)$$

$L$  – dráha nástroje ve směru posuvu [mm]

$v_f$  – posuvová rychlost za minutu [mm]

Konkrétní případ výpočtu jednotkového strojního času je například uveden na podélném soustružení.



Obr. 1.1 Soustružení válcové plochy [1]

Základní vztah pro výpočet času jednotkového strojního lze pro podélné soustružení upravit následně [1]:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} [\text{min}] \quad (1.3)$$

$L$  – dráha nástroje ve směru posuvu [mm]

$i$  – počet záběrů [-]

$n$  – otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]

$f$  – posuv na otáčku [mm]

Podle obr. 1.1 vyplývá, že dráha  $L$  se skládá [1]:

$$L = l + l_n + l_p [\text{mm}] \quad (1.4)$$

$l$  – čistá délka soustružení [mm]

$l_n$  – délka náběhu [mm]

$l_p$  – délka přeběhu [mm]

Délka přeběhu se zpravidla volí 0,5mm.

Délku náběhu vypočítáme dle vztahu [1]:

$$l_n = \frac{a_p}{\text{tg}\kappa_r} + (0,5 \text{ až } 2) [\text{mm}] \quad (1.5)$$

$a_p$  – šířka záběru ostří [mm]

$\kappa_r$  – úhel nastavení hlavního ostří [ $^\circ$ ]

## 1.2 Náklady na vedlejší práci

Náklady na vedlejší práci  $N_v$  souvisí s upínáním a odepínáním obrobku, přeměrováním součástí, nastavováním korekcí, apod.

Náklady na vedlejší práci:

$$N_v = t_{AV} \cdot N_{vm} [\text{Kč}] \quad (1.6)$$

$t_{AV}$  – jednotkový vedlejší čas [min]

$N_{vm}$  – náklady na minutu vedlejší práce [Kč]

Při praktickém řešení lze využít toho, že náklady na minutu strojní práce jsou přibližně stejné jako náklady na minutu vedlejší práce. Matematicky vyjádřeno  $N_{vm} \approx N_{sm}$ . [5]

### 1.3 Náklady na nástroj a jeho výměnu

Náklady pro monolitní nástroje, zahrnují cenu daného nástroje a jeho přeastřování. V případě nástroje s VBD se jedná o náklady jednoho břitu VBD a použití upínače. Náklady na výměnu a seřízení nástroje se počítají, jen když je na daném stroji pozastavena výroba při výměně a seřízení nástroje.

#### 1.3.1 Náklady na nástroj a jeho výměru vztažené na jeden kus

Náklady  $N_{NV}$  na nástroj (odpis, údržba, přeastřování, apod.) a jeho výměnu se spočítají dle následujícího vztahu:

$$N_{nv} = N_T \cdot z_v \text{ [Kč]} \quad (1.7)$$

$N_T$  – náklady na nástroj a jeho výměnu vztaženo na jeho trvanlivost [Kč]

$z_v$  – počet výměn nástroje vztažený na obrobění jednoho kusu [-]

Podle následujícího vztahu se vypočítá  $z_v$ :

$$z_v = \frac{t_{AS}}{T} \cdot \tau \text{ [-]} \quad (1.8)$$

$t_{AS}$  – čas jednotkový strojní [min]

$T$  – trvanlivost nástroje [min]

$\tau$  – součinitel [-]

Součinitel  $\tau$  se zavádí ve výpočtovém vztahu, protože jednotkový strojní čas je všeobecně větší než čas řezného procesu, ke kterému se vztahuje trvanlivost nástroje. [5]

Součinitel  $\tau$ :

$$\tau = \frac{l}{L} \leq 1 \text{ [-]} \quad (1.9)$$

$L$  – dráha nástroje ve směru posuvu [mm]

$l$  – čistá délka pohybu nástroje v obráběcím procesu [min]

#### 1.3.2 Životnost nástroje

Životnost nástroje je doba práce daného druhu náradí za normálních podmínek až do úplného opotřebení potom, nebo po určitém počtu úkonů ne- lze již dané náradí používat. [1]

Životnost nástroje [1]:

$$\check{Z} = (n + 1) \cdot T \text{ [min]} \quad (1.10)$$

$n$  – přípustný počet ostření řezného nástroje [-]

$T$  – trvanlivost břitu řezného nástroje [min]

### 1.3.3 Optimální trvanlivost břítu nástroje

Trvanlivost břítu nástroje je možné definovat jako časový interval od nasazení nástroje do řezného procesu do doby ukončení provozuschopnosti nástroje, kdy už nesplňuje příslušné parametry dané výrobcem. Jako bod ukončení provozuschopnosti nástroje můžeme například uvést opotřebení břítu, vyšší drsnost povrchu obrobené plochy, velikost řezné síly, apod. Trvanlivost břítu nástroje se v technické praxi nejvíce spojuje s opotřebením břítu nástroje a závisí na řezných podmínkách. Stanovení trvanlivosti pro určité podmínky se provádí za pomoci jedné ze dvou kritérií: minimální náklady na obrobenou plochu nebo maximální výrobnost za jednotku času.

#### 1.3.3.1 Kritérium minimálních výrobních nákladů

Jedná se o ekonomickou stránku obrábění, kdy je snaha dosáhnout co nejmenších výrobních nákladů.

Kritérium minimálních operačních výrobních nákladů [3]:

$$T_{optN} = \frac{(m-1) \cdot \tau \cdot N_T}{N_{sm}} \text{ [min]} \quad (1.11)$$

$m$  – exponent z Taylorova vztahu [-]

$\tau$  – poměr dráhy nástroje ve směru posuvu a délky obráběné plochy [-]

$N_T$  – náklady na nástroj a jeho výměnu vztahené na jednu trvanlivost [Kč]

$N_{sm}$  – náklady na minutu strojní práce [Kč]

Vztah (1.11) se často vyjadřuje za pomoci nákladů na hodinu strojní práce.

Kritérium minimální operačních výrobních nákladů vyjádřené pomocí nákladu na hodinu strojní práce [5]:

$$T_{optN} = \frac{60 \cdot N_T}{D_s} \cdot \tau \cdot (m-1) \text{ [min]} \quad (1.12)$$

$m$  – exponent z Taylorova vztahu [-]

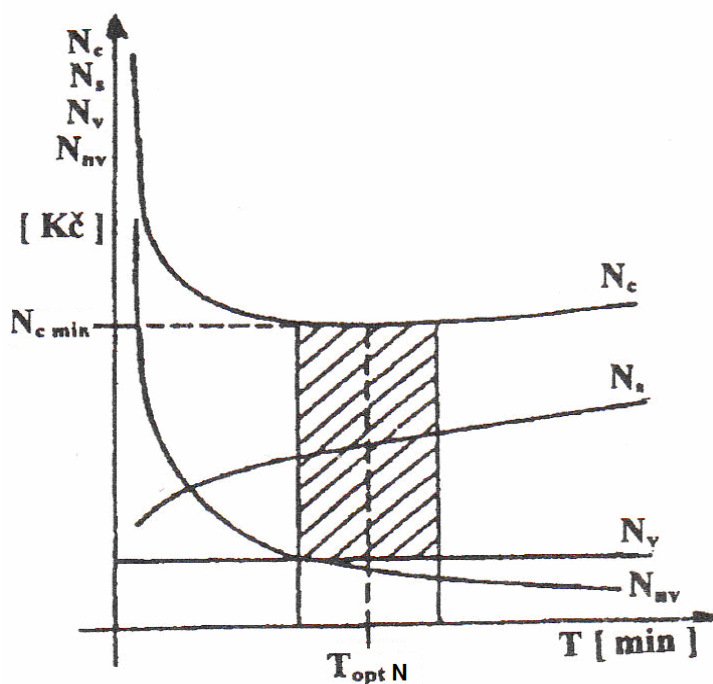
$\tau$  – poměr dráhy nástroje ve směru posuvu a délky obráběné plochy [-]

$N_T$  – náklady na nástroj a jeho výměnu vztahené na jednu trvanlivost [Kč]

$D_s$  – náklady na hodinu strojní práce [Kč]

Ze vztahu (1.12) je zřejmé, že čím je nákladnější obráběcí stroj, tím budou hodnoty  $N_s$  vyšší a tudíž  $T_{optN}$  bude nabývat nižších hodnot a řezná rychlost  $v_c$  se pak bude zvyšovat. Pro obráběcí proces realizovaný stejným nástrojem na stejné obráběné součásti, avšak na různých obráběcích strojích, mohou být z hlediska optimalizace trvanlivosti projektovány různé řezné podmínky. [5]

Na obr 1.2 je znázorněn graf průběhu nákladů v závislosti na trvanlivosti bříty nástroje s vyznačením pásma  $T_{optN}$ .



Obr. 1.2 Obecný průběh závislostí  $N_c, N_s, N_v, N_{nv} = f(T)$  a identifikace  $T_{optN}$  [5]

### 1.3.3.2 Kriterium maximální výrobnosti

U tohoto kriteria uvažujeme, aby čas jednotkové práce potřebný k vyrobení jednoho kusu součástky byl co nejkratší. Nejedná se o ekonomickou výrobu, ale o výrobu při které chceme, dosáhnou maximální produktivity, která jde za daných podmínek dosáhnout.

Kritéria maximální výrobnosti [3]:

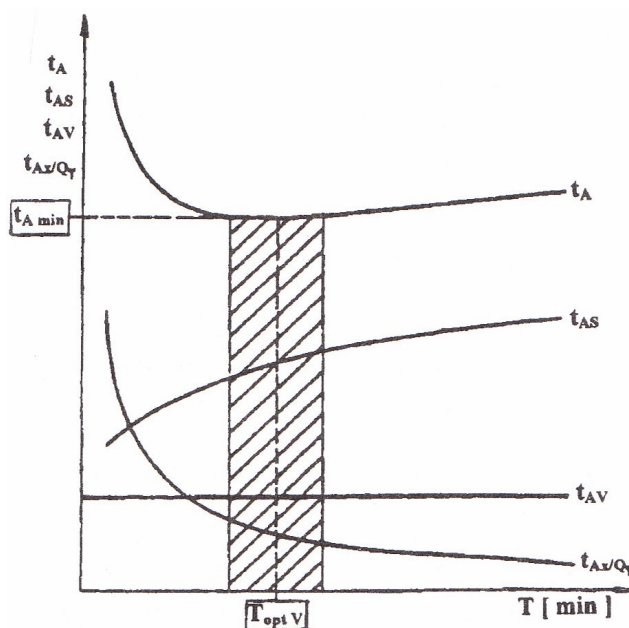
$$T_{optV} = (m-1) \cdot \tau \cdot t_{AX} \text{ [min]} \quad (1.13)$$

$m$  – exponent z Taylorova vztahu [-]

$\tau$  – poměr dráhy nástroje ve směru posuvu a délky obráběné plochy [-]

$t_{AX}$  – čas jednotkové nepravidelné obsluhy [min]

Na obr. 1.3 Grafické zobrazení průběhu operačních časů v závislosti na trvanlivosti bříty nástroje a vyznačení pásma  $T_{optV}$ .



Obr. 1.3 Obecný průběh závislostí  $t_A$ ,  $t_{AS}$ ,  $t_{AV}$ ,  $t_{AX}/Q_T = f(T)$  a identifikace  $T_{optV}$  [5]

### 1.3.4 Náklady na jednu minutu provozu nástroje

U těchto nákladů oddělujeme tři typy nástrojů a to klasické nástroje, které se přestřívají nebo nástroje s VBD s jedním nebo více břity. Náklady na jednu minutu provozu nástroje jsou vztaženy jen na pořizovací cenu nástroje a popřípadě přestřívání a neuvažují se ostatní náklady např. mzda dělníka, držák nástroje apod.

#### 1.3.4.1 Přestřívávaný nástroj

Podle následujícího vzorce (1.14) se počítají náklady  $N_{1pno}$  pouze pro nástroje, u nichž je třeba přestřívání ostří. Jedná se o klasické nástroje s rychlořezné oceli.

Náklady na 1 minutu provozu nástroje:

$$N_{1pno} = \frac{C_{mn} + n \cdot N_o}{n \cdot T} \text{ [Kč]} \quad (1.14)$$

$C_{mn}$  – cena monolitního nástroje [Kč]

$N_o$  – náklady na jedno ostření nástroje [Kč]

$T$  – trvanlivost nástroje [min]

$n$  – počet přestřívání [-]

#### 1.3.4.2 Jeden břit VBD

Náklady na jednu minutu provozu nástroje, které uvažují s jedním VBD břitem.

Náklady na 1minutu provozu nástroje s jedním břitem VBD:

$$N_{1pbVBD} = \frac{C_{VBD}}{T} \text{ [Kč]} \quad (1.15)$$

$C_{VBD}$  – cena břitové destičky [Kč]

$T$  – trvanlivost břitu [min]

#### 1.3.4.3 VBD s více břity

Náklady na jednu minutu provozu nástroje, který obsahuje VBD s více břity. Po otupení jednoho břitu VBD se destička pootočí.

Náklady na 1minutu provozu nástroje s více břitem:

$$N_{1pVBD} = \frac{C_{VBD}}{n \cdot T} \text{ [Kč]} \quad (1.16)$$

$C_{VBD}$  – cena břitové destičky [Kč]

$T$  – trvanlivost břitu [min]

$n$  – počet břitů na VBD [-]

#### 1.3.5 Náklady na jednotku objemu odebraného materiálu

Náklady na nástroj, které se vztahují na odebrání  $1\text{cm}^3$  jsou vyjádřeny vztahem (1.17). Takto vyjádřené náklady, se dají použít při obrábění, kde se odebrá větší množství materiálu většinou u hrubování, hůře by se aplikoval při dokončovacích operacích nebo při výrobě, kdy dochází k časté výměně nástrojů.

Náklady na  $1\text{cm}^3$  obrobeného materiálu:

$$N_{jom} = \frac{C_n \cdot t_o}{T \cdot V_t} \text{ [Kč]} \quad (1.17)$$

$C_n$  – cena nástroje [Kč]

$T$  – trvanlivost břitu [min]

$t_o$  – doba obrábění [min]

$V_t$  – odebraný objem třísky [ $\text{cm}^3$ ]

#### 1.3.6 Náklady na jednotku obrobeného povrchu na obrobku

Při dokončovacích operacích, kdy se odebrá malá tříška tedy velmi malé množství materiálu, se náklady na nástroj stanovují za pomoci nákladů na  $1\text{cm}^2$  obrobené plochy na obrobku.

Náklady na 1cm<sup>2</sup> obrobeného povrchu obrobku:

$$N_{jop} = \frac{C_n \cdot t_o}{T \cdot S_o} \text{ [Kč]} \quad (1.18)$$

$C_n$  – cena nástroje [Kč]

$T$  – trvanlivost nástroje [min]

$t_o$  – doba obrábění [min]

$S_o$  – obrobená plocha obrobku [cm<sup>2</sup>]

## 1.4 Náklady na materiál

Až 50% celkových výrobních nákladů tvoří u většiny výrobků materiálová položka a je tedy rozhodující ve struktuře výrobních nákladů. Z tohoto hlediska je důležitá otázka hospodárného využití materiálu [2].

Náklady na materiál vztažené na jeden polotovar:

$$N_{mat} = N_m \cdot C_{mat} - z \cdot C_{vzš} \text{ [Kč]} \quad (1.19)$$

$N_m$  – norma spotřeby materiálu [kg]

$z$  – ztráty materiálu při výrobě [kg]

$C_{mat}$  – cena materiálu za kilogram [Kč]

$C_{vzš}$  – cena výkupu železného šrotu za kilogram [Kč]

### 1.4.1 Stanovení normy spotřeby materiálu

Normy spotřeby materiálu jsou potřebné zejména k výpočtu výrobních nákladů a také ke stanovení materiálně technického zásobování. Stanovit normu spotřeby materiálu můžeme za pomoci dvou metod. A to buď na základě statistických záznamů o spotřebě materiálu při výrobě tvarově podobných součástek anebo s pomocí metody, která vychází z propočtu jednotlivých částí tzv. rozborově propočtová metoda.

#### 1.4.1.1 Norma spotřeby materiálu přířezu

Polotovar (přířez) se získává dělením tyčového materiálu na pilách, soustružích apod.

Jednotková norma spotřeby materiálu přířezem [2]:

$$N_{mp} = Q_s + z_m \text{ [kg]} \quad (1.20)$$

$Q_s$  – čistá jednotková hmotnost součástky [kg]

$z_m$  – celkové jednotkové ztráty při výrobě součásti obráběním [kg]

Celkové ztráty  $z_m$  při výrobě součástky obráběním zobrazené na obr. 1.4 a popsány vztahem 1.21.

Celkové jednotkové ztráty při výrobě součástky obráběním [2]:

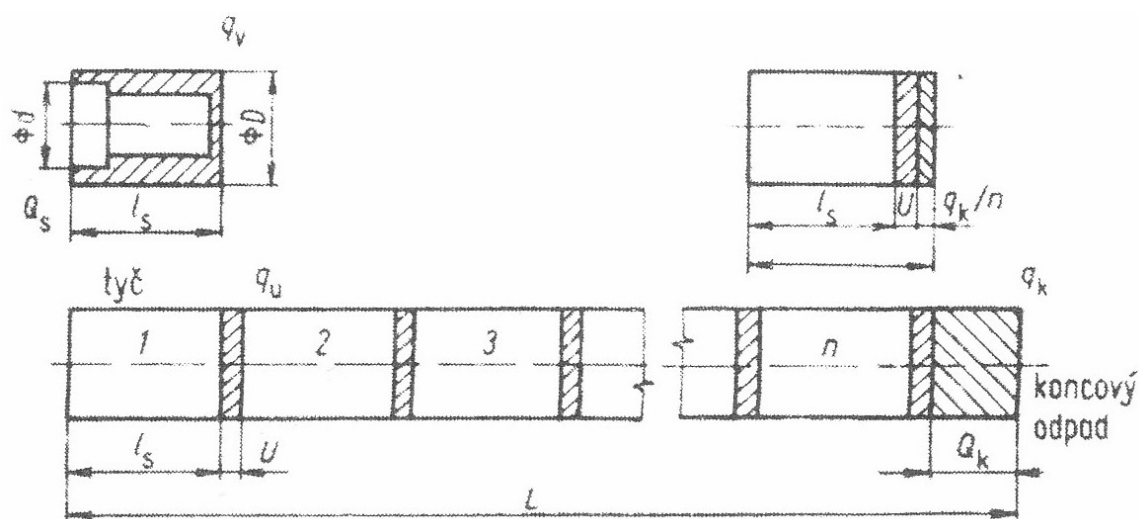
$$z_m = q_o + q_u + q_k \text{ [kg]} \quad (1.21)$$

$q_o$  – jednotkové ztráty vzniklé obráběním polotovaru [kg]

$q_u$  – jednotkové ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu [kg]

$q_k$  – jednotkové ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče [kg]

Na obr. 1.4 jsou znázorněny za pomoci šrafování ztráty materiálu při dělení tyče, nevyužitelného konce tyče a ztráty vzniklé následným obráběním.



Obr. 1.4 Ztráty materiálu u polotovaru z přířezu z tyče [2]

Jednotkové ztráty vzniklé obráběním polotovaru [2]:

$$q_o = Q_p - Q_s \text{ [kg]} \quad (1.22)$$

$Q_p$  – jednotková hmotnost polotovaru [kg]

$Q_o$  – jednotková hmotnost hotové součástky [kg]

Jednotkové ztráty vzniklé nevyužitým koncem tyče [2]:

$$q_k = \frac{Q_k}{n} \text{ [kg]} \quad (1.23)$$

$Q_k$  – jednotková hmotnost nevyužitého konce tyče [kg]

$n$  – počet přířezů z tyčového materiálu [-]

Pro stanovení počtu přířezů se použije rovnice (1.24) celé číslo představuje počet přířezů a zbytek zaujímá koncový odpad. Za symbol  $U$  dosazujeme šířku řezného nástroje například šířku upichovacího nože, šířku pilového listu apod.

Počet přířezů z tyčového materiálu:

$$n = \frac{L}{l_s + U} \text{ [ks]} \quad (1.24)$$

$L$  – celková délka děleného tyčového materiálu [mm]

$l_s$  – délka polotovaru [mm]

$U$  – šířka řezného nástroje [mm]

#### 1.4.1.2 Norma spotřeby materiálu při zápusťkovém kování

Materiál pro kování se získává dělením tyčí o kruhovém nebo čtvercovém průřezu. Normu spotřeby materiálů při zápusťkovém kování vypočítáme podle vztahu (1.25).

Jednotková hmotnost materiálů vkládaného do pece k ohřevu [2]:

$$Q_c = Q_v + q_{op} + q_v \text{ [kg]} \quad (1.25)$$

$Q_v$  – jednotková hmotnost výkovku [kg]

$q_{op}$  – jednotkové ztráty opalem při ohřevu [kg]

$q_v$  – jednotkový odpad materiálu z výronku [kg]

Hodnoty  $q_{op}$  a  $q_v$  se zjistí z následujících závislosti [2]:

- ztráta opalem při ohřevu  $q_{op} = (2,5 \text{ až } 3\%)Q_v$
- ztráty materiálu z výronků  $q_v$ :
  - a) při hmotnosti výkovku 1 až 5 kg je hmotnost výronku maximálně  $20\%Q_v$
  - b) při hmotnosti výkovku větší jak 5kg je hmotnost výronku maximálně  $15\%Q_v$

Jednotková norma spotřeby materiálu výkovku [2]:

$$N_{mv} = Q_c + q_u + q_k \text{ [kg]} \quad (1.26)$$

$Q_c$  – jednotková hmotnost materiálu vkládaného do pece k ohřevu [kg]

$q_u$  – jednotkové ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu [kg]

$q_k$  – jednotkové ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče [kg]

### 1.4.1.3 Norma spotřeby materiálu u odlitků

Při výpočtu normy spotřeby materiálů u odlitků musíme dbát na to, abychom nezapočítávaly ztráty na materiál, které ovšem do výpočtu nepatří. Jedná se hlavně o ztráty materiálů znečištěné struskou, ztráty materiálu čištěním nebo vratný odpad například vtoky, nálitky, zmetky, které se znovu použijí.

Jednotková norma spotřeby materiálu u odlitků [2]:

$$N_{mo} = Q_p + q_{prop} + q_{\varepsilon} \text{ [kg]} \quad (1.27)$$

$Q_p$  – jednotková hmotnost polotovaru odlitku [kg]

$q_{prop}$  – jednotkové ztráty materiálu propalem [kg]

$q_{\varepsilon}$  – jednotkové ztráty materiálu broušení odlitku [kg]

### 1.4.2 Stupeň využití materiálu polotovaru

Dle stupně využitelnosti materiálu posuzujeme celkovou pracnost výroby součásti a technologickou náročnost. Ve strojírenské výrobě se stupeň využití materiálu pohybuje mezi hodnotami 0,4 až 0,8. Pokud se koeficient využití materiálu  $K_m$  blíží k jedné, znamená to, že množství odebraných třísek je malé. Z toho vyplývá, že i pracnost na výrobu takové součástky je malá. Všeobecně můžeme tedy říci čím větší stupeň využití materiálu  $K_m$  tím nižší pracnost při výrobě součástky a vyšší produktivita práce.

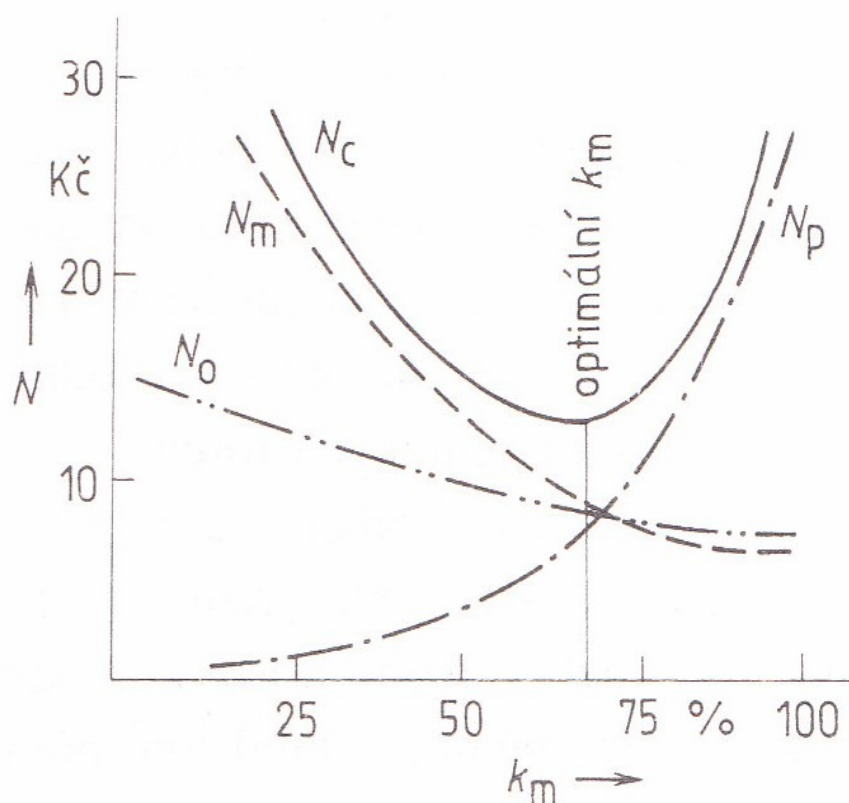
Stupeň využití materiálu polotovaru [2]:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \text{ [-]} \quad (1.28)$$

$Q_s$  – čistá jednotková hmotnost součásti [kg]

$N_m$  – jednotková norma spotřeby materiálu [kg]

Na obr. 1.5 je vyobrazen diagram, který ukazuje optimální stupeň využití materiálu  $K_m$  v závislosti na celkových výrobních nákladech. Podle následujícího diagramu můžeme napsat, že čím vyšší stupeň využití materiálu  $K_m$  tím více klesají náklady na obrábění polotovaru a náklady na materiál z kterého je polotovar vyroben. Úspora na obrábění a materiál se dosahuje tak, že polotovar není přířez z tyčového materiálu, ale třeba odlitek, výkovek, svařenec atd. Z tohoto důvodu patří mezi náklady na obrábění výhradně náklady na obrobění tvarových a funkční ploch. Musíme si ale uvědomit, že tyto úspory v nákladech obrábění a materiálové nesmí být menší než rozdíl nákladu na zhotovení původního polotovaru a nového polotovaru.



- $N_c$  – celkové operační náklady [Kč]  
 $N_o$  – náklady na obrábění [Kč]  
 $N_p$  – náklady na výrobu polotovaru [Kč]  
 $N_m$  – náklady na materiál [Kč]  
 $k_m$  – stupeň využití materiálu [-]

Obr. 1.5 Závislost nákladů na stupni využití materiálu [1]

Následující nerovnice nám ukazuje, že nákladové úspory na materiál a obrábění musí být větší než náklady na zhotovení nového polotovaru. V opačném případě by nám nová varianta nepřinesla očekávané úspory [2]:

$$(U_m + U_o) \geq (N_{pn} - N_{ps}) \quad (1.29)$$

- $U_m$  – úspory v nákladech na materiál [Kč]  
 $U_o$  – úspory v nákladech při obrábění polotovaru [Kč]  
 $N_{pn}$  – náklady na zhotovení nového polotovaru [Kč]  
 $N_{ps}$  – náklady na zhotovení stávajícího polotovaru [Kč]

### 1.4.3 Příklad výpočtu nákladů na materiál s přířezem

Na obr. 1.6 je zobrazen příklad vyráběné součástky a ukázka výpočtu normy spotřeby materiálu, stupně využití a nákladů na materiál. Součástka se vyrábí soustružením a to z tyčového materiálu o průměru 48mm a délce 6000mm. Po obrobení se součástky upichují.

Zadané hodnoty:

Materiál

Tyč kruhová tažená za studena, ČSN  
EN 10278

Rozměry materiálu

ø48-6000mm

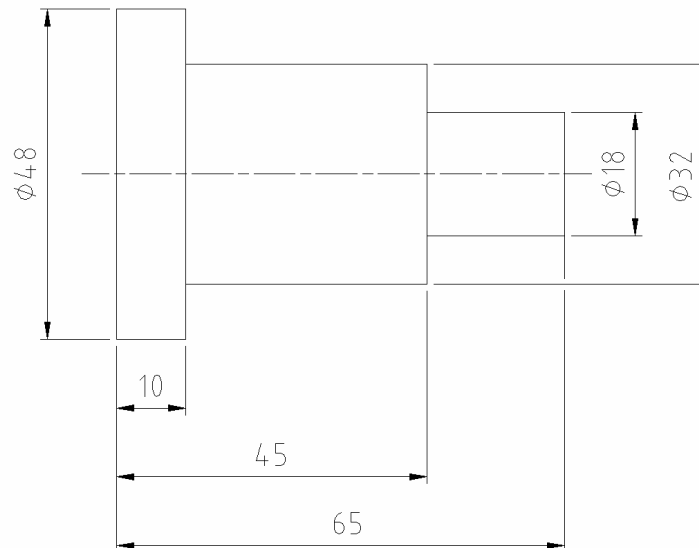
Cena materiálu

20,5Kč/kg bez DPH8 [10]

Cena výkupu železného šrotu

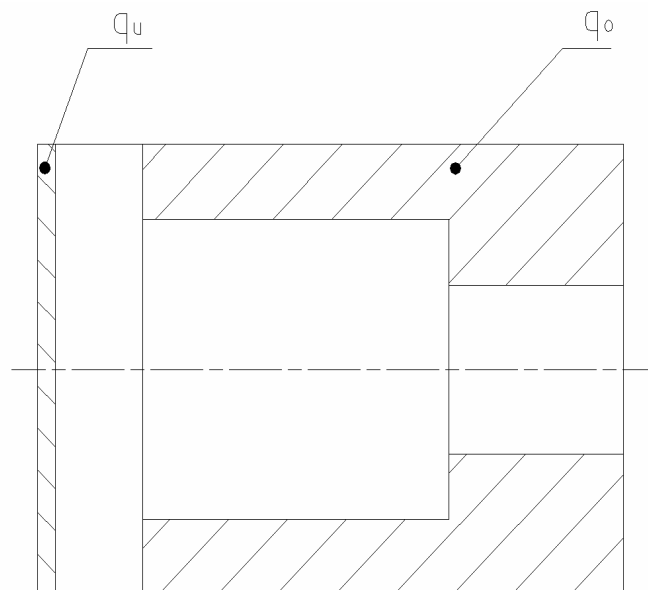
4,7Kč/kg bez DPH

Na obr. 1.6 příklad vyráběné součástky



Obr. 1.6 Příklad vyráběné součástky

Na obr. 1.7 vyráběná součástka s vyšrafovanými ztrátami na materiál



$q_u$  – jednotkové ztráty vzniklé upíchnutím tyčového materiálu [kg]

$q_o$  – jednotkové ztráty vzniklé obráběním polotovaru [kg]

Obr. 1.7 Součástka s naznačenými ztrátami materiálů

**Výpočet:**

Ztráty vzniklé obráběním polotovaru dle (1.22)

$$q_o = Q_p - Q_s = 0,9234 - 0,403 \cong \underline{\underline{0,52}} \text{ kg}$$

Ztráty vzniklé upíchnutím tyčového materiálu

$$q_u = \underline{\underline{0,0284}} \text{ kg}$$

Stanovení počtu přířezů z tyčového materiálu dle (1.24)

$$n = \frac{L}{l_s + U} = \frac{6000}{65 + 2} = 89,552 \Rightarrow \underline{\underline{89}} \text{ ks}$$

Ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče dle (1.23)

$$q_k = \frac{Q_k}{n} = \frac{0,5703}{89} = \underline{\underline{0,0064}} \text{ kg}$$

Celkové ztráty při výrobě součástky dle (1.21)

$$z_m = q_o + q_u + q_k = 0,52 + 0,0284 + 0,0064 = \underline{\underline{0,5548}} \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu dle (1.20)

$$N_m = Q_s + z_m = 0,403 + 0,5548 = \underline{\underline{0,9578}} \text{ kg}$$

Stupeň využití materiálu polotovaru dle (1.28)

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} = \frac{0,403}{0,9578} \cong \underline{\underline{0,421}}$$

Náklady na materiál potřebný k výrobě jednoho kusu výrobku stanovíme podle (1.19)

$$N_{mat} = N_m \cdot C_{mat} - z \cdot C_{vzš} = 0,9578 \cdot 20,5 - 0,5548 \cdot 4,7 \cong \underline{\underline{17,03}} \text{ Kč}$$

Stupeň využití materiálu je 42% proto by bylo vhodnější zvážit výrobu dané součásti jinou metodou než je soustružením z tyčového materiálu. Např. výroba polotovaru kování nebo odléváním a následně plochy osoustružit. Při snaze zvýšit stupeň využitelnosti materiálu nesmíme zapomenout aplikovat nerovnici (1,29) která nás upozorňuje na to, aby úspory materiálové a na obrábění byly větší než náklady na zhotovení nového polotovaru. Pro zvolení správné varianty výroby se musí uvažovat i výrobní množství. Postup výroby součásti a dosažení vyššího stupně využitelnosti materiálu se bude měnit s rostoucím vyráběným množstvím.

## 1.5 Režijní náklady

Režijní náklady jsou ty, které se nedají přesně přiřadit k danému výkonu. Tyto náklady jsou společné pro více úkonů při výrobě. Společné náklady se často označují jako střediskové režijní náklady a pro zlepšení ekonomických propočtů, které zahrnují optimalizaci, přesnější kalkulaci a řízení výrobních procesů je za potřebí podrobnějšího rozboru těchto nákladů.

V jednoduších průmyslových podnicích mohou být určité rozdíly, zpravidla však k těmto nákladům patří: [4]

**Režijní materiál:** Veškerý spotřebovaný materiál, který nemá charakter přímého (ve vztahu k výrobku) materiálu. Tedy obvykle maziva, technologické kapaliny pro obrábění (řezné kapaliny), ochranné pomůcky, apod.

**Nářadí a nástroje:** Univerzální a společné nářadí, přípravky a nástroje (které nepatří do hmotného investičního majetku), které nejsou určeny jako speciální vybavení pro určitý výrobek, které v takovém případě mají charakter přímého nákladu k tomuto výrobku.

Odpisy hmotného a nehmotného investičního majetku.

**Režijní mzdy:** V některých případech pouze mzdy režijních pracovníků. Někdy ovšem i mzdy všech pracovníků středisek, ve kterých jsou výrobní pracovníci placeni dle hodinových tarifů bez ohledu na množství odvedené práce. I když se vyrábí pouze z části kapacity, mzdy jsou vypláceny v předem domluvené výši (zpravidla dle ujednání například kolektivní smlouvy).

**Sociální a zdravotní pojištění:** Pevná procentní přírážka k vyplaceným režijním mzdám.

**Energie a plyny:** Náklady na energie (elektřina, zemní plyn) a na plyny pro sváření, pokud nejsou zahrnuty do jiných položek, např. při kalkulaci nákladů na provoz obráběcího stroje.

**Opravy a údržba:** Většinou nejde o náklady vztažené k jednotlivým obráběcím strojům.

**Náklady prostoru:** Náklady na m<sup>2</sup> nebo m<sup>3</sup>.

**a) Pokud prostor není vlastní a je najat:** Nájemné, případně plus zvlášť placené služby (teplo, energie, úklid).

**b) Pokud prostor je vlastní:** Náklady na budovu (opravy, údržba, odpisy, daň z nemovitosti, pojistné, úklid), teplo a teplá voda, studená voda, osvětlení a společné energie, náklady speciálního vybavení (jeřáby, zakladače, dopravníky apod.).

**Nájemné (leasing):** Platby za najaté stroje a zařízení společného charakteru.

**Ostatní služby:** Náklady dalších výrobních i nevýrobních režijních služeb (režijní přepravné, režijní kooperace, certifikace apod.).

**Školení a vzdělávání:** Náklady na povinné kvalifikační kurzy (elektor, apod.).

**Odpad:** Náklady na likvidaci odpadu, včetně např. likvidace řezných kapalin apod.

**Ostatní:** Náklady na zmetky, reklamace, náklady spojů, režijní cestovné, apod.

Pro určení režijních nákladů se nejčastěji používá metoda hodinových režijních paušálů. Pomocí metody se stanoví hodinový režijní paušál, který je určen cenou časové jednotky nejčastěji hodiny nebo normohodiny na základě velikosti společných režijních nákladů a za předpokladu využití dané kapacity. Hodinový režijní paušál je tedy určen podílem společných režijních nákladů a stanoveného časového fondu. Metoda hodinových režijních paušálů se dá stanovit pro různá období v měsíci, ke čtvrtletí a podobně nebo k výrobnímu úseku jako celku anebo jen k části výrobního úseku např. jeden stroj.

Důležitou vlastností hodinových režijních paušálů je to, že by měly být vždy stanovovány pro reálnou kapacitu, tj. pro takovou hodnotu časového fondu, kterou lze reálně dosáhnout, nikoliv hodnotu ideální či jinak nereálné stanovenou. Pokud není míra využití kapacity v okamžiku stanovování hodinových režijních paušálů zcela jistá, je možno stanovit jejich hodnoty v několika variantách pro různou míru využití kapacity. [4]

Hodinový režijní paušál: [4]

$$HRP = \frac{RN}{KAP} \text{ [Kč/hod]}$$

(1.30)

RN – režijní náklady [Kč]

KAP – kapacita střediska [hod]

## 2 ANALÝZA VYBRANÝCH NÁKLADOVÝCH POLOŽEK

Druhá kapitola se zabývá především analýzou nákladových položek, které se specifikovaly v první kapitole. Podrobněji se rozebraly náklady a z čeho se jednotlivé náklady skládají. Především se jedná o náklady na minutu strojní práce, vedlejší práci a náklady na nástroj a jeho výměnu. V závěru je vypracována aplikace celkových výrobních nákladů.

### 2.1 Analýza nákladů na jednotku strojní práce

Náklady na minutu strojní práce vyjádřené za pomoci hodinového režijního paušálu: [4]

$$N_{sm} = k_c \left( \frac{M_o}{60} + \frac{HRP_{SP}}{60} \right) + \frac{N_{hs}}{60} \quad [\text{Kč}] \quad (2.1)$$

$k_c$  – přírážka směnového času [min]

$M_o$  – hodinové mzdové náklady na operátora [Kč]

$HRP_{SP}$  – hodinový režijní paušál společných nákladů [Kč]

$N_{hs}$  – náklady na provoz stroje za hodinu [Kč]

Hodinové náklady na provoz stroje: [4]

$$N_{hs} = O_s \cdot k_{us} + C_E \quad [\text{Kč}] \quad (2.2)$$

$O_s$  – odpis stroje za hodinu [Kč]

$k_{us}$  – koeficient oprav a údržby stroje [-]

$C_E$  – cena spotřebovaných energií za hodinu [Kč]

Hodinové náklady na odpis stroje: [4]

$$O_s = \frac{C_s}{Z_s \cdot CFS_{EFPL} \cdot SM \cdot k_{vs}} \quad [\text{Kč}] \quad (2.3)$$

$C_s$  – cena stroje plus náklady na montáž stroje [Kč]

$Z_s$  – životnost stroje [rok]

$CFS_{EFPL}$  – roční časový fond stroje při jedné směně [hod]

$SM$  – směnnost [-]

$k_{vs}$  – koeficient časového využití stroje [-]

Koeficient časového využití stroje (podíl času, kdy se na stroji pracuje v daném počtu směn k celkovému času uvažovaných směn) se stanovuje z dlouhodobého průměru, event. z předpokladu o vytížení stroje. Pro různé typy výrob plynou přibližné hodnoty těchto koeficientů z tabulky 2.1.

V některých podnicích jsou hodnoty ve srovnání s uvedenými hodnotami nižší. Tato skutečnost se významně podílí na výrobních nákladech. [4]

Koeficient oprav a údržby stroje je dán podílem součtu ceny stroje, předpokládané částky na opravy, resp. údržbu stroje za dobu jeho životnosti a ceny stroje. [4]

Tab. 2.1 Koeficient časového využití stroje [4]

Druh výroby	$k_{vs}$
Hromadná a velkosériová výroba	0,8
Programově řízené stroje, obráběcí centra	0,65 – 0,75
Konvenční malosériová výroba	0,50 – 0,65

## 2.2 Analýza nákladů na vedlejší práci

Hlavní složky, které ovlivňují náklady na vedlejší práci, jsou mzdové náklady na operátora plus režijní přírážka tyto dvě složky jsou ještě vynásobeny přírážkou směnového času. Navíc se připočítá odpis stroje.

V kapitole 1.2 již bylo zmíněno, že náklady na 1 minutu vedlejší práce se přibližně rovnají nákladům na strojní práci. Při porovnání vztahů 2.1 a 2.1 lze vyvodit, že při výpočtu nákladů na minutu strojní práce se počítá i s koeficientem oprav, údržby stroje a s cenou spotřebované energie. Tyto náklady nezaujímají v celkové částce velkou úlohu. Proto při praktických řešeních můžeme použít tvrzení, že zmíněné náklady jsou si přibližně rovny.

Náklady na minutu vedlejší práce vyjádřené za pomoci hodinového režijního paušálu: [4]

$$N_{vm} = k_c \cdot \left( \frac{M_o}{60} + \frac{HRP_{SP}}{60} \right) + \frac{O_s}{60} \text{ [Kč]} \quad (2.4)$$

$M_o$  – mzdové náklady na operátora za hodinu [Kč]

$HRP_{SP}$  – hodinový režijní paušál společných nákladů [Kč]

$O_s$  – odpis stroje za hodinu [Kč]

$k_c$  – přírážka směnového času [min]

Nejčastější hodnota přírážky směnového času se pohybuje v rozmezí 1,10 až 1,15 a dá se vypočítat dle následující rovnice (1.12).

Výpočet součinitele  $k_c$  přírážka směnového času: [1]

$$k_c = \frac{T_s}{T_s - t_c} \text{ [min]} \quad (2.5)$$

$T_s$  – čas směny [min]

$t_c$  – norma času směnového [-]

Směnový čas se vztahuje k pracovní směně. Spotřeba směnového času roste s počtem odpracovaných směn a nezáleží na počtu jednotek výroby nebo počtu dávek, které se mají během směny realizovat.

Norma času směnového:

$$t_c = t_{c1} + t_{c2} + t_{c3} \text{ [min]} \quad (2.6)$$

$t_{c1}$  – čas směnové práce [min]

$t_{c2}$  – čas směnových obecně nutných přestávek [min]

$t_{c3}$  – čas směnových podmínečně nutných přestávek [min]

### 2.3 Analýza nákladů na nástroj a jeho výměnu vztažených na jednu trvanlivost

Hlavní složky, které do nákladů vstupují, jsou náklady na provoz nástroje vztažené na jednu trvanlivost bříty a náklady na výměnu. Náklady spojené s údržbou, evidenci apod. se započítávají do režijních nákladů.

Náklady na nástroj a jeho výměnu vztažených na jednu trvanlivost:

$$N_T = N_{Tn} + N_{Tv} \text{ [Kč]} \quad (2.7)$$

$N_{Tn}$  – náklady na provoz nástroje vztažené na jednu trvanlivost bříty [Kč]

$N_{Tv}$  – náklady na výměnu nástroje [Kč]

#### 2.3.1 Náklady na nástroj vztažené na jednu trvanlivost bříty

Trvanlivostí rozumíme dobu po, kterou je nástroj schopen efektivně plnit svoji funkci. Trvanlivost se dá vyjádřit pomocí intervalu od nasazení nástroje do operace, až po dobu, kdy na bříty nástroje vzniknou poruchy.

##### 2.3.1.1 Náklady na monolitní nástroj, který se přeastřuje

Náklady na nástroj a přeastření s přírážkou hodinového režijního nákladu ostřírny: [4]

$$N_{Tn} = \frac{C_n - C_{zn}}{z_o + 1} + t_{os} \cdot k_c \cdot \left( \frac{M_{os}}{60} + \frac{HRP_{os}}{60} \right) \cdot \frac{z_o}{z_o + 1} \text{ [Kč]} \quad (2.8)$$

$C_n$  – cena nástroje [Kč]

$C_{zn}$  – zbytková cena nástroje [Kč]

$z_o$  – počet možných přeastření nástroje [-]

$t_{os}$  – čas ostření nástroje [min]

$k_c$  – přírážka směnového času [min]

$M_{os}$  – mzdové náklady na ostříče za hodinu [Kč]

$HRP_{os}$  – režijní paušál ostřírny za hodinu [Kč]

### 2.3.1.2 Náklady na nástroj s VBD

Náklady na nástroj s VBD: [4]

$$N_{Tn} = \frac{C_d \cdot z_d}{z_b \cdot s_b} + (1 + k_{ut}) \cdot \frac{C_{tn}}{z_u} \quad [\text{Kč}] \quad (2.9)$$

$C_d$  – cena břitové destičky [Kč]

$C_{tn}$  – cena tělesa nástroje [Kč]

$z_d$  – počet břitových destiček na nástroji [-]

$z_b$  – počet břitů na destičce [-]

$z_u$  – předpokládaný počet upnutí destiček za dobu životnosti tělesa nástroje [-]

$s_b$  – součinitel využití břitových destiček [-]

$k_{ut}$  – koeficient údržby tělesa nástroje [-]

Přibližné hodnoty empirických konstant tohoto vztahu udává tabulka 2.2. Jde o statistické údaje. Součinitel využití břitových destiček je ovlivněn technologickou kázní, křehkými lomy destiček, poškozením nového břitu, který není v záběru odcházející třískou apod. Předpokládaný počet upnutí je dán obvykle náhodným ničením tělesa nástroje, koeficient údržby tělesa nástroje zahrnuje především náhradní díly nástroje. [4]

Tab. 2.2 Potřebné hodnoty ke vztahu 2.1 [6]

Podmínky obrábění	$z_u$	$s_b$	$k_{ut}$
Lehké	400 – 600(i více)	0,95	0,05
Střední	200 – 400	0,90	0,25
Těžké	200	0,80	0,40
Velmi těžké	100	0,70	0,60

### 2.3.1.3 Náklady na nástroj s VBD, které se přeastřují

Pokud geometrie břitových destiček dovoluje přeastřování a destička není povlakovaná, tak s ohledem na jejich relativně vysoké ceny se vyměnitelné břitové destičky ze slinutých karbidů přeastřují pro snížení nákladů na nástroj ve výrobě.

Náklady na nástroj s VBD které lze přeastřovat: [4]

$$N_{Tn} = \frac{C_d \cdot z_d \cdot z_o}{z_b \cdot s_b \cdot (z_o + 1)} + (1 + k_{ut}) \cdot \frac{C_{tn}}{z_u} + t_{os} \cdot k_c \cdot \left( \frac{M_{os}}{60} + \frac{HRP_{os}}{100} \right) \cdot \frac{z_o}{z_o + 1} \quad [\text{Kč}]$$

$C_d$  – cena břitové destičky [Kč]

$C_{tn}$  – cena tělesa nástroje [Kč]

$M_{os}$  – mzdové náklady na ostříče za hodinu [Kč]

$HRP_{os}$  – režijní paušál ostřířny za hodinu [Kč]

$z_d$  – počet břitových destiček na nástroji [-]

$z_b$  – počet břitů na destičce [-]

(2.10)

$z_u$  – předpokládaný počet upnutí destiček za dobu životnosti tělesa nástroje [-]  
 $z_o$  – počet možných přeostření nástroje [-]  
 $s_b$  – součinitel využití břitových destiček [-]  
 $t_{os}$  – čas ostření nástroje [min]  
 $k_c$  – přírážka směnového času [min]  
 $k_{ut}$  – koeficient údržby tělesa nástroje [-]

### 2.3.2 Náklady na výměnu nástroje

Náklady na výměnu nástroje se vztahují k času potřebnému k jeho výměně a k dalším nákladům na jeho výměnu. Tyto náklady se skládají z několika složek. Nejvýznamnějším nákladem je mzda seřizovače včetně odvodů, ke které se připočítává hodinový režijní paušál a navíc se ještě vynásobí přírážkou směnového času. Navíc je nutné připočíst odpis stroje.

Náklady na výměnu nástroje: [4]

$$N_{Tv} = t_{vn} \cdot N_{vnm} \text{ [Kč]} \quad (2.11)$$

$t_{vn}$  – čas na výměnu nástroje [min]

$N_{vnm}$  – náklady na výměnu nástroje za minutu [Kč]

Náklady na výměnu nástroje vyjádřené pomocí hodinového režijního paušálu: [4]

$$N_{vnm} = k_c \cdot \left( \frac{M_s}{60} + \frac{HRP_{SP}}{60} \right) + \frac{O_s}{60} \text{ [Kč]} \quad (2.12)$$

$k_c$  – přírážka směnového času [min]

$M_s$  – mzdové náklady na seřizovače za hodinu [Kč]

$HRP_{SP}$  – hodinový režijní paušál společných nákladů za hodinu [Kč]

$O_s$  – odpis stroje za hodinu [Kč]

### 2.4 Celkové operační náklady

Za celkové operační náklady reálného obráběcího procesu se uvažují jen základní složky vztahované k obráběcímu stroji a řeznému nástroji. Celkové operační náklady slouží ke stanovení kritéria pro minimální výrobní náklady. Za pomocí této metody se zjistí při jakých řezných podmínkách se vyrábí na minimální náklady.

Celkové operační výrobní náklady:

$$N_c = N_s + N_v + N_{nv} \text{ [Kč]} \quad (2.13)$$

$N_s$  – náklady na strojní práci [Kč]

$N_v$  – náklady na vedlejší práci [Kč]

$N_{nv}$  – náklady na nástroj a jeho výměnu vztahované na jeden kus [Kč]

## 2.5 Analýza nákladů dávkových

Náklady, které jsou za potřeby k zajištění jedné výrobní dávky. Spojené s přípravou a následně s ukončením práce pro jednu dávku součásti.

Náklady dávkové: [4]

$$N_b = t_{BC} + N_{bm} \text{ [Kč]} \quad (2.14)$$

$t_{BC}$  – norma času dávkového s přírážkou směnového času [min]

$N_{bm}$  – náklady na seřízení stroje [Kč]

Náklady na seřízení stroje vyjádřené za pomocí hodinového režijního paušálu: [4]

$$N_{bm} = k_c \left( \frac{M_s}{60} + \frac{HRP_{SP}}{60} \right) + \frac{O_s}{60} \text{ [Kč]} \quad (2.15)$$

$k_c$  – přírážka směnového času [min]

$M_s$  – mzdové náklady na seřizovače za hodinu [Kč]

$HRP_{SP}$  – hodinový režijní paušál společných nákladů [Kč]

$O_s$  – odpis stroje za hodinu [Kč]

Norma času dávkového s přírážkou směnového času:

$$t_{BC} = t_B \cdot k_c \text{ [min]} \quad (2.16)$$

$t_B$  – norma času dávkového [min]

$k_c$  – přírážka času směnového [-]

Čas dávkový je čas, který je potřeba na činnost a zajištění zpracování jedné dávky, což představuje připravení a ukončení práce pro jednu dávku. Nicméně dávkový čas není závislý na velikosti dávky. [1]

Norma času dávkového:

$$t_B = t_{B1} + t_{B2} + t_{B3} \text{ [min]} \quad (2.17)$$

$t_{B1}$  – čas dávkové práce [min]

$t_{B2}$  – čas dávkových obecně nutných přestávek [min]

$t_{B3}$  – čas dávkových podmíněně nutných přestávek [min]

## 2.6 Aplikace celkových operačních nákladů

Provede se analýza operačních výrobních nákladů pro soustružení na zadané válcové ploše viz obr. 1.1. Z analýzy vyplynou optimální řezné podmínky pro kritérium minimálních operačních nákladů při jinak konstantních podmínkách.

### Zadané hodnoty:

Průměr obráběné plochy	$D = 75 \text{ mm}$
Délka obráběné plochy	$l = 236 \text{ mm}$
Délka náběhu nástroje	$L_n = 4 \text{ mm}$
Délka přeběhu nástroje	$L_p = 3 \text{ mm}$
Náklady na hodinu strojní práce	$N_{sh} = 462 \text{ Kč}$
Náklady na hodinu vedlejší práce	$N_{sh} = 423 \text{ Kč}$
Náklady na nástroj a jeho výměnu vztahené na jednu trvanlivost	$N_T = 126 \text{ Kč}$
Jednotkový vedlejší čas	$t_{VA} = 2 \text{ min}$

Nástroj: břitová destička SUMITOMO AC10 NUG [9]

Posuv na otáčku  $f = 0,22 \text{ mm}$

Exponent z Taylorova vztahu  $m = 3,43$

Konstanta z Taylorova vztahu  $C_v = 691$

### Příklad výpočtu pro $n=1000 \text{ [ot}\cdot\text{min}^{-1}]$ :

Řezná rychlost  $v_c$ :

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 1000}{1000} = \underline{\underline{204,1}} \text{ [m}\cdot\text{min}^{-1}]$$

Jednotkový strojní čas  $t_{AS}$  dle (1.3)

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{l + l_n + l_p}{n \cdot f} = \frac{236 + 4 + 3}{1000 \cdot 0,22} = \underline{\underline{1,1}} \text{ [min]}$$

Trvanlivost nástroje  $T$ :

$$T = \frac{C_T}{v_c^m} = \frac{C_v^m}{v_c^m} = \frac{691^{3,43}}{204,1^{3,43}} = \underline{\underline{65,56}} \text{ [min]}$$

Součinitel  $\tau$  dle (1.19)

$$\tau = \frac{l}{L} = \frac{236}{243} = \underline{\underline{0,97}} \text{ [-]}$$

Počet výměn nástroje vztažený na obrobení jednoho kusu  $z_v$  dle (1.8)

$$z_v = \frac{t_{AS}}{T} \cdot \tau = \frac{1,1}{65,56} \cdot 0,97 = \underline{\underline{0,0163}} \text{ [-]}$$

Náklady na strojní práci  $N_s$  dle (1.1)

$$N_s = t_{AS} \cdot N_{sm} = 1,1 \cdot \frac{462}{60} = \underline{\underline{8,5}} \text{ [Kč]}$$

Náklady na vedlejší práci  $N_v$  dle (1.6)

$$N_v = t_{AV} \cdot N_{vm} = 2 \cdot \frac{423}{60} = \underline{\underline{14,1}} \text{ [Kč]}$$

Náklady na nástroj a jeho výměnu  $N_{nv}$  dle (1.7)

$$N_{nv} = N_T \cdot z_v = 126 \cdot 0,0163 = \underline{\underline{2,1}} \text{ [Kč]}$$

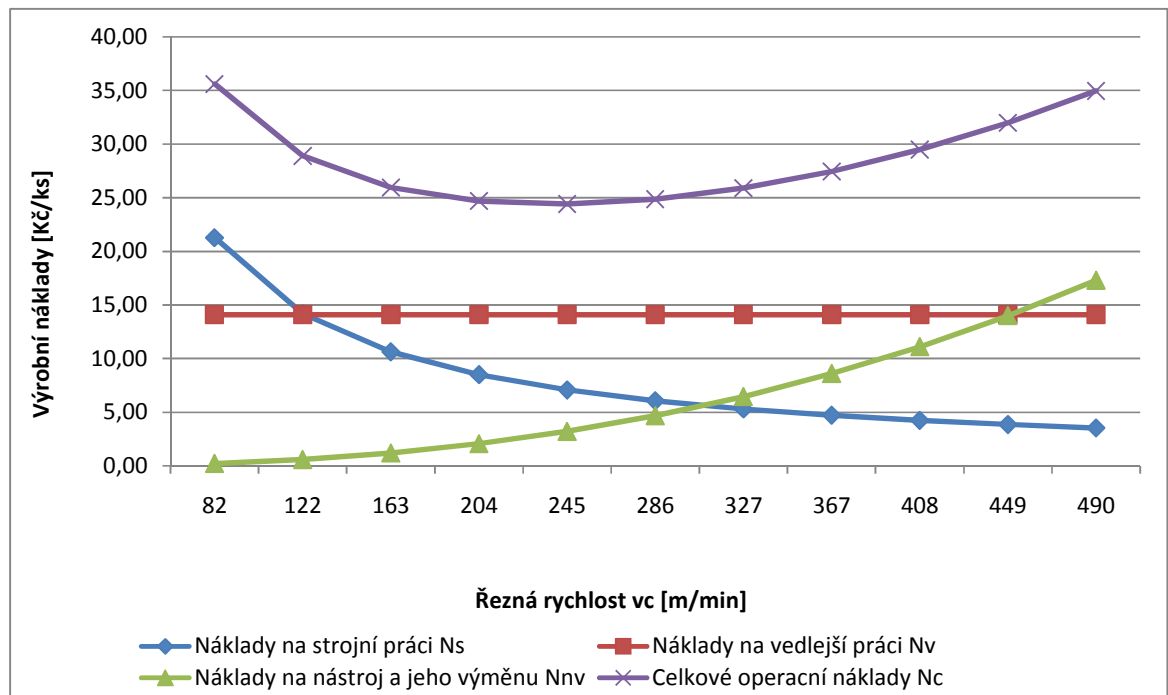
Celkové operační náklady  $N_c$  dle (2.13)

$$N_c = N_s + N_v + N_{nv} = 8,5 + 14,1 + 2,1 = \underline{\underline{24,7}} \text{ [Kč]}$$

Tab. 2.3 Tabulka vypočítaných hodnot nákladů (příloha 1)

$n$ [ot·min <sup>-1</sup> ]	$v_c$ [m·min <sup>-1</sup> ]	$N_s$ [Kč/ks]	$N_v$ [Kč/ks]	$N_{nv}$ [Kč/ks]	$N_c$ [Kč/ks]
400	81,64	21,26	14,1	0,22	35,58
600	122,46	14,18	14,1	0,60	28,87
800	163,28	10,63	14,1	1,20	25,93
1000	204,1	8,51	14,1	2,06	24,67
1200	244,92	7,09	14,1	3,21	24,40
1400	285,74	6,08	14,1	4,67	24,84
1600	326,56	5,32	14,1	6,46	25,88
1800	367,38	4,73	14,1	8,60	27,43
2000	408,2	4,25	14,1	11,11	29,46
2200	449,02	3,87	14,1	14,01	31,97
2400	489,84	3,54	14,1	17,30	34,95

Na obr. 2.1 jsou vyobrazeny křivky jednotlivých nákladů a křivka celkových operačních nákladů, která ukazuje výrobní náklady při dané řezné rychlosti.



Obr. 2.1 Grafické vyobrazení nákladů (příloha 1)

Z grafu na obr. 2.1 a z tabulky 2.3 lze vyčíst, že nejnižších výrobních nákladů  $N_c$  se dosahuje při řezné rychlosti kolem  $v_c$  245 [m·min<sup>-1</sup>] a jsou přibližně 25Kč na kus.

Optimální trvanlivost nástroje  $T_{optN}$  pro minimální celkové náklady dle (1.11)

$$T_{optN} = \frac{(m-1) \cdot \tau \cdot N_T}{N_{sm}} = \frac{(3,43-1) \cdot 0,97 \cdot 126}{\frac{462}{60}} = \underline{\underline{38,57}} \text{ [min]}$$

Výpočet řezné rychlosti  $v_c$  lze odvodit z Taylorova vztahu:

$$v_{c,optN} = \left( \frac{Cv^m}{T_{optN}} \right)^{\frac{1}{m}} = \left( \frac{691^{3,43}}{38,57} \right)^{\frac{1}{3,43}} = \underline{\underline{238,24}} \text{ [m·min}^{-1}\text{]}$$

Otáčky  $n_{optN}$ :

$$n_{optN} = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{238,24 \cdot 1000}{65 \cdot 3,14} = \underline{\underline{1167}} \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

Z výše uvedených rovnic se vypočítala optimální řezná rychlost  $v_{c,optN} = 238,24 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , optimální otáčky  $n_{optN} = 1167 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$  a optimální trvanlivost nástroje  $T_{optN} = 38,57 \text{ min}$ .

### 3 UKAZATELE RŮSTU PRODUKTIVITY VÝROBY

Pro lepší konkurence schopnost firmy je zapotřebí neustále sledovat a zvyšovat růst produktivity práce. Růstu produktivity práce se může dosáhnout za pomoci snížení pracnosti výroby anebo snížením účasti dělníka na činnosti stroje.

#### 3.1.1 Produktivita práce

Podmínky pro zvýšení produktivity práce při obrábění jsou dány: [2]

- snížením pracnosti výroby, kterou je možno vyjádřit koeficientem produktivity obrábění
- snížením účasti dělníka na činnosti stroje, které je možno vyjádřit koeficientem vícestrojové obsluhy

Předcházející podmínky mohou však být ovlivněny např.: [8]

- materiálem obrobku
- použitou technologií výroby
- výrobním strojem, jeho vybavením, funkčním využitím apod.
- úrovní mechanizace
- kvalifikaci a zručností pracovní síly
- systémem hodnocení a odměňování
- technicko-organizačními podmínkami

Index zvýšení produktivity práce [7]:

$$i_p = 100 \cdot k_{po} \cdot k_{vo} \text{ [%]}$$

(3.1)

$k_{po}$  – koeficient produktivity obrábění [-]

$k_{vo}$  – koeficient vícestrojové obsluhy [-]

Koeficient produktivity obrábění [7]:

$$k_{po} = \frac{d_v \cdot t_{AC_1} + t_{BC_1}}{d_v \cdot t_{AC_2} + t_{BC_2}} \cdot \frac{F_{E_2}}{F_{E_1}} [-] \quad (3.2)$$

$d_v$  – výrobní dávka [ks]

$t_{AC_{1,2}}$  – norma času jednotkové práce s podílem směnového času na kus [min]

$t_{BC_{1,2}}$  – norma času dávkové práce s podílem směnového času na dávku [min]

$F_{E_{1,2}}$  – efektivní časový fond strojů za rok [hod.]

Tab. 3.1 Maximální hodnoty efektivního časového fondu [7]

Jednosměnný provoz	2040 hod/rok
Dvousměnný provoz	3920 hod/rok
Třisměnný provoz	5700 hod/rok

Zvýšení produktivity obrábění je tedy nejen závislé na růstu hodinové produktivity, ale i na časovém využití. Předchozí vztahy porovnávají nejen technické a technologické možnosti stroje včetně funkční vybavenosti, ale také zahrnují otázky související s pracovníkem a organizací práce. [7]

Koeficient vícestrojové obsluhy [7]:

$$k_{vo} = \frac{d_v \cdot t_{AC} + t_{BC}}{d_v \cdot \left(\frac{1}{n_s}\right) \cdot t_{AC} + n_s \cdot t_{BC}} [-] \quad (3.3)$$

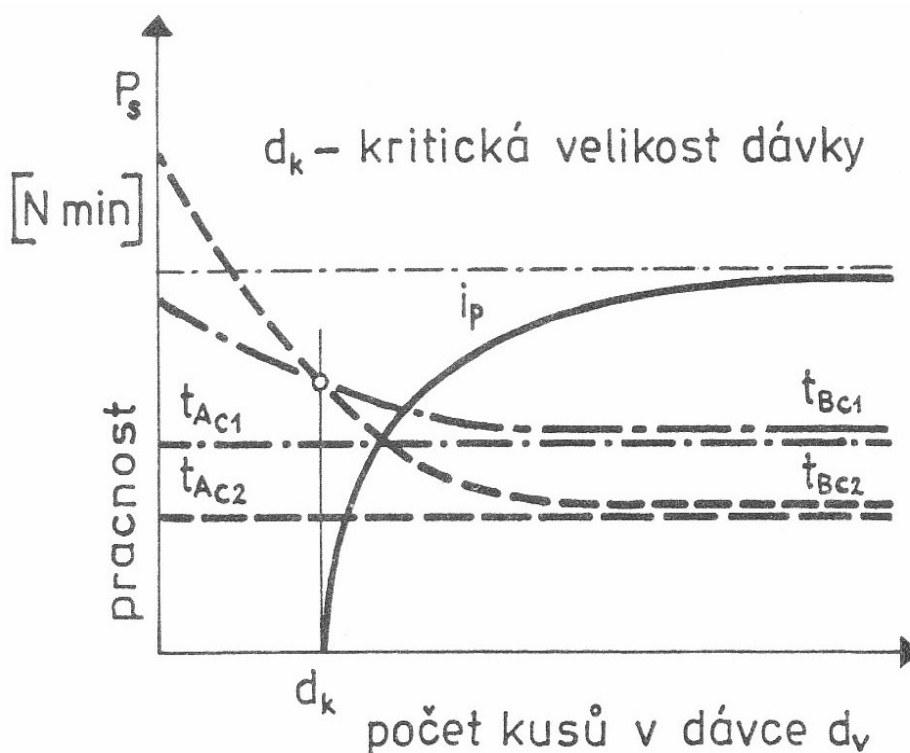
$d_v$  – výrobní dávka [ks]

$t_{AC}$  – norma času jednotkové práce s podílem směnového času na kus [min]

$t_{BC}$  – norma času dávkové práce s podílem směnového času na dávku [min]

$n_s$  – počet současně obsluhovaných strojů při výrobě daného sortimentu součástí [ks]

Z uvedených vztahů je možné sledovat změny produktivity práce zavedením nových strojů v závislosti na výrobním množství. V případě, kdy zavedením nové metody dochází k snížení jednotkového času, ale naopak zvýšení dávkového času, lze větších přírůstků produktivity dosáhnout až při vyšších dávkách. Kritická velikost je závislá na vzájemném poměru  $t_{AC}$ ,  $t_{BC}$  jednotlivých variant. Podíl dávkového času na jeden vyrobený kus klesá s rostoucím  $d_v$ , jak ukazuje obr. 3.1 [7]



Obr. 3.1 Vliv velikosti dávky a času na růst produktivity [7]

Kritická velikost dávky při porovnání dvou variant výroby [7]:

$$d_k = \frac{t_{BC2} - t_{BC1}}{t_{AC1} - t_{AC2}} [\text{ks}] \quad (3.4)$$

$t_{AC1,2}$  – norma času jednotkové práce s podílem směnového času na kus [min]

$t_{BC1,2}$  – norma času dávkové práce s podílem směnového času na dávku [min]

Norma času jednotkového s přírážkou směnového času:

$$t_{AC} = t_A \cdot k_c [\text{min}] \quad (3.5)$$

$t_A$  – norma času jednotkového [min]

$k_c$  – přírážka času směnového [-]

Čas jednotkový je čas, který zahrnuje činnosti i nečinnosti nezbytně potřebné pro zpracování každé jednotky produkce (ks,  $\text{m}^3$ , apod.).

Norma času jednotkového:

$$t_A = t_{A1} + t_{A2} + t_{A3} [\text{min}] \quad (3.6)$$

$t_{A1}$  – čas jednotkové práce [min]

$t_{A2}$  – čas jednotkový obecně nutných přestávek [min]

$t_{A3}$  – čas jednotkový podmíněně nutných přestávek [min]

### 3.2 Nákladová návratnost

Vztah pro nákladovou návratnost ukazuje návratnost jednorázově vložených investic ve vztahu k dosaženým úsporám. [7]

Nákladová návratnost [7]:

$$U_n = \frac{I - C_s}{U_m + O_d} [\text{rok}]$$

$I$  – investiční náklady [Kč]

$C_s$  – prodejní cena starých (vyřazených) strojů [Kč]

$O_d$  – průměrný roční odpis nové investice [Kč]

$U_m$  – roční úspora nákladů [Kč]

(3.7)

### 3.3 Ukazatel srovnatelné ekonomické efektivity

Za pomocí ukazatele srovnatelné ekonomické efektivity se vyhodnocují varianty technologických řešení např. použití automatických procesů, manipulace s materiálem, úspora pracovních sil. Kriteériem výběru bývá minimalizace jednorázových a výrobních nákladů. Kriteériem jsou převedené náklady z absolutních hodnot na měrnou jednotku produkce, náklady na hodinu práce stroje apod. Ukazatel převádí výrobní (provozní náklady a jednorázové investiční) náklady do součtové rovnice pomocí normativního koeficientu  $K_n$ . [7]

Ukazatel převedených výrobních nákladů [7]:

$$U_{pn} = k_n \cdot I_i + N_{v,i} [\text{Kč}]$$

$k_n$  – koeficient normativní ekonomické efektivity (0,1) [-]

$I_i$  – jednorázové (investiční) náklady varianty [Kč]

$N_{v,i}$  – celkové výrobní náklady i-té varianty [Kč]

(3.8)

## 4 UKAZATELE KRITICKÉHO VÝROBNÍHO MNOŽSTVÍ

Hospodárnost výroby u porovnávaných variant strojů a výrobních zařízení, posuzujeme také podle výrobních nákladů a porovnáваме jednotlivé varianty pouze v těch položkách, které se mění. Jsou to tyto položky [2]:

- přímý jednicový materiál
- přímé mzda jednicových dělníků
- položky výrobní režie: - mzdy režijních dělníků
  - náklady na palivo, energii, vodu
  - opravy strojů a zařízení
  - odpisy strojů a zařízení
- údržba nářadí
- náklady na zmetky

S rostoucí mechanizací a automatizací výroby vzrůstá význam nákladových položek, které souvisejí s činností strojů a zařízení. Tyto položky je možno stanovit přímou metodou, podle normy spotřeby (materiálu, práce, apod.) na základě znalosti technicko-ekonomických parametrů, nebo nepřímou metodou, kde režijní náklady na jednotku se stanoví pomocí procentuální přírážky ke zvolené základně. [2]

Z hlediska rozboru hospodárnosti jednotlivých variant rozlišujeme náklady podle závislosti na vyráběném množství výrobků na [2]:

- a) **Náklady závislé** (variabilní) na výrobním množství  $N_z$ , přímý materiál, přímé mzdy výrobních dělníků, apod.
- b) **Náklady nezávislé** (fixní) na počtu kusů v dávce  $N_{nd}$ . Jsou náklady, které je třeba jednorázově vynaložit na práci spojenou s přípravou a zakončením při výrobě dávky určitých součástí (mzdy seřizovačů včetně režie, apod.).
- c) **Náklady nezávislé** (fixní) na celkovém výrobním množství  $N_{nQ}$ . Do těchto nákladů patří investice na stroje a zařízení, speciální nářadí, určené pro daný soubor součástí.

Výrobní náklady na celkové výrobní množství [8]:

$$N_{vQ} = N_{nQ} + \left( N_z + \frac{N_{nd}}{d_v} \right) \cdot Q \text{ [Kč]} \quad (4.1)$$

$N_{nQ}$  – náklady nezávislé na celkovém výrobním množství za rok [Kč]

$N_z$  – závislé náklady na kus [Kč]

$N_{nd}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]

$d_v$  – velikost výrobní dávky [ks]

$Q$  – celkové výrobní množství [ks]

Pro vyjádření kritického výrobního množství se předpokládá rovnost velikosti výrobních nákladů a výrobního množství pro první i druhou variantu.

$$N_{vQ2} = N_{vQ1}, d_{v1} = d_{v2} = d_v$$

Kritické výrobní množství [8]:

$$Q_k = \frac{N_{nQ2} - N_{nQ1}}{(N_{z1} - N_{z2}) - \frac{N_{nd2} - N_{nd1}}{d_v}} \text{ [ks]} \quad (4.2)$$

$N_{nQ1,2}$  – náklady nezávislé na celkovém výrobním množství za rok [Kč]

$N_{z1,2}$  – závislé náklady na kus [Kč]

$N_{nd1,2}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]

$d_v$  – velikost výrobní dávky [ks]

Při vyjádření úspor na jednotku výroby se předpokládá rovnost výrobních dávek.

$$d_{v1} = d_{v2} = d_v$$

Úspory na jednotku výroby [7]:

$$u_j = (N_{z1} - N_{z2}) - \frac{N_{nd2} - N_{nd1}}{d_v} - \frac{N_{nQ2} - N_{nQ1}}{Q} \text{ [Kč]} \quad (4.3)$$

$N_{nQ1,2}$  – náklady nezávislé na celkovém výrobním množství za rok [Kč]

$N_{z1,2}$  – závislé náklady na kus [Kč]

$N_{nd1,2}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]

$d_v$  – velikost výrobní dávky [ks]

$Q$  – celkové výrobní množství [ks]

Pro porovnávání variant je vhodné také stanovit roční úspory.

Roční úspory nákladů [8]:

$$\dot{U}_R = \frac{60 \cdot F_{vs2}}{t_{AC2} + \frac{t_{BC2}}{d_v}} \cdot u_j \text{ [Kč]} \quad (4.4)$$

$F_{vs2}$  – roční využitelný fond stroje za rok [hod]

$t_{AC2}$  – norma času jednotkové práce na kus [min]

$t_{BC2}$  – norma času dávkového s přírážkou směnového na dávku [min]

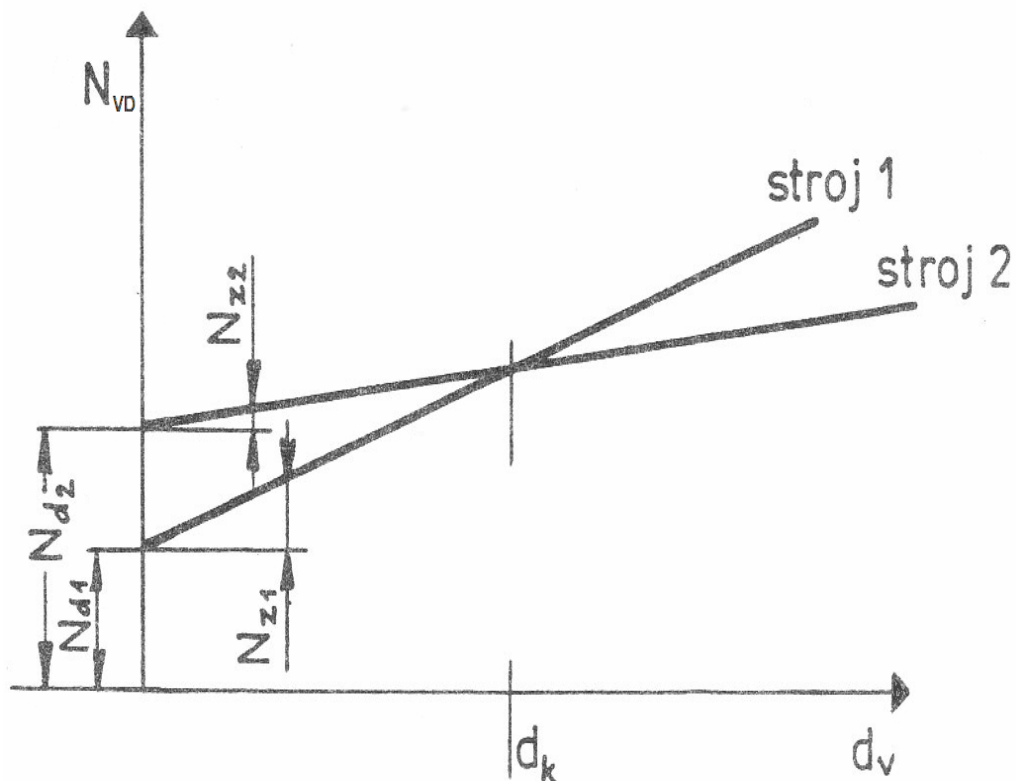
$d_v$  – velikost výrobní dávky [ks]

$u_j$  – úspory na jeden kus [Kč]

#### 4.1.1 Porovnání technologických variant výroby

Pro porovnání variant technologie výroby v závislosti na výrobních nákladech nastávají tři varianty.

- 1) Varianta pro porovnání dvou nebo více strojů univerzálních, bez použití speciálního náradí. Grafické řešení je ukázáno na obr. 4.1.



Obr. 4.1 Porovnání variant univerzálních strojů [7]

Výrobní náklady na výrobní dávku [8]:

$$N_{vd} = N_{nd} + d_v \cdot N_z \text{ [Kč]} \quad (4.5)$$

$N_{nd}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]

$N_z$  – závislé náklady na kus [Kč]

$d_v$  – velikost výrobní dávky [ks]

Při splnění podmínky  $N_{vd1} = N_{vd2}$  pak kritickou výrobní dávku spočítáme podle následujícího vztahu [8]:

$$d_k = \frac{N_{nd_2} - N_{nd_1}}{N_{z_1} - N_{z_2}} \text{ [Ks]} \quad (4.6)$$

$N_{nd}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]

$N_z$  – závislé náklady na kus [Kč]

$d_v$  – velikost výrobní dávky [ks]

Úspory na jednotku výroby [7]:

$$u_j = (N_{z_1} - N_{z_2}) - \frac{N_{nd_2} - N_{nd_1}}{d_v} \text{ [Kč]} \quad (4.7)$$

$N_{nQ1,2}$  – náklady nezávislé na celkovém výrobním množství za rok [Kč]

$N_{z1,2}$  – závislé náklady na kus [Kč]

$N_{nd1,2}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]

$d_v$  – velikost výrobní dávky [ks]

- 2) Varianta pro porovnání dvou nebo více strojů univerzálních, při použití speciálního náradí.

Opakovatelnost výroby se mění v určitém rozsahu, máme stanovit výrobní náklady v rozmezí velikosti dávky.

Roční úspory nákladů [2]:

$$N_{vd} = d_v \cdot N_z + N_{nd} + \frac{N_{nQ}}{p_d} \text{ [Kč]} \quad (4.8)$$

$d_v$  – velikost výrobní dávky [ks]

$N_z$  – závislé náklady na kus [Kč]

$N_{nd}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]

$N_{nQ}$  – náklady nezávislé na celkovém výrobním množství za rok [Kč]

$p_d$  – počet dávek (opakovatelnost), které se vyrábí za dobu použití speciálního náradí [ks]

Nezávislé náklady na celkovém výrobním množství přepočtené na výrobní dávku: [2]

$$N_{pQ} = \frac{N_{nQ}}{P_d} \quad (4.9)$$

$N_{nQ}$  – náklady nezávislé na celkovém výrobním množství za rok [Kč]  
 $P_d$  – počet dávek (opakovatelnost), které se vyrábí za dobu použití speciálního nářadí [ks]

Kritická dávka [2]:

$$d_k = \frac{(N_{nd_2} + N_{pQ_2}) - (N_{nd_1} + N_{pQ_1})}{N_{z_1} - N_{z_2}} \text{ [ks]} \quad (4.10)$$

$N_{nd1,2}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]  
 $N_{pQ1,2}$  – nezávislé náklady na celkovém výrobním množství přepočtené na výrobní dávku [Kč]  
 $N_{z1,2}$  – závislé náklady na kus [Kč]

Úspory na jednotku výroby [2]:

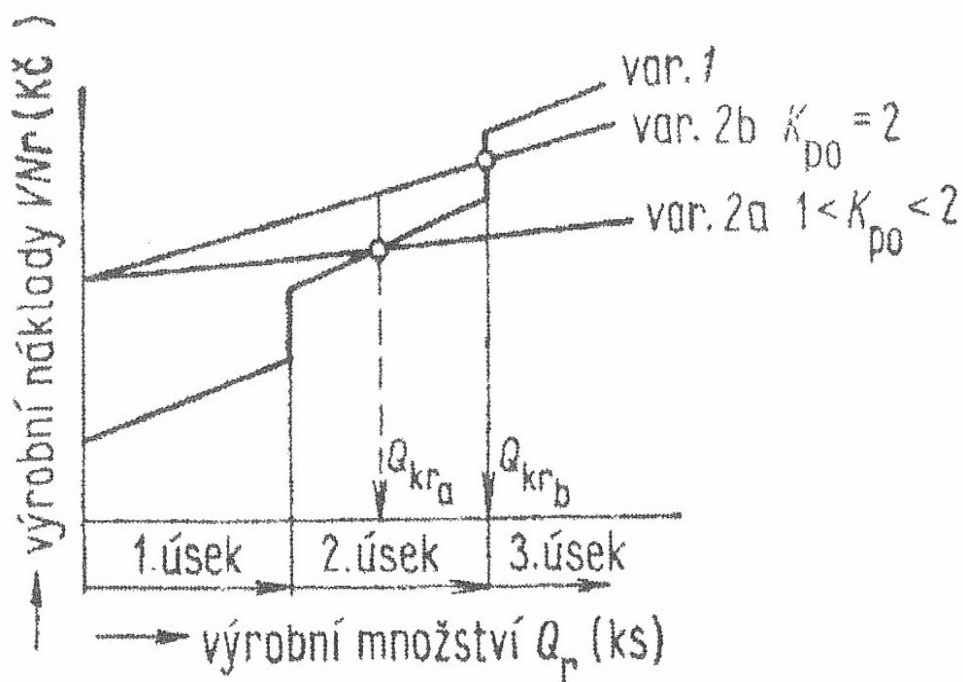
$$u_j = (N_{z_1} - N_{z_2}) - \frac{(N_{nd_2} + N_{pQ_2}) - (N_{nd_1} + N_{pQ_1})}{N_{z_1} - N_{z_2}} \text{ [Kč]} \quad (4.11)$$

$N_{z1,2}$  – závislé náklady na kus [Kč]  
 $N_{nd1,2}$  – nezávislé náklady na dávku [Kč]  
 $N_{pQ1,2}$  – nezávislé náklady na celkovém výrobním množství přepočtené na výrobní dávku [Kč]

Uvedené řešení je platné za předpokladu, že jsou mezi  $(N_{nd_2} - N_{pQ_2})$  a  $(N_{nd_1} - N_{pQ_1})$  podstatné rozdíly, tzn., že velikost výrobní dávky a celkové výrobní množství má vliv na efektivnost výroby. [2]

3) Varianta pro porovnání jednoúčelových strojů nebo linek s univerzálními stroji

Na obr. 4.2 je vyobrazena varianta při, které se porovnávají stroje, u kterých jsou podstatné rozdíly v jejich výrobnosti. Z obrázku je zřejmé, že v určitých případech mohou nastat dvě řešení. Potom kritické výrobní množství může být na hranici kapacitního úseku var. 2b a nebo uvnitř kapacitního úseku var. 2a.



Obr. 4.2 Porovnání strojů z hlediska pořizovacích nákladů a produktivity obrábění [2]

Výrobní kritické množství při porovnávání variant strojů, které se podstatě neliší ve výrobě lze vypočítat podle vztahu 4.1. Za předpokladu, že známe dobu splacení nových strojů a zařízení nebo životnost.

Roční kritické výrobní množství [2]:

$$Q_k = \frac{N_{nQr2} - N_{nQr1}}{N_{z1} - N_{z2}} \text{ [ks]} \quad (4.12)$$

$N_{nQr1,2}$  – nezávislé náklady na ročním výrobním množství za rok [ks]

$N_{z1,2}$  – závislé náklady na kus [Kč]

## 4.2 Určení velikosti výrobní dávky

Při sériové výrobě jedním ze základních úkolů je určit velikost výrobní dávky. Při tomto úkolu je potřeba zvážit celou řadu faktorů, které tuto úlohu ovlivňují, důsledky některých faktorů mohou být však protichůdné. [1]

Velikosti výrobní dávky se dá určit za pomoci tří metod [1]:

- a) Optimální výrobní dávka – výpočet na základě čistě ekonomických úvah

- b) Minimální výrobní dávka – výpočet na základě technicko-ekonomických úvah
- c) Určení velikosti výrobní dávky odborným odhadem

#### 4.2.1 Optimální velikosti výrobní dávky

U optimální velikosti výrobní dávky se zjišťuje počet vyráběných součástí, při které se dosáhne nejnižších nákladu na jednotku produkce.

Velikost optimální výrobní dávky [1]:

$$d_{v,opt} = \sqrt{\frac{2Q_p \cdot N_B}{N_j \cdot n_s \cdot t}} \quad [\text{ks}] \quad (4.13)$$

$Q_p$  – předpokládaný objem výroby součástí v plánovacím období [ks]

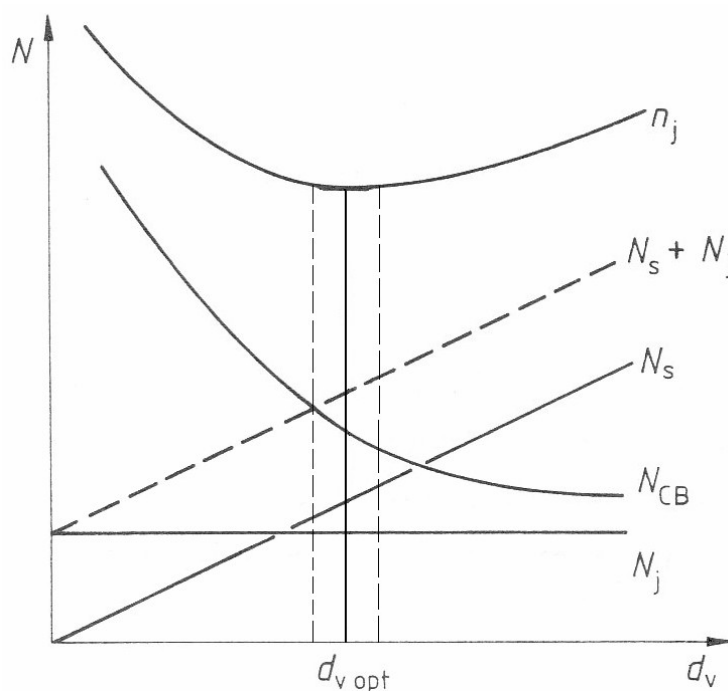
$N_B$  – náklady na přípravu, seřízení a zakončení práce na dávce [Kč]

$N_j$  – náklady na výrobu jednice v dávce, které se nemění se změnou velikosti výrobní dávky na kus [Kč]

$n_s$  – roční náklady na skladování, vyjádřené relativním údajem ze skladové hodnoty, např. v haléřích za 1 Kč zásob za rok [Kč]

$t$  – plánovací období vyjádřené zlomkem roku [rok]

Na obr. 4.3 jsou graficky znázorněny náklady v závislosti na velikosti výrobní dávky:



Obr. 4.3 Závislé náklady na velikosti výrobní dávky [1]

Náklady na jednotku produkce na kus [1]:

$$n_j = N_s + N_{CB} + N_j \text{ [Kč]}$$

$N_s$  – náklady na skladování a náklady plynoucí z vázanosti peněžních prostředků na kus [Kč] (4.14)

$N_{CB}$  – náklady na přípravu, seřízení a zakončení práce na kus [Kč]

$N_j$  – náklady na výrobu jednice v dávce, které se nemění se změnou velikosti výrobní dávky na kus [Kč]

Náklady na přípravu, seřízení a zakončení práce na kus [1]:

$$N_{CB} = \frac{N_B}{d_v} \cdot Q_p \text{ [Kč]} \quad (4.15)$$

$N_B$  – náklady na přípravu, seřízení a zakončení práce na dávce [Kč]

$d_v$  – výrobní dávka [ks]

$Q_p$  – předpokládaný objem výroby součástí v plánovacím období [Ks]

Náklady na výrobu jednice v dávce, které se nemění se změnou velikosti výrobní dávky na kus [1]:

$$N_j = N_{mzd} + N_{mat} \text{ [Kč]} \quad (4.16)$$

$N_{mzd}$  – mzdové náklady na kus [Kč]

$N_{mat}$  – materiálové náklady na kus [Kč]

Náklady na skladování a náklady plynoucí z vázanosti peněžních prostředků na kus [1]:

$$N_s = \frac{d_v \cdot N_j \cdot n_s \cdot t}{2} \text{ [Kč]}$$

$d_v$  – výrobní dávka [ks] (4.17)

$N_j$  – náklady na výrobu jednice v dávce, které se nemění se změnou velikosti výrobní dávky na kus [Kč]

$n_s$  – roční náklady na skladování, vyjádřené relativním údajem ze skladové hodnoty, např. v haléřích za 1 Kč zásob za rok [Kč]

$t$  – plánovací období, vyjádřené zlomkem roku [rok]

#### 4.2.2 Minimální velikosti výrobní dávky

Ke stanovení minimální velikosti výrobní dávky vycházíme z předpokladu maximálního využití časového fondu stroje a ze skutečnosti, že stroj působí ve výrobním procesu aktivně jen po určité části pobytu dávky součástí na dané operaci. [1]

Doba aktivního působení stroje na součást pro celou dávku [1]:

$$D_{ap} = t_{ap} \cdot d_v \text{ [min]} \quad (4.18)$$

$t_{ap}$  – čas aktivního působení stroje na jednu součást [min]

$d_v$  – výrobní dávka [ks]

V době přípravy a zakončení stroj nemůže aktivně působit na pracovní předmět, jedná se o dobu dávkové práce  $t_{B1}$ , která nezávisí na velikosti výrobní dávky. Pro dosažení vhodného využití strojů, je potřeba zajistit, aby čas dávkové práce nezabral větší než maximálně přípustný podíl z času aktivního působení stroje na pracovní předmět. Písmenkem  $k$  označení maximální přípustný podíl, který se vyjádří následujícím vztahem:

$$k = \frac{t_{B1}}{d_v \cdot t_{ap}} \text{ [-]} \quad (4.19)$$

$t_{B1}$  – čas dávkové práce [min]

$d_v$  – výrobní dávka [ks]

$t_{ap}$  – čas aktivního působení stroje na jednu součást [min]

Ze vztahu 4.19 se stanoví velikost minimální výrobní dávky  $d_{v,\min}$  [1]:

$$d_{v,\min} = \frac{t_{B1}}{k \cdot t_{ap}} \text{ [min]} \quad (4.20)$$

Vztah (4.20) platí jen pro stanovení velikosti minimální výrobní dávky pro jednu konkrétní operaci. Proto se musí vztah upravit tak, aby platil pro více operací, které se budou na jedné součástce provádět. Minimální výrobní dávka se pak určí podle vztahu [1]:

$$d_{v,\min} = \frac{\sum_{i=1}^p t_{B1_i}}{k \cdot \sum_{i=1}^p t_{ap_i}} \quad [\text{min}] \quad (4.21)$$

$t_{B1}$  – počet operací [-]

Maximální přípustný podíl  $k = 0,02$  až  $0,12$  a je stanoven empiricky ze zkušeností. [1]

### 4.3 Aplikace porovnání technologických variant výroby

Na zjednodušeném příkladě si názorně provede aplikace porovnání dvou technologických variant výroby. Příklad bude vycházet z varianty jedna, která je popsána v bodě 4.11 při které se vztahuje kritické výrobní množství k výrobní dávce, při výrobě se nepoužívá speciální nářadí. Hlavní úkol řešení je spočítat kritické výrobní množství a úspory na jeden kus při dané velikosti dávky.

Součástka se bude vyrábět soustružením a to z přířezu. V první varianta vychází, že výroba probíhá na univerzálním stroji, při druhé variantě se uvažuje výroba na poloautomatu CNC. Velikost výrobní dávky  $d_v$  je 200Ks.

#### Zadané hodnoty:

Varianta 1 – univerzální stroj:

Náklady na přímý materiál na kus	$N_{\text{mat}} = 45,6 \text{ Kč}$
Náklady na hodinu strojní práce	$N_{\text{hs}} = 265 \text{ Kč}$
Náklady seřízení stroje na hodinu	$N_{\text{bh}} = 215 \text{ Kč}$
Norma času jednotkové práce s podílem směnového času	$t_{\text{AC}} = 25 \text{ min}$
Norma času dávkového s přírážkou směnového času	$t_{\text{BC}} = 60 \text{ min}$

Varianta 2 – univerzální stroj:

Náklady na přímý materiál na kus	$N_{\text{mat}} = 45,6 \text{ Kč}$
Náklady na hodinu strojní práce	$N_{\text{hs}} = 450 \text{ Kč}$
Náklady na seřízení stroje na hodinu	$N_{\text{bh}} = 410 \text{ Kč}$
Norma času jednotkové práce s podílem směnového času	$t_{\text{AC}} = 14 \text{ min}$
Norma času dávkového s přírážkou směnového času	$t_{\text{BC}} = 90 \text{ min}$

### 4.3.1 Výpočet výrobních nákladů na výrobní dávku

Vypočítají se výrobní náklady na výrobní dávku u obou variant. Velikost výrobní dávky  $d_v$  je 200Ks. Výrobní náklady na výrobní dávku se skládají z nákladů závislých a z nákladů nezávislých. Závislé náklady se skládají z přímého materiálu a z nákladů na strojní práci. Nepřímé náklady v našem případě jsou náklady na výrobní dávku.

#### Varianta 1:

Závislé náklady  $N_z$ :

$$N_z = N_{mat} + N_{s,AC} = 45,60 + 110,42 = \underline{\underline{156,02}} \text{ [Kč]}$$

Náklady na strojní práci za čas  $t_{AC}$  na kus  $N_{s,AC}$ :

$$N_{s,AC} = t_{AC} \cdot N_{hs} = 25 \cdot \frac{265}{60} = \underline{\underline{110,42}} \text{ [Kč]}$$

Náklady nezávisle  $N_{nd}$  = náklady na výrobní dávku  $N_b$  dle (2.14)

$$N_{nd} = N_b = t_{BC} \cdot N_{bm} = 60 \cdot \frac{215}{60} = \underline{\underline{215}} \text{ [Kč]}$$

Výrobní náklady na výrobní dávku  $N_{vd}$  dle (4.5)

$$N_{vd} = N_{nd} + N_z \cdot d_v = 215 + 156,02 \cdot 200 = \underline{\underline{31\,419}} \text{ [Kč]}$$

#### Varianta 2:

Závislé náklady  $N_z$ :

$$N_z = N_{mat} + N_{s,AC} = 45,60 + 105 = \underline{\underline{150,6}} \text{ [Kč]}$$

Náklady na strojní práci za čas  $t_{AC}$  na kus  $N_{s,AC}$ :

$$N_{s,AC} = t_{AC} \cdot N_{hs} = 14 \cdot \frac{450}{60} = \underline{\underline{105}} \text{ [Kč]}$$

Náklady nezávisle  $N_{nd}$  = náklady na výrobní dávku  $N_b$  dle (2.14)

$$N_{nd} = N_b = t_{BC} \cdot N_{bm} = 90 \cdot \frac{410}{60} = \underline{\underline{615}} \text{ [Kč]}$$

Výrobní náklady na výrobní dávku  $N_{vd}$  dle (4.5)

$$N_{vd} = N_{nd} + N_z \cdot d_v = 615 + 150,6 \cdot 200 = \underline{\underline{30\,735}} \text{ [Kč]}$$

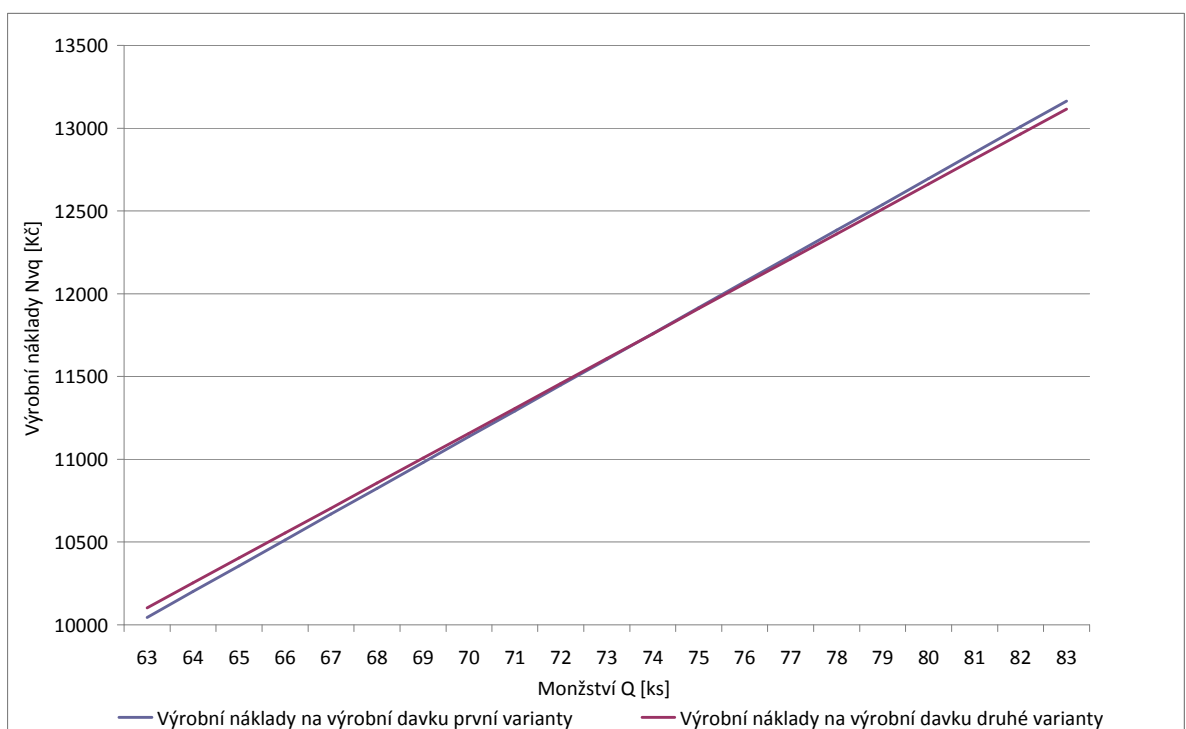
Z porovnání výrobních nákladů na výrobní dávku zjistíme, že druhá varianta vychází o 684Kč levněji než první.

#### 4.3.2 Výpočet velikosti kritické výrobní dávky

Výrobní náklady na výrobní dávku  $N_{vd}$  dle (4.5)

$$d_k = \frac{N_{nd_2} - N_{nd_1}}{N_{z_1} - N_{z_2}} = \frac{615 - 215}{156,02 - 150,6} = \underline{\underline{73,8}} \text{ [Ks]}$$

Na obr. 4.4 je vidět průsečík nákladových křivek varianty první a varianty druhé. Průsečík představuje kritickou výrobní dávku, při které dochází ke změně výhodnosti jedné či druhé varianty.



Obr. 4.4 Grafické zobrazení výrobních nákladů na množství (příloha 2)

**4.3.3 Výpočet úspory nákladu na jednotku výroby**

Při výrobě součástky za pomoci druhé varianty a velikosti výrobní dávky  $d_v = 200$  ks se šetří na jednom výrobku přibližně 3,4Kč.

Úspory nákladů na jednotku výroby  $u_j$  dle (4.6)

$$u_j = (N_{z_1} - N_{z_2}) - \frac{N_{nd_2} - N_{nd_1}}{d_v} = u_j = (156,02 - 150,6) - \frac{615 - 215}{200} = \underline{\underline{3,42}} \text{ [Kč]}$$

## ZÁVĚR

Na počátku této diplomové práci jsem provedl specifikaci nákladových položek, které vstupují do výroby a to náklady na strojní práci, na vedlejší práci, na nástroj a jeho výměnu, materiálové a režijní. V práci jsou uvedeny podrobné analýzy nákladových položek, které hlavně ovlivňují výrobu a navíc ukazatele růstu produktivity výroby a ukazatele kritického výrobního množství.

Velkou část výrobních nákladů zabírají náklady na přímý materiál. Proto je potřeba vhodně zvolit polotovary, z kterého se bude výrobek vyrábět. Díky správně zvolenému polotovaru se může dosáhnout i snížení času strojního tedy úspory nákladů na obrábění. K tomu nám slouží výpočet stupně využitelnosti materiálu. Čím je stupeň větší tím náklady na materiál, i na obrábění klesají. Nelze však zapomenout, aby v důsledku zvyšování stupně, využitelnosti materiálu náklady na takto zhotovený polovar nebyly vyšší než uspořené náklady na materiál a obrábění.

Pro ekonomické obrábění na drahých CNC strojích a za použití moderních nástrojů je zapotřebí znát optimální řezné podmínky pro každou operaci. Jen při takto vypočítaných optimálních řezných podmínkách se dá vyrábět na daných strojích efektivně a hlavně ekonomicky. Při použití nevhodných řezných podmínek dochází např. k úspoře času nebo zvýšení trvanlivosti nástroje, ale výroba na daném stroji, začíná být neekonomická.

Náklady na přímý materiál, optimalizace řezných podmínek, strojový park, stupeň mechanizace a mnoho dalších faktorů ovlivňuje růst produktivity práce. Pro dnešní výrobní podniky je ukazatel růstu produktivity práce ukazatelem, který je nutný neustále sledovat a snažit se ho navyšovat. Za pomoci zvyšování ukazatele růstu produktivity práce se firma stává více konkurenceschopná.

Pro navržení nebo obnovu strojírenské výroby nám, může posloužit ukazatel kritického výrobního množství. Za pomoci výpočtu se zjistí při jakém výrobním množství a výrobní dávce začnou být navrhované varianty efektivní. Z pravidla se navrhuje několik variant a každá varianta je efektivnější při jiném výrobním množství a dávce. Proto např. při obnově strojírenského parku je nutné zvážit, zda nová navrhovaná varianta je ekonomicky opodstatněná a přinese daný ekonomický užitek.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. KŘÍŽ, R., VÁVRA, P., Strojírenská příručka 7. svazek., 1.vyd. Praha: Scientia, spol. s.r.o, 1996. 212s. ISBN 80-7183-024-0
2. ZEMČÍK, O., Technologická příprava výroby., Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002. 158s. ISBN 80-214-2219-X
3. KOČMAN, K., PROKOP, J., Technologie výroby 2: řešené příklady. [online]. [cit. 2011-03-06]. Dostupné na World Wide Web: <[http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnVyroby\\_II.pdf](http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnVyroby_II.pdf)>.
4. MÁDL, J., KVASNIČKA, I., Optimalizace obráběcího procesu. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. 168s. ISBN 80-01-01864-6
5. KOČMAN, K., PROKOP, J., Technologie obrábění., Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 269s. ISBN 80-214-3068-0
6. MÁDL, J., Optimalizace rezných podmínek v teorii obrábění., Doplnkové skripta., Praha: Vydavatelství ČVUT, 1990. 58s. ISBN 80-01-00323-X
7. ZELENKA, A., PRECLÍK, V., HANINGER, M., Projektování výrobních procesů II (obrábění a montáže)., Praha: Vydavatelství ČVUT, 1992. 158s. ISBN 80-01-00863-0
8. ZELENKA, A., Projektování výrobních procesů a systémů., Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 136s. ISBN 978-80-01-03912-0
9. HUMÁR, A., Slinuté karbidy a rezná keramika pro obrábění., Brno: Vydalo CCB spol. s r.o., 1995. 265s. ISBN 80-85825-10-4
10. Feron, a.s. [online]. [cit. 3.4.2011] Dostupné na World Wide Web z<<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=25852>>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
$F_{E1,2}$	hod	Efektivní časový fond strojů za rok
$F_{vs2}$	hod	Roční využitelný fond stroje za rok
$Q_s$	kg	Čistá jednotková hmotnost součástky
$Q_p$	kg	Jednotková hmotnost polotovaru
$Q_o$	kg	Jednotková hmotnost hotové součástky
$Q_c$	kg	Jednotková hmotnost materiálu vkládaného do pece k ohřevu
$Q_v$	kg	Jednotková hmotnost výkovku
$Q_k$	kg	Jednotková hmotnost nevyužitého konce tyče
$Q$	ks	Celkové výrobní množství
$Q_k$	ks	Kritické výrobní množství za rok
$Q$	-	Poissonův poměr
$q_o$	kg	Jednotkové ztráty vzniklé obráběním polotovaru
$q_k$	kg	Jednotkové ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče
$q_u$	kg	Jednotkové ztráty vzniklé dělením tyčového materiálu
$q_{op}$	kg	Jednotková ztráta opalem při ohřevu
$q_v$	kg	Jednotkový odpad materiálu z výroby
$q_{prop}$	kg	Jednotkové ztráty materiálu propalem
$q_č$	kg	Jednotkové ztráty materiálu broušením odlitku
$N_b$	Kč	Náklady dávkové
$N_{bm}$	Kč	Náklady na seřízení stroje
$N_s$	Kč	Náklady na strojní práci
$N_{sm}$	Kč	Náklady na minutu strojní práce
$N_v$	Kč	Náklady na vedlejší práci
$N_T$	Kč	Náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jednu trvanlivost
$N_{NV}$	Kč	Náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jeden kus
$N_{vm}$	Kč	Náklady na minutu vedlejší práce
$N_{1pno}$	Kč	Náklady na 1 minutu provozu nástroje
$N_o$	Kč	Náklady na 1 ostření nástroje
$N_{1pbVBD}$	Kč	Náklady na 1 minutu provozu nástroje s jedním břitem VBD
$N_{1pVBD}$	Kč	Náklady na 1 minutu provozu nástroje s více břity
$N_{jom}$	Kč	Náklady na 1 cm <sup>3</sup> obrobeneho materiálu
$N_{jop}$	Kč	Náklady na 1 cm <sup>2</sup> obrobeneho povrchu obrobku
$N_{mat}$	Kč	Náklady na materiál vztažené na jeden polotovar
$N_c$	Kč	Celkové operační náklady
$N_m$	kg	Norma spotřeby materiálu

$N_p$	Kč	Náklady na výrobu polotovaru
$N_{pn}$	Kč	Náklady na zhotovení nového polotovaru
$N_{ps}$	Kč	Náklady na zhotovení stávajícího polotovaru
$N_{hs}$	Kč	Náklady na provoz stroje za hodinu
$N_{Tn}$	Kč	Náklady na provoz nástroje vztažené na jednu trvanlivost břítu
$N_{Tv}$	Kč	Náklady na výměnu nástroje
$N_{vnm}$	Kč	Náklady na výměnu nástroje
$N_{vQ}$	Kč	Výrobní náklady na celkové výrobní množství
$N_{nQ}$	Kč	Náklady nezávislé na celkovém výrobním množství za rok
$N_z$	Kč	Náklady závislé na kus
$N_{nd}$	Kč	Náklady nezávislé na dávku
$N_{v,i}$	Kč	Celkové výrobní varianty i-té varianty
$N_{nQ1,2}$	Kč	Náklady nezávislé na celkovém výrobním množství za rok
$N_{z1,2}$	Kč	Náklady závislé na kus
$N_{nd1,2}$	Kč	Náklady nezávislé na dávku
$N_{vd}$	Kč	Výrobní náklady na výrobní dávku
$N$	ks	Počet přířezů z tyčového materiálu
$N$	$\text{min}^{-1}$	Otáčky
$N$	-	Přípustný počet ostření rezného nástroje
$N_{pQ}$	Kč	Nezávislé náklady na celkovém výrobním množství přepočteny na výrobní dávku
$N_{nQr1.2}$	Kč	Nezávislé náklady na ročním výrobním množství za rok
$n_s$	ks	Počet současně obsluhovaných strojů při výrobě daného sortimentu součástí
$T$	min	Trvanlivost břítu rezného nástroje
$T_{optN}$	min	Kritérium minimálních operačních výrobních nákladů
$T_{optV}$	min	Kritérium maximální výrobnosti
$t_{ap}$	min	Čas aktivního působení stroje na jednu součást
$t_{AS}$	min	Jednotkový strojní čas
$t_{AV}$	min	Jednotkový vedlejší čas
$t_{AX}$	min	Jednotkový čas nepravidelné obsluhy
$t_o$	min	Doba obrábění
$t_{os}$	min	Čas ostření nástroje
$t_{vn}$	min	Čas na výměnu nástroje
$t_{AC}$	min	Norma času jednotkové práce s podílem směnového času na kus
$t_{AC1.2}$	min	Norma času jednotkové práce s podílem směnového času na kus
$t_{BC}$	min	Norma času dávkové práce s podílem směnového času na dávku
$t_{BC1.2}$	min	Norma času dávkové práce s podílem směnového času na dávku
$t_B$	min	Norma času dávkového

$t_{B1}$	min	Čas dávkové práce
$t_{B2}$	min	Čas dávkových obecně nutných přestávek
$t_{B3}$	min	Čas dávkových podmíněčně nutných přestávek
$t_A$	min	Norma času jednotkového
$t_{A1}$	min	Čas jednotkové práce
$t_{A2}$	min	Čas jednotkový obecně nutných přestávek
$t_{A3}$	min	Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek
$t_{AC2}$	min	Norma času jednotkové práce na kus
$t_{BC2}$	min	Norma času dávkového s směnovou přírážkou na dávku
L	mm	Dráha nástroje ve směru posuvu
L	mm	Celková délka děleného tyčového materiálu
$l_s$	mm	Délka polotovaru
L	mm	Čistá délka soustružení
$l_n$	mm	Délka náběhu
$l_p$	mm	Délka přeběhu
$V_t$	cm <sup>3</sup>	Odebraný objem třísky
$v_f$	mm	Posuvová rychlost za minutu
$l_i$	Kč	Jednorázové (investiční) náklady varianty
I	-	Počet záběrů
I	Kč	Investiční náklady
$i_p$	%	Index zvýšení produktivity práce
$a_p$	mm	Šířka záběru ostří
$\chi_r$	°	Úhel nastavení hlavního ostří
$Z_v$	-	Počet výměn nástroje vztažených na obrobení jednoho kusu
Z	kg	Ztráty materiálu při výrobě
$Z_m$	kg	Celkové jednotkové ztráty při výrobě součásti obráběním
$Z_o$	-	Počet možných přeastření nástroje
$Z_d$	-	Počet břitových destiček na nástroji
$Z_b$	-	Počet břitů na destičce
$Z_u$	-	Předpokládaný počet upnutí destiček za dobu životnosti tělesa nástroje
Ž	min	Životnost nástroje
$Z_s$	rok	Životnost stroje
T	-	Poměr dráhy nástroje ve směru posuvu a délky obráběné plochy
$M_o$	Kč	Hodinové mzdové náklady na operátora
$M_{os}$	Kč	Mzdové náklady na ostříčce za hodinu
$M_s$	Kč	Mzdové náklady na seřizovače za hodinu
M	-	Exponent z Taylorova vztahu
$D_{ap}$	min	Doba aktivního působení stroje na součást po celou dávku
$D_s$	Kč	Náklady na hodinu strojní práce
$d_k$	ks	Kritická velikost dávky
$d_v$	ks	Výrobní dávka
$D_{v,min}$	min	Minimální výrobní dávka

$C_E$	Kč	Cena spotřebovaných energií
$C_s$	Kč	Prodejní cena starých strojů
$C_s$	Kč	Cena stroje plus náklady na montáž stroje
$CFS_{EFPL}$	hod	Roční časový fond při jedné směně
$C_{mn}$	Kč	Cena monolitního nástroje
$C_{VBD}$	Kč	Cena břitové destičky
$C_n$	Kč	Cena nástroje
$C_{mat}$	Kč	Cena materiálu za kilogram
$C_{vžš}$	Kč	Cena výkupu železného šrotu za kilogram
$C_{zn}$	Kč	Zbytková cena nástroje
$C_d$	Kč	Cena břitové destičky
$C_{tn}$	Kč	Cena tělesa nástroje
$S_o$	cm <sup>2</sup>	Odebraný povrch třísky
SM	-	Směnnost
$S_b$	-	Součinitel využití břitových destiček
U	mm	Šířka řezného nástroje
$U_n$	rok	Nákladová návratnost
$U_m$	Kč	Úspory v nákladech na materiál
$U_o$	Kč	Úspory v nákladech při obrábění polotovaru
$U_R$	Kč	Úspory nákladů za rok
$U_{pn}$	Kč	Ukazatel převedených výrobních nákladů
$u_j$	Kč	Jednotkové úspory na jeden kus
$k_m$	-	Stupeň využití materiálu
$k_c$	-	Přirážka směnového času
$k_{us}$	-	Koeficient oprav a údržby stroje
$k_{vs}$	-	Koeficient časového využití stroje
$k_{ut}$	-	Koeficient údržby tělesa nástroje
$k_{po}$	-	Koeficient produktivity obrábění
$k_n$	-	Koeficient normativní ekonomické efektivity
$k_{vo}$	-	Koeficient vícestrojové obsluhy
KAP	hod	Kapacita střediska
HRP	Kč	Hodinový režijní paušál za hodinu
$HRP_{SP}$	Kč	Hodinový režijní paušál společných nákladů za hodinu
$HRP_{os}$	Kč	Režijní paušál ostřírny za hodinu
RN	Kč	Režijní náklady
$O_d$	Kč	Průměrný roční odpis nové investice
$O_s$	Kč	Odpis stroje za hodinu
$p_d$	ks	Počet dávek, které se vyrábí za dobu použití speciálního nářadí

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Vytvořený program v softwaru Microsoft Excel, který slouží pro výpočet celkových operačních nákladů. Obsahuje příslušné tabulky a grafy.
- Příloha 2 Vytvořený program v softwaru Microsoft Excel, který slouží pro výpočet kritické výrobní dávky a úspor na jednotku výroby. Obsahuje příslušné tabulky a grafy.