



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF MULTI MACHINES OPERATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**LADA MARTINCOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. JAROSLAV PROKOP, CSc.**

BRNO 2008

## *Zadání diplomové práce*

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na analýzu vícestrojové obsluhy a členění času obsluhy. Cílem práce byl návrh metodického řešení a vytvoření programu v Excelu. Práce je zaměřena na vytvoření programu ve dvou možných řešeních.

### **Klíčová slova**

Vícestrojová obsluha, členění času obsluhy jednoho stroje, metodika technologického řešení.

## **ABSTRACT**

Diploma thesis is intended on analysis of multi-machine operation and zoning of the time of attendance. The aim of the work was a device of methodical solution and creation of the program in Excel. Thesis is specialized in creation of the program in two possible solutions.

### **Key words**

Multi-machine operation, zoning of the time of attendance of the one machine, methodology of the technological solution.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MARTINCOVÁ, Lada. *Technologické aspekty vícestrojové obsluhy: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 79 s., příloh 1. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Prokop, CSc.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Technologické aspekty vícestrojové obsluhy vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 19. 5. 2008

.....

Lada Martincová

**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 .....	10
<b>1 TECHNOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY....</b>	<b>11</b>
1.1 Podstata vícestrojové obsluhy.....	11
1.2 Předpoklady realizace .....	13
1.2.1 Typizace a unifikace obráběných součástí.....	14
1.3 Uspořádání strojů na pracovišti .....	15
1.4 Technologické varianty vícestrojové obsluhy .....	16
1.4.1 Způsob práce .....	16
1.4.2 Druh organizace práce.....	17
1.4.3 Druh prováděné práce .....	17
<b>2 ČLENĚNÍ ČASU OBSLUHY JEDNOHO STROJE V SYSTÉMU</b>	
<b>VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY .....</b>	<b>19</b>
2.1 Třídění spotřeby času ve strojírenské výrobě.....	19
2.2 Skladba času obsluhy jednoho stroje .....	24
2.2.1 Čas pracovníka .....	24
2.2.2 Čas stroje.....	26
2.2.3 Čas cyklu operace .....	27
2.2.4 Zaměstnanost pracovníka.....	27
2.2.5 Čas cyklu stroje.....	28
2.2.6 Využití stroje .....	28
<b>3 METODIKA TECHNOLOGICKÉHO ŘEŠENÍ VÍCESTROJOVÉ</b>	
<b>OBSLUHY .....</b>	<b>30</b>
3.1 Časy cyklu operace jsou stejné a časy zaměstnanosti jsou stejné.....	30
3.1.1 Počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů ..	32
3.1.2 Počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů ..	34
3.1.3 Počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů ....	35
3.1.4 Technologické parametry systému vícestrojové obsluhy .....	36

3.1.4.1	Součinitel vícestrojové obsluhy $k_{v0}$ .....	36
3.1.4.2	Počet kusů obrobených za jednotku času $n_k$ .....	38
3.1.4.3	Náklady na obrobení jednoho kusu $N$ .....	38
3.2	Časy cyklu operace jsou různé a časy zaměstnanosti pracovníka jsou stejné .....	39
3.2.1	Počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů ..	41
3.2.2	Počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů ..	42
3.2.3	Počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů ....	43
3.2.4	Technologické parametry systému vícestrojové obsluhy .....	44
3.2.4.1	Součinitel vícestrojové obsluhy $k_{v0}$ .....	44
3.2.4.2	Počet kusů obrobených za jednotku času $n_k$ .....	45
3.2.4.3	Náklady na obrobení jednoho kusu $N$ .....	45
3.3	Časy cyklu operace jsou stejné a časy zaměstnanosti pracovníka jsou různé .....	46
3.3.1	Počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů ..	48
3.3.2	Počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů ..	49
3.3.3	Počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů ....	50
3.3.4	Technologické parametry systému vícestrojové obsluhy .....	51
3.3.4.1	Součinitel vícestrojové obsluhy $k_{v0}$ .....	51
3.3.4.2	Počet kusů obrobených za jednotku času $n_k$ .....	52
3.3.4.3	Náklady na obrobení jednoho kusu $N$ .....	52
3.4	Časy cyklu operace jsou různé a časy zaměstnanosti pracovníka jsou různé .....	53
3.4.1	Počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů ..	54
3.4.2	Počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů ..	55
3.4.3	Počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů ....	56
3.4.4	Technologické parametry systému vícestrojové obsluhy .....	57
3.4.4.1	Součinitel vícestrojové obsluhy $k_{v0}$ .....	57
3.4.4.2	Počet kusů obrobených za jednotku času $n_k$ .....	58
3.4.4.3	Náklady na obrobení jednoho kusu $N$ .....	58
4	KONKRETIZOVANÉ APLIKACE VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY .....	59
4.1	Shodné časy cyklu operace a shodné časy zaměstnanosti pracovníka .....	59

4.1.1 Příklady – časová analýza .....	60
4.2 Různé časy cyklu operace a shodné časy zaměstnanosti pracovníka ...	64
4.2.1 Příklady – časová analýza .....	65
Závěr.....	71
Seznam použitých zdrojů .....	72
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	73
Seznam příloh.....	79

## ÚVOD

Od první aplikace obráběcích strojů ve strojírenství se lidstvo snaží o vyšší stupeň mechanizace a automatizace těchto strojů. Postupně byly vyvinuty následující stupně mechanizace a automatizace:

- stroje s ručním přemísťováním nástroje (např. ruční vrtačka),
- stroje s ručním ovládáním (např. tlačítky, pákami),
- stroje s automatizovanými úkony,
- stroje poloautomatické (obsluha spouští cyklus a pracuje s obrobkem),
- stroje automatické (obsluha pouze dohlíží),
- automatické výrobní systémy a výrobní linky.

V současné době se ve strojírenství zvyšuje podíl strojů, které umožňují práce v automatickém chodu. Tyto stroje se přímo nabízejí pro aplikaci vícestrojové obsluhy. Tato forma práce umožňuje plně využít časové fondy obsluhujících pracovníků. Obsluhující pracovníci pak téměř „nestojí“ a nečekají na ukončení automatického chodu stroje.

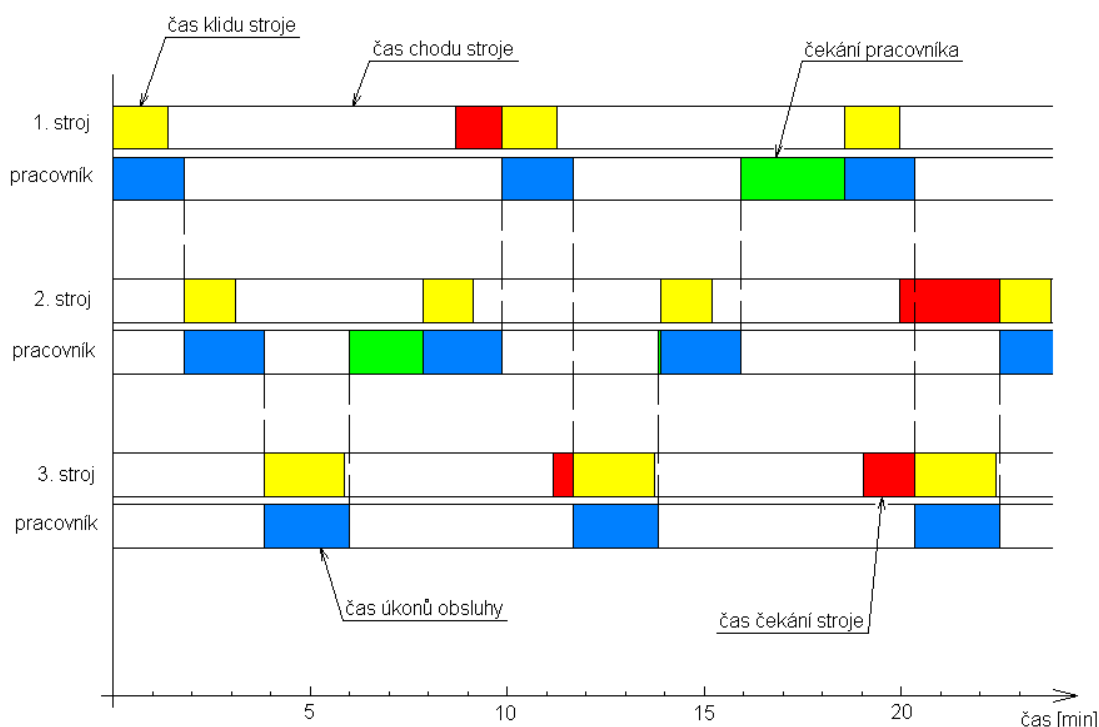
Pro aplikaci vícestrojové obsluhy jsou vhodné všechny druhy obráběcích strojů dělených podle použitelnosti: stroje univerzální, speciální a jednoúčelové.

## 1 TECHNOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY

Vícestrojová obsluha (VSO) je uplatňována v případech, kdy se objevuje dostatečně dlouhé čekání pracovníka na další práci, pracovník není plně zaměstnán a nevyužívá účelně své pracovní doby.

### 1.1 Podstata vícestrojové obsluhy

VSO je významný způsob organizace práce ve výrobních procesech, kde jsou stroje pracující převážně v automatických cyklech. Při tomto způsobu organizace jsou stroje, které pracují plně nebo částečně automaticky, spojeny do jednoho pracoviště. Aby se jednalo o VSO, musí být počet obsluhovaných strojů na pracovišti vždy větší než počet pracovníků, který takto uspořádané stroje obsluhuje. (2)



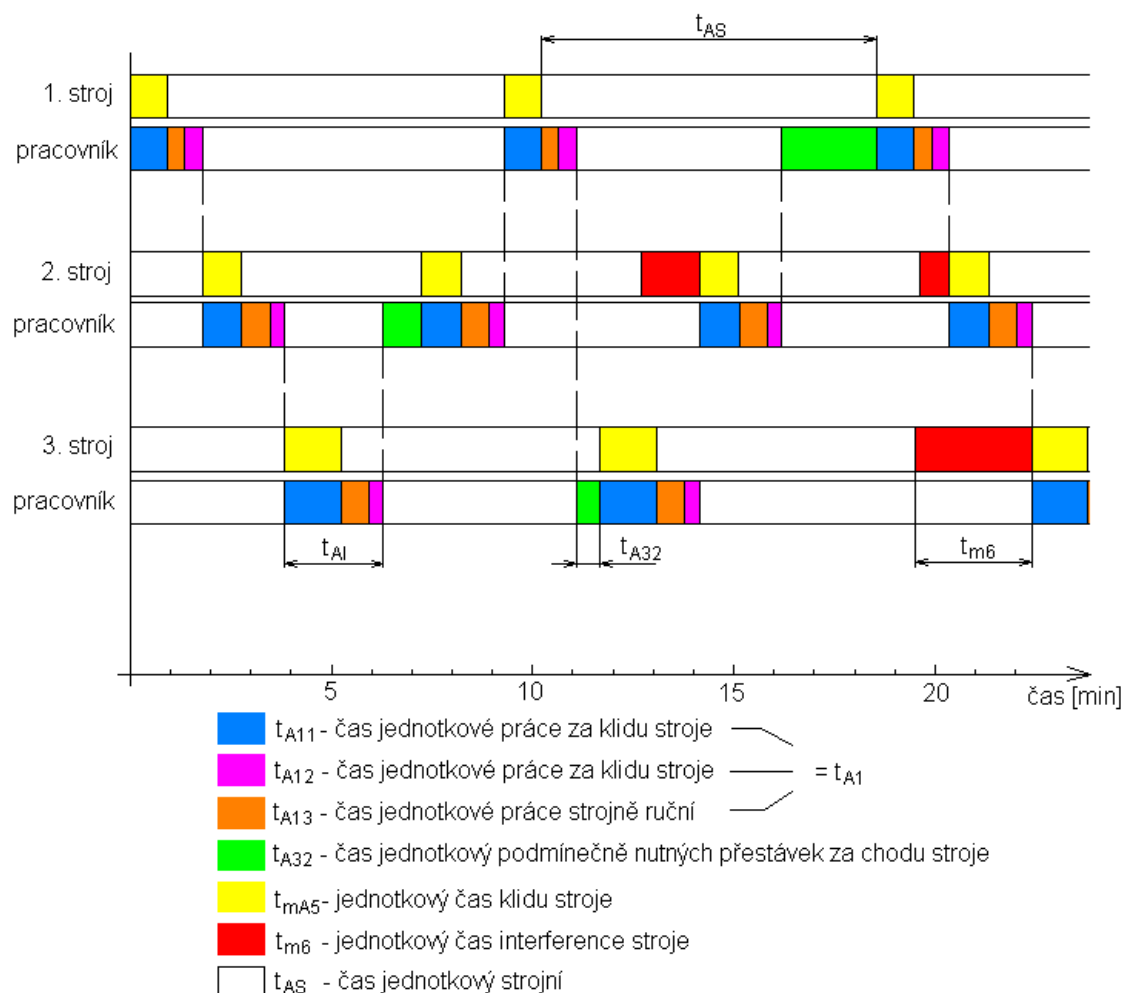
Obr. 1.1 Grafické znázornění procesu VSO a vzniku časů čekání stroje i pracovníka (2)

Souběžná obsluha několika strojů, které jsou v provozu, je založena na tom, že obsluhující pracovník, popř. skupina několika pracovníků, provádí ruč-

ní úkony na některém ze strojů, zatímco ostatní stroje zařazené do VSO pracují automaticky, obr. 1.1. (2)

Mezi ruční úkony, které vykonává obsluha, patří, např. upínání a odepínání obrobku, hrubé očištění pracovního prostoru stroje od nečistot, zejména upínací plochy, provedení strojně ručních operací, např. sražení hran na obrobku.

Při automatickém chodu stroje je pracovník u právě obsluhovaného stroje pouze po dobu, kdy je nutný aktivní dohled nad jeho chodem. Jedná se zejména o začátek automatického cyklu, kdy pracovník kontroluje, zda nedošlo k chybě v programu a zařízení pracuje tak, jak má, obr. 1.2.



Obr. 1.2 Obecné schéma VSO (2)

Význam zavádění VSO do výroby je v tom, že výrazně roste produktivita práce. (2) Zvyšuje se nejen využití pracovní doby pracovníka, ale i využití

výrobní kapacity zařízení. Snahou je zvýšit využití stroje až na 100 %, z důvodu vysokých pořizovacích nákladů stroje a následných nákladů na jeho práci. Z tohoto tvrzení lze vyvodit, je-li do systému VSO zařazen CNC stroj, musí být VSO řešena tak, aby nedošlo k čekání tohoto stroje na obsluhujícího pracovníka. Náklady na práci obsluhy jsou totiž v porovnání s náklady na práci zařízení zpravidla nižší.

## 1.2 Předpoklady realizace

Počet strojů, které jsou současně obsluhovány v rámci VSO, je závislý na délce automatického chodu stroje a na podílu práce obsluhy. Pro plánovanou realizaci VSO je nutné zajistit co největší zkrácení času práce pracovníků a co nejvhodnější podmínky obsluhy několika strojů. Z těchto důvodů je nutné provést jistá potřebná opatření na úsecích konstrukce, technologie, organizace výroby a práce i hmotné zainteresovanosti. (1)

### Předpoklady realizace

- Vhodné rozmístění strojů, které obsluze ušetří čas při přechodu od jednoho stroje k druhému.
- Optimalizace technologických podmínek, např. rychlost posuvu nástroje nebo obrobku, řezná rychlost.
- Vybavení stroje automatickými vypínači samočinného chodu, které musí zajistit automatické ukončení a přerušení automatického pracovního cyklu.
- Nejvyšší možná typizace a unifikace výrobků a jejich součástí, které v rámci VSO budou vyráběny.
- Organizační zajištění technologického procesu, např. včasné zásobování pracoviště potřebnými nástroji a přípravky, včasný přísun materiálu a odvoz hotových součástí, aby nedošlo k zastavení výroby z důvodu nedostatku polotovarů, popř. nedostatku skladovacích ploch u strojů. (1, 3)

Mimo tyto hlavní požadavky je vhodné dále uplatnit tyto zásady.

- Plánování seřizování strojů a jejich preventivní údržba a opravy v intervalech určených výrobcí strojů.
- Nejvyšší míru stejnorodosti vícestrojového souboru, tzn. přidělovat shodné, popř. obdobné, stroje i vyráběné výrobky do systému VSO; tento požadavek není nutné v plném rozsahu splnit.
- Účelné uspořádání často se opakujících ručních a strojně ručních pracovních úkonů, popř. jejich mechanizace a vybavení pracoviště vhodnými přípravky.
- Vyčlenit pracovní úkony, které přímo nesouvisí s danou operací, a tedy s prací obsluhy, např. mazání, čištění, seřizování atd. (1)

### **1.2.1 Typizace a unifikace obráběných součástí**

Typizace a unifikace patří mezi nejprogresivnější metody technologické standardizace strojírenských součástí. (4)

**Typizace** je především zaměřena na výběr hmotných objektů nebo metod práce z pohledu jejich charakteristických (typických) vlastností nebo parametrů, které optimálně splňují technické i ekonomické požadavky dané úlohy.

(4) V podstatě se jedná o:

- odstranění nadbytečné a mnohdy neúčelné různorodosti v jednotlivých typech provedení,
- určení optimálního sortimentu výrobků, montážních celků a součástí, který odpovídá funkčním, výrobním a provozním požadavkům,
- stanovení nejvýhodnějších metod práce v technické přípravě výroby, výběr typových projektů strojů, výrobních systémů, technologických metod apod. (4)

**Unifikace** je především tvarové a rozměrové sjednocení hmotných objektů, např. součástí, montážních celků apod., za účelem jejich použití (ve stejném provedení) v řadě různých nebo podobných výrobků. Unifikovat lze

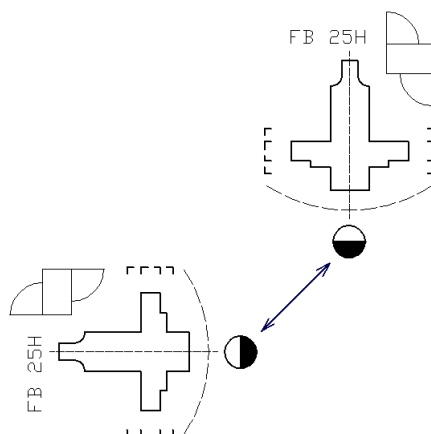
rovněž i způsoby metody práce, např. zkušební metody, postupy výroby a montáže strojních součástí atd. (4)

### 1.3 Uspořádání strojů na pracovišti

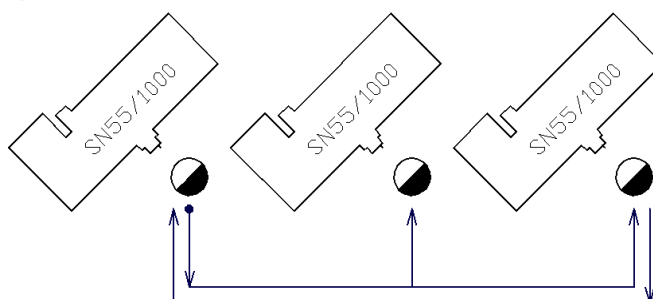
Uspořádání strojů na pracovišti zahrnutém do VSO je nutné důsledně projektově naplánovat. Vhodné uspořádání strojů umožňuje snížit dobu přechodu pracovníka mezi jednotlivými stroji na minimum. Špatné uspořádání strojů, zvláště při nulovém čekání pracovníka na ukončení automatického chodu stroje, může zhoršit využití strojů.

Příklady možných variant uspořádání strojů je uvedeno na obr 1.3 a obr. 1.4.

a)



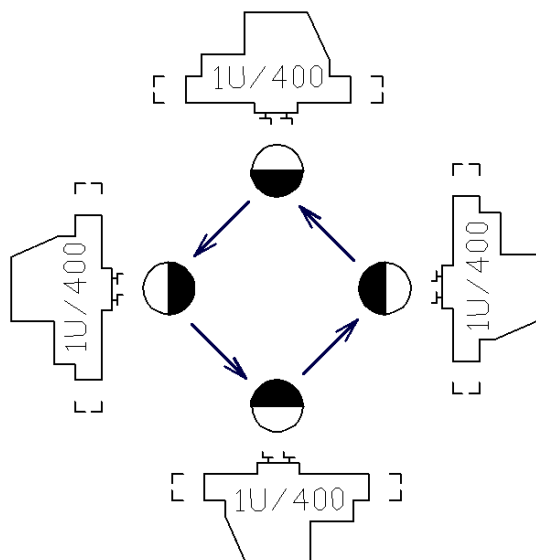
b)



Obr. 1.3 Způsoby uspořádání strojů

a) FB 25H frézka vodorovná, b) SN 55/1000 soustruh hrotový

a)



Obr. 1.4 Způsoby uspořádání strojů

a) 1U/400 bruska hrotová univerzální

Uspořádání strojů závisí na počtu obsluhovaných strojů, pořadí jejich obsluhy a stavebním uspořádání dílny. Také je třeba řídit se doporučeným umístěním jednotlivých strojů, např. soustruhy mají být umístěny pod úhlem  $45^\circ$ , kvůli lepší manipulaci s dlouhým polotovarem, v případě soustruhu osazeném průchozím vřetenem, a z důvodu vyšší bezpečnosti obsluhy.

## 1.4 Technologické varianty vícestrojové obsluhy

VSO je členěna podle různých hledisek, které dále ovlivňují následnou organizaci práce v systému VSO přímo na pracovišti. Toto členění lze rozdělit následujícím způsobem, podle:

- způsobu práce a typu výroby,
- druhu organizace práce,
- druhu prováděné práce. (1)

### 1.4.1 Způsob práce

Způsob práce je určen již technologickou přípravou výroby, a to prostřednictvím technologického postupu obráběné součásti. Rozhodujícím fakto-

rem však je, zda je součást na pracovišti VSO vyráběna *kompletně*, např. na automatech, revolvěrech atd., nebo je obráběna pouze *do určitého stadia (úseku)*, např. broušení, obrábění ozubení apod. (1)

#### **1.4.2 Druh organizace práce**

Jedná se organizaci seřizování a obsluhy stroje, která může být realizována dvěma dále uvedenými způsoby.

- a) Stroje seřizuje a obsluhuje jeden pracovník.

Tento způsob organizace klade vyšší nároky na kvalifikaci pracovníka. Tato organizace je však využita pouze v průběhu seřizování. Běžně se používá v kusové a malosériové výrobě.

- b) Stroje seřizuje seřizovač, pracovník obsluhuje stroj.

Tato organizace vyšší měrou využívá kvalifikace seřizovače, na kterého jsou kladeny vyšší požadavky, a zároveň nevyžaduje vysokou kvalifikaci obsluhy. Oproti předchozímu je v tomto případě dosaženo výhodnějších ekonomických ukazatelů, např. kvalita práce, využívání strojů, údržba strojů atd. Běžně je užívána ve velkosériové a hromadné výrobě. (1)

#### **1.4.3 Druh prováděné práce**

Do systému VSO je třeba vybrat vhodné součásti. Při jejich výběru je přihlíženo ke:

- *geometrickým tvarům součástí,*
- *použitému materiálu,*
- *předepsané technologii.* (1)

Z tohoto vyplývají různé varianty práce, které je možné dělit podle druhu stroje, operace a součásti.

- Na stejných strojích se uskutečňují technologicky stejné operace na stejných součástech.

Nejjednodušší způsob s malými nároky na organizaci. (1) Jedná se, např. o výrobu hřídelů. Uplatnění v sériové a hromadné výrobě.

- Na stejných strojích se uskutečňují technologicky stejné operace na různých součástech.

Je nutné vhodně uspořádat pracoviště podle vyráběných detailů. Tento typ je náročnější na organizaci práce, přesun materiálu, nástrojů, přípravků atd. Jedná se, např. o výrobu ozubení. (1) Uplatnění v malosériové a sériové výrobě.

- Na různých strojích se uskutečňují technologicky různé operace na stejných součástech.

Vyžaduje dobrou organizaci výroby a organizaci pracoviště, které umožňuje VSO. Tento způsob klade vyšší nároky na obsluhu. (1) Jedná se, např. o výrobu hřídelů, kdy se na soustruhu provádí soustružení funkčních ploch a na frézce se realizuje frézování drážek pro pero. Uplatnění v sériové a hromadné výrobě.

- Na různých strojích se uskutečňují technologicky různé operace na různých součástech.

Tento způsob je z uvedených nejnáročnější na organizaci práce, např. přesun materiálu atd. Jsou vyšší nároky na technologii a kvalifikaci dělníka. (1) Jedná se, např. o výrobu ozubení a broušení rovinných ploch na skříňovitých součástech.

Speciálním případem této varianty práce je *náhodná obsluha strojů s náhodným obsazením strojů operacemi*.

Tento způsob je zejména uplatňován v kusové a malosériové výrobě, kde nelze s dostatečným předstihem před vlastní výrobou určit, jaké součástky budou na jednotlivých strojích obráběny. Obsazení jednotlivých strojů je tedy z větší části věcí náhody. (2)

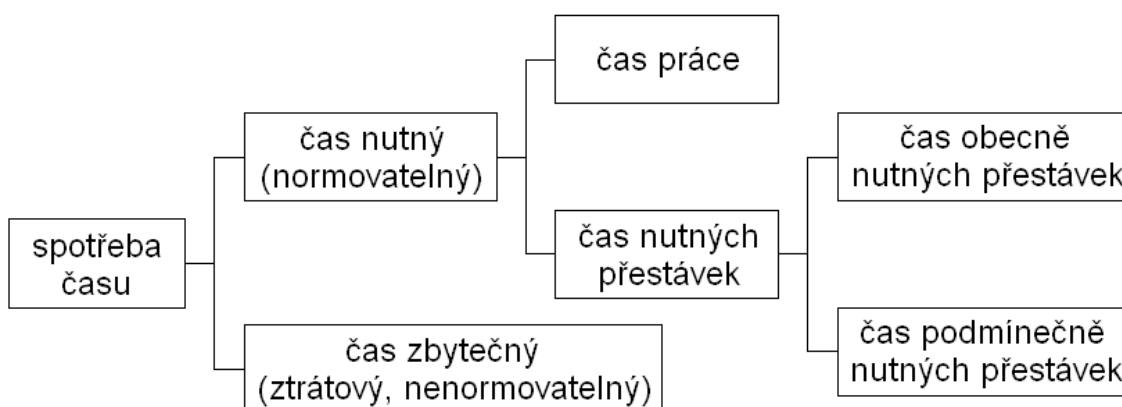
## 2 ČLENĚNÍ ČASU OBSLUHY JEDNOHO STROJE V SYSTÉMU VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY

Při charakteristice časů, které se objevují v systému VSO, lze využít zjednodušení, kdy jsou nejprve určeny časy, které se uplatňují při obsluze jednoho stroje. Tímto postupem jsou určeny časy, které jsou realizovány při obsluze více strojů.

### 2.1 Třídění spotřeby času ve strojírenské výrobě

Výrobní a pracovní proces je charakterizován spotřebou času, která je měřítkem kvality organizace práce. Spotřeba času je zkoumána z hlediska základních činitelů výrobního procesu, kterými jsou pracovník, pracovní prostředek (výrobní zařízení) a předmět práce (výrobek). Hlediska pracovníka a pracovního prostředku jsou buď shodná, jedná-li se o obsluhu jednoho stroje jedním pracovníkem, nebo se mohou lišit, jedná-li se o VSO. (4)

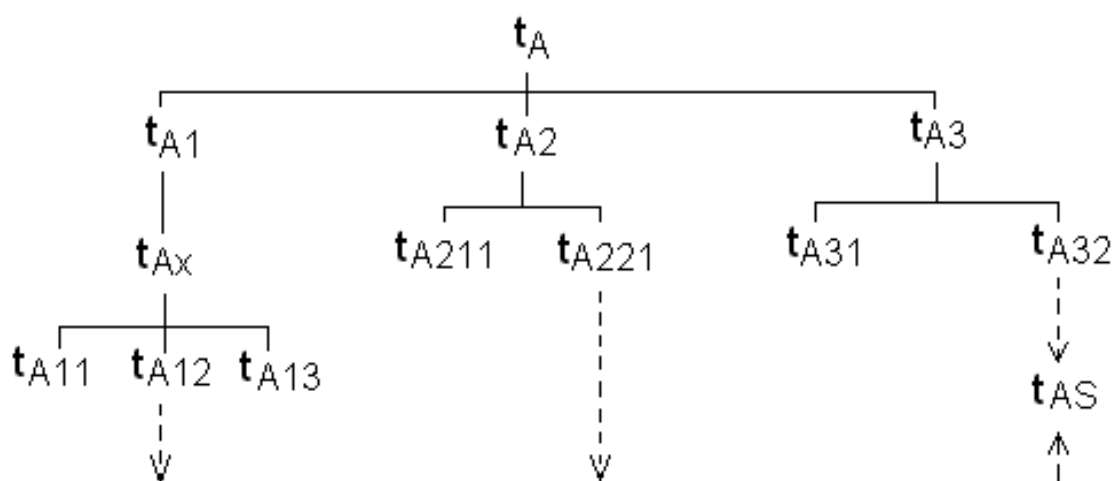
Čas vynakládaný na pracovní proces uskutečňovaný pracovníkem se člení (obr. 2.1) na *čas nutný* (normovatelný), který je potřebný pro uskutečnění práce, a *čas ztrátový* (nenormovatelný), který není potřebný pro uskutečnění práce. (5)



Obr. 2.1 Základní schéma třídění spotřeby času (4, 6)

Jednotlivé části nutného času se člení v závislosti na tom, vůči čemu jsou vztahovány (počet zpracovaných kusů, počet zpracovaných dávek, jsou-li vázány na směnu).

**Čas jednotkový** ( $t_A$ ), jehož členění je uvedeno na obr. 2.2, je vztahován na jednotku produkce (ks, m, m<sup>2</sup>, kg apod.)



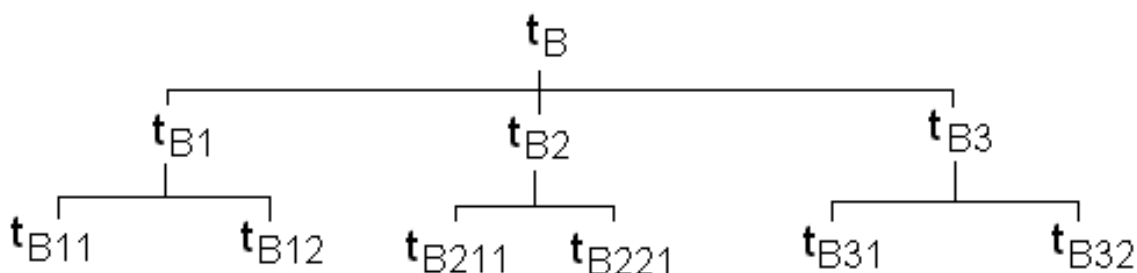
- $t_A$  – čas jednotkový
- $t_{A1}$  – čas jednotkové práce
- $t_{Ax}$  – čas jednotkové nepravidelné obsluhy
- $t_{A11}$  – čas jednotkové práce za klidu stroje
- $t_{A12}$  – čas jednotkové práce za chodu stroje
- $t_{A13}$  – čas jednotkové práce strojně ruční
- $t_{A2}$  – čas jednotkový obecně nutných přestávek
- $t_{A211}$  – čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu stroje
- $t_{A221}$  – čas jednotkový obecně nutných přestávek za chodu stroje
- $t_{A3}$  – čas jednotkový podmíněně nutných přestávek
- $t_{A31}$  – čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za klidu stroje
- $t_{A32}$  – čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje
- $t_{AS}$  – čas jednotkový strojní

Obr. 2.2 Schéma normy jednotkového času (3, 6)

- Čas jednotkové práce ( $t_{A1}$ ) zahrnuje úkony bezprostředně spojené s vykonáním operace, které musí být provedeny u každého kusu, např. čas na opracování součásti, čas upínání a odepínání součásti.

- Čas jednotkový obecně nutných přestávek ( $t_{A2}$ ) je určený na oddech pracovníka.
- Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek ( $t_{A3}$ ) je čas čekání pracovníka na ukončení automatického chodu zařízení. (4)

**Čas dávkový** ( $t_B$ ), jehož členění je zobrazeno na obr. 2.3, je vztahován k výrobní dávce, na jejíž velikosti nezáleží.

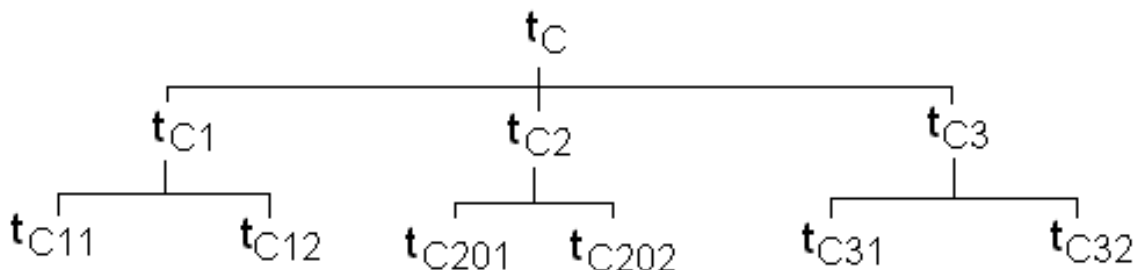


- $t_B$  – čas dávkový
- $t_{B1}$  – čas dávkové práce
- $t_{B11}$  – čas dávkové práce za klidu stroje
- $t_{B12}$  – čas dávkové práce za chodu stroje
- $t_{B2}$  – čas dávkový obecně nutných přestávek
- $t_{B211}$  – čas dávkový obecně nutných přestávek za klidu stroje
- $t_{B221}$  – čas dávkový obecně nutných přestávek za chodu stroje
- $t_{B3}$  – čas dávkový podmíněčně nutných přestávek
- $t_{B31}$  – čas dávkový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje
- $t_{B32}$  – čas dávkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje

Obr. 2.3 Schéma třídění dávkového času (3)

- Čas dávkové práce ( $t_{B1}$ ) je čas úkonů, které jsou nutné k přípravě a zakončení práce na jedné výrobní dávce, např. převzetí pracovních instrukcí, seřízení stroje, vyplnění pracovního lístku apod.
- Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek ( $t_{B3}$ ) zahrnuje, např. čekání pracovníka na jeřáb, pokud musí manipulovat s těžkými obrobky. (3)

**Čas směnový** ( $t_C$ ), jehož členění je uvedeno na obr. 2.4, je vztahován ke směně.



- $t_C$  – čas směnový
- $t_{C1}$  – čas směnové práce
- $t_{C11}$  – čas směnové práce za klidu stroje
- $t_{C12}$  – čas směnové práce za chodu stroje
- $t_{C2}$  – čas směnový obecně nutných přestávek
- $t_{C201}$  – čas směnový obecně nutných pravidelných přestávek
- $t_{C202}$  – čas směnový obecně nutných nepravidelných přestávek
- $t_{C3}$  – čas směnový podmíněčně nutných přestávek
- $t_{C31}$  – čas směnový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje
- $t_{C32}$  – čas směnový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje

Obr. 2.4 Schéma třídění směnového času (3)

- Čas směnové práce ( $t_{C1}$ ) je zejména čas na uspořádání pracoviště na počátku směny a čas na úklid pracoviště na konci směny. V nepřetržité výrobě je jedná o čas na převzetí a předání práce.
- Čas směnový obecně nutných přestávek ( $t_{C2}$ ) je čas určený na jídlo a přirozené potřeby. (3)

**Časy ztrátové** ( $t_Z$ ) jsou takové, které byly z pohledu pracovního cyklu spotřebovány zbytečně. Dělí se podle příčiny, která je způsobila.

Ztráty osobní ( $t_D$ ) – jsou způsobeny pracovníkem. Podle podílu pracovníka na jejich vzniku se rozlišují na:

- zaviněné ( $t_{D1}$ ) – vznikají v důsledku porušení pracovní kázně, např. pozdní příchod, oprava neshodných výrobků,

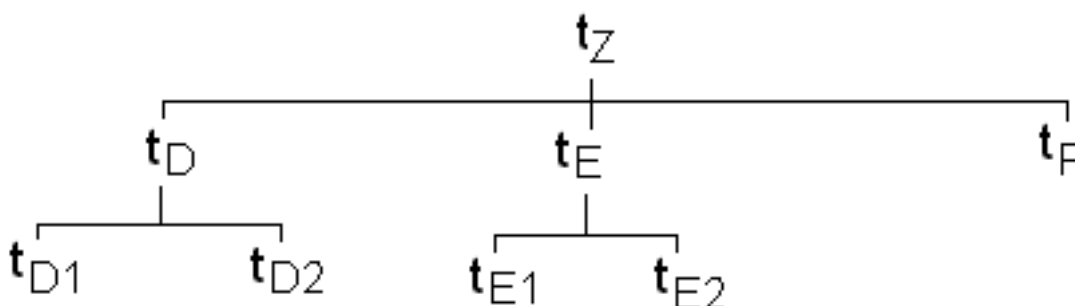
- nezaviněné ( $t_{D2}$ ) – vznikají bez zavinění pracovníka, např. ošetření drobného poranění. (5)

Ztráty technicko-organizační ( $t_E$ ) – jsou způsobeny nedostatky v organizaci výroby, mohou být způsobeny:

- víceprací ( $t_{E1}$ ) – např. oprava vlivem vadné činnosti zařízení nebo vadného materiálu,
- čekáním ( $t_{E2}$ ) – např. čekání na seřízení nebo opravu stroje. (5)

Ztráty v důsledku působení vyšší moci ( $t_F$ ) – např. ztráty v důsledku živelných událostí. (5)

Grafické schéma rozdělení času ztrát je na obr. 2.5.



- $t_Z$  – čas ztrát  
 $t_D$  – čas ztrát osobních  
 $t_{D1}$  – čas ztrát osobních zaviněných  
 $t_{D2}$  – čas ztrát osobních nezaviněných  
 $t_E$  – čas ztrát technicko-organizačních  
 $t_{E1}$  – čas ztrát technicko-organizačních způsobených víceprací  
 $t_{E2}$  – čas ztrát technicko-organizačních způsobených čekáním  
 $t_F$  – čas ztrát v důsledku působení vyšší moci

Obr. 2.5 Schéma třídění času ztrát (4)

## 2.2 Skladba času obsluhy jednoho stroje

### 2.2.1 Čas pracovníka

Čas jednotkový  $t_A$  (3)

$$t_A = t_{A1} + t_{A2} + t_{A3}, \quad (2.1)$$

kde  $t_{A1}$  je čas jednotkové práce

$t_{A2}$  čas jednotkový obecně nutných přestávek

$t_{A3}$  čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek

Čas jednotkové práce  $t_{A1}$  (3)

$$t_{A1} = t_{A11} + t_{A12} + t_{A13}, \quad (2.2)$$

kde  $t_{A11}$  je čas jednotkové práce za klidu stroje

$t_{A12}$  čas jednotkové práce za chodu stroje

$t_{A13}$  čas jednotkové práce strojně ruční

Čas jednotkové práce za klidu stroje zahrnuje, např. čištění pracovní plochy stroje, upínání a odepínání obrobku nebo měření. (4)

Čas jednotkové práce za chodu stroje zahrnuje úkony, které obsluha vykonává během automatického chodu stroje, např. dohled nebo aktivní pozorování prováděné práce, kontrolní měření rozměrů předchozího obráběného kusu, upínání součástí na trn atd. (4)

Čas jednotkové práce strojně ruční zahrnuje čas samotného obrábění součásti, kdy hlavní řezný pohyb je zpravidla vykonáván strojem (rotace obrobku nebo nástroje) a posuv do řezu vykonává obsluha stroje, např. při vrtání, zkosení hran atd. (4)

Čas jednotkový obecně nutných přestávek  $t_{A2}$  (4)

$$t_{A2} = t_{A211} + t_{A221}, \quad (2.3)$$

kde  $t_{A211}$  je čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu stroje

$t_{A221}$  čas jednotkový obecně nutných přestávek za chodu stroje

Čas jednotkový obecně nutných přestávek je určen, např. na oddech pracovníka, je dán zákonem nebo interními podnikovými předpisy o bezpečnosti práce.

Čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu stroje obvykle vzniká při práci na stroji, který neumožňuje práci v automatickém cyklu, popř. u činností, které vyžadují plnou účast pracovníka na prováděné práci. (4)

Jestliže stroj umožňuje práci v automatickém cyklu, lze tohoto času využít kromě aktivního pozorování také pro oddech pracovníka, v takovém případě se jedná o čas jednotkový obecně nutných přestávek za chodu stroje. (4)

Při realizaci VSO lze předpokládat, že uvedený čas bude nabývat nulových hodnot: (3)

$$t_{A2} = 0 \quad (2.4)$$

Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek  $t_{A3}$  (3)

$$t_{A3} = t_{A31} + t_{A32}, \quad (2.5)$$

kde  $t_{A31}$  je čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje

$t_{A32}$  čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje

Ve strojírenské praxi se převážně vyskytuje čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje, kdy pracovník čeká až bude moci vykonat technologické činnosti v operaci. (4)

Při realizace VSO je zpravidla uplatněn pouze čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje, čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za klidu stroje nabývá nulových hodnot:

$$t_{A31} = 0 \quad (2.6)$$

Dosazením rovnic (2.2–2.6) do (2.1) získáme čas jednotkový:

$$t_A = t_{A11} + t_{A12} + t_{A13} + t_{A32} \quad (2.7)$$

Obsluha dalších strojů, tedy aplikace VSO, lze realizovat v jediném možném čase, který je nevyužitý, a to v čase  $t_{A32}$ . (3)

### 2.2.2 Čas stroje

Jednotkový čas stroje  $t_{mA}$  (3, 4)

$$t_{mA} = t_{mA5} + t_{mA4} + t_{mA6}, \quad (2.8)$$

kde  $t_{mA5}$  je jednotkový čas klidu stroje

$t_{mA4}$  jednotkový čas chodu stroje

$t_{mA6}$  jednotkový čas interference stroje

Jednotkový čas klidu stroje představuje čas, kdy pracovník provádí upínání a odepínání obrobku, očištění stroje od třísek, seřízení stroje apod. (4)

Jednotkový čas chodu stroje  $t_{mA4}$  (3)

$$t_{mA4} = t_{mA41} + t_{mA42}, \quad (2.9)$$

kde  $t_{mA41}$  je jednotkový čas hlavního chodu stroje

$t_{mA42}$  jednotkový čas pomocného chodu stroje

Čas hlavního chodu stroje je čas, který je využit na obrábění, tedy odebrání třísek a z toho plynoucí přetváření součástky. Tento čas lze dále dělit na čas automatického chodu a čas řízeného chodu (čas strojně ruční). (4)

Čas pomocného chodu stroje je čas, kdy stroj třísku neodebírání (pracuje naprázdno), kdy jsou přemísťovány suporty, stůl, nástroje apod. (3)

Jednotkový čas interference stroje  $t_{m6}$ 

Čas interference představuje čas, kdy stroj nepracuje, protože „čeká“ na příchod obsluhujícího pracovníka. Proto v případě, že je řešena obsluha jednoho stroje, je tento čas nulový: (3)

$$t_{mA6} = 0 \quad (2.10)$$

Dosazením rovnice (2.10) do (2.8) získáme rovnici: (3)

$$t_{mA} = t_{mA5} + t_{mA4} \quad (2.11)$$

**2.2.3 Čas cyklu operace**Čas cyklu operace, při obsluze jednoho stroje  $t_{co}$ 

Je to uzavřený sled pracovních úkonů a času jednotkového podmíněčně nutných přestávek, který je seřazen takovým způsobem, že zahrnuje právě jednu ukončenou operaci. (1)

Z toho plyne: (3)

$$t_{co} = t_A \quad (2.12)$$

Po dosazení rovnice (2.7): (3)

$$t_{co} = t_{A11} + t_{A12} + t_{A13} + t_{A32} \quad (2.13)$$

**2.2.4 Zaměstnanost pracovníka**Čas zaměstnanosti pracovníka  $t_z$ 

Tímto časem se rozumí zaměstnání pracovníka obsluhováním stroje, tedy: (3)

$$t_z = t_{A1} \quad (2.14)$$

Dosazením (2.2) získáme vztah: (3)

$$t_z = t_{A11} + t_{A12} + t_{A13} \quad (2.15)$$

Součinitel zaměstnanosti pracovníka  $k_z$ 

Vyjadřuje zaměstnanost pracovníka nebo skupiny pracovníků během operace probíhající na jednom stroji. (1)

Tedy lze říci: (3)

$$k_z = \frac{t_z}{t_{co}} \quad (2.16)$$

Po dosažení (2.13 a 2.15) platí: (3)

$$k_z = \frac{t_{A11} + t_{A12} + t_{A13}}{t_{A11} + t_{A12} + t_{A13} + t_{A32}} \quad (2.17)$$

V tomto případě, kdy je řešena obsluha jednoho stroje jedním pracovníkem platí:

$$k_z \leq 1 \quad (2.18)$$

V případě, že je součinitel zaměstnanosti roven 1, nelze VSO realizovat, pracovník je plně zaměstnán. (3)

**2.2.5 Čas cyklu stroje**

Čas cyklu stroje  $t_{cs}$  představuje čas práce stroje za klidu a za chodu. (3)

$$t_{cs} = t_{mA5} + t_{mA4} \quad (2.19)$$

**2.2.6 Využití stroje**Čas využití stroje  $t_{vs}$ 

Při obsluze jednoho stroje odpovídá času cyklu stroje: (3)

$$t_{vs} = t_{mA5} + t_{mA4} \quad (2.20)$$

Součinitel využití stroje  $k_{vs}$ 

Vyjadřuje využití stroje při obsluze jednoho stroje. Z toho plyne: (3)

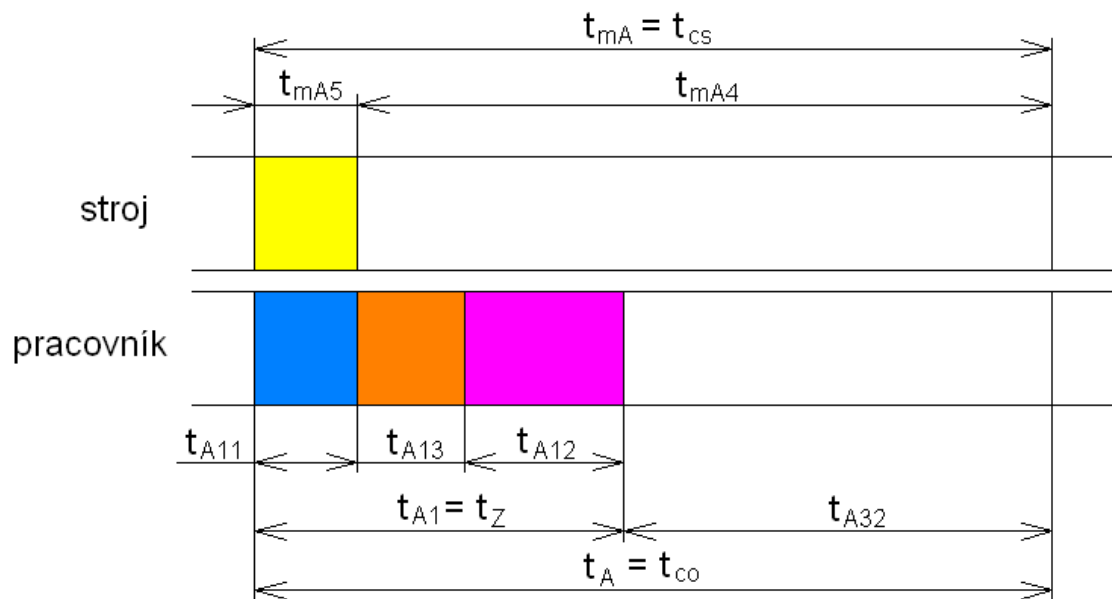
$$k_{vs} = \frac{t_{vs}}{t_{mA}} \quad (2.21)$$

Po dosažení (2.19 a 2.20): (3)

$$k_{vs} = \frac{t_{mA5} + t_{mA4}}{t_{mA5} + t_{mA4}} \quad (2.22)$$

Při obsluze jednoho stroje je součinitel využití stroje vždy roven 1. (3)

Grafické znázornění analýzy času je na obr. 2.6.



Obr. 2.6 Analýza času při obsluze jednoho stroje v systému VSO (3)

### 3 METODIKA TECHNOLOGICKÉHO ŘEŠENÍ VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY

VSO je nejčastěji zaváděna u operací s pravidelným cyklem obsluhy, kde mohou vzniknout následující možnosti relací mezi časy:

- časy cyklu operace jsou stejné a časy zaměstnanosti pracovníka jsou stejné,
- časy cyklu operace jsou různé, časy zaměstnanosti pracovníka jsou stejné,
- časy cyklu operace jsou stejné, časy zaměstnanosti pracovníka jsou různé,
- časy cyklu operace jsou různé a časy zaměstnanosti pracovníka jsou různé. (3)

#### 3.1 Časy cyklu operace jsou stejné a časy zaměstnanosti pracovníka jsou stejné

Typickým představitelem použití tohoto řešení je VSO, kdy je realizována práce na stejných strojích, na kterých jsou prováděny technologicky stejné operace na stejných součástech.

##### Výchozí úvahy

Počet strojů zařazených do VSO je roven  $m$ . Jeho hodnota patří do množiny přirozených čísel,  $m$  nabývá hodnot (1, 2 ... i). (3)

Pro jednotlivé stroje zařazené do VSO platí, že časy cyklu operace  $t_{co}$ , časy cyklu stroje  $t_{cs}$ , součinitele využití stroje  $k_{vs}$ , časy zaměstnanosti pracovníka  $t_z$  a součinitele zaměstnanosti pracovníka  $k_z$  jsou u jednotlivých strojů stejné. (3)

Lze tedy říci: (3)

$$t_{co(1)} = t_{co(2)} = \dots = t_{co(i)} = t_{co} \quad (3.1)$$

$$t_{cs(1)} = t_{cs(2)} = \dots = t_{cs(i)} = t_{cs} \quad (3.2)$$

$$k_{vs(1)} = k_{vs(2)} = \dots = k_{vs(i)} = k_{vs} \quad (3.3)$$

$$t_{z(1)} = t_{z(2)} = \dots = t_{z(i)} = t_z \quad (3.4)$$

$$k_{z(1)} = k_{z(2)} = \dots = k_{z(i)} = k_z \quad (3.5)$$

Čas zaměstnanosti pracovníka při obsluze  $m$  strojů  $t_{zm}$  (3)

$$t_{zm} = m \cdot t_z \quad (3.6)$$

Součinitel zaměstnanosti pracovníka při obsluze  $m$  strojů  $k_{zm}$

Součinitel zaměstnanosti pracovníka odpovídá součtu zaměstnanosti pracovníka na jednotlivých obsluhovaných strojích. V řešeném případě dochází ke zjednodušení: (3)

$$k_{zm} = m \cdot k_z \quad (3.7)$$

Vždy musí platit: (3)

$$k_{zm} \leq 1 \quad (3.8)$$

Pokud (3.8) neplatí, je v dalších výpočtech použito hodnoty  $k_{zm} = 1$ , je tedy počítáno s plným využitím pracovníka. Protože došlo ke zmenšení vypočtené hodnoty, je třeba počítat s výskytem času interference stroje. (3)

Teoretický počet obsluhovaných strojů  $m_t$  ve vícestrojové obsluze

Teoretický počet obsluhovaných strojů je závislý na poměru času cyklu operace při obsluze jednoho stroje a času zaměstnanosti pracovníka při obsluze jednoho stroje. (3)

$$m_t = \frac{t_{co}}{t_z} \quad (3.9)$$

nebo při dosažení (2.16): (6)

$$m_t = \frac{1}{k_z} \quad (3.10)$$

Pro realizaci VSO je třeba, aby platilo:

$$t_{co} \geq t_z \quad (3.11)$$

Při platnosti (3.11) a jejím dosažením do (3.10):

$$m_t \geq 1 \quad (3.12)$$

Teoretický počet obsluhovaných strojů může nabývat celých nezáporných čísel, různých od nuly.

#### Počet obsluhovaných strojů $m$

Počet obsluhovaných strojů je určen v závislosti na vypočítaném teoretickém počtu strojů zahrnutých do VSO. (3, 4, 6)

Obecně mohou nastat tři případy: (3, 4, 6)

$$m = m_t \quad (3.13)$$

$$m < m_t \quad (3.14)$$

$$m > m_t \quad (3.15)$$

#### **3.1.1 Počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů**

Tento případ nastane, když je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka roven času cyklu operace. Teoretický počet strojů  $m_t$  se rovná přiřazenému číslu. V daném případě je dáno několik vstupních podmínek.

##### Čas cyklu operace při obsluze $m$ strojů $t_{com}$ (3)

$$t_{com} = m \cdot t_z \quad (3.16)$$

##### Čas zaměstnanosti pracovníka při obsluze $m$ strojů $t_{zm}$ (3)

$$t_{zm} = m \cdot t_z \quad (3.17)$$

Součinitel zaměstnanosti pracovníka při obsluze  $m$  strojů  $k_{zm}$ 

Pracovník je plně využit. (3)

$$k_{zm} = 1 \quad (3.18)$$

Součinitel využití strojů při obsluze  $m$  strojů  $k_{vsm}$ 

Součinitel využití strojů při obsluze  $m$  strojů je shodný se součinitelem využití jednotlivých strojů. (3)

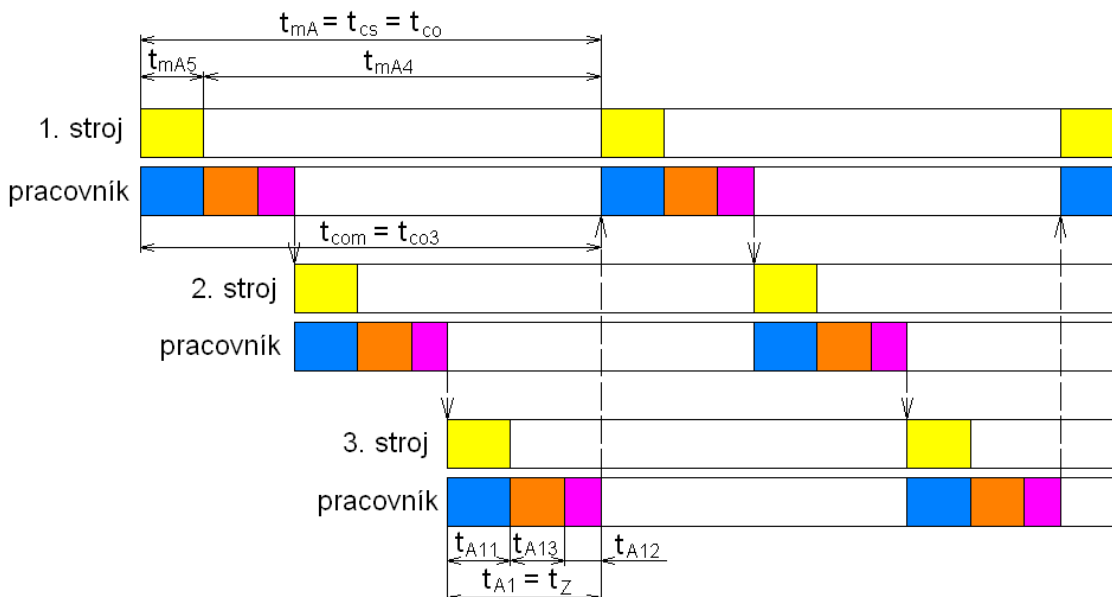
V řešeném případě jsou stroje zahrnuté do VSO plně využity. (3)

$$k_{vsm} = k_{vs} = 1 \quad (3.19)$$

Jednotkový čas stroje, čas cyklu stroje, čas cyklu operace jednotlivých strojů a čas cyklu operace  $m$  strojů jsou u všech strojů zařazených do VSO shodné.

$$t_{mA} = t_{cs} = t_{co} = t_{com} \quad (3.20)$$

Pro rovnici (3.13), a tedy pro tento případ je zobrazení diagramu VSO na obr. 3.1.



Obr. 3.1 Diagram VSO pro  $m_t = m = 3$ ,  $t_{cs} = t_{co} = t_{com}$  (3)

### 3.1.2 Počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů

Tento případ nastane, jestliže je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka menší než čas cyklu operace. Teoretický počet strojů  $m_t$  je kladné racionální číslo, různé od nuly. Následuje určení  $m$  jako nejbližšího nižšího celého kladného čísla k hodnotě teoretického počtu strojů. Řešený případ je charakterizován těmito vstupními podmínkami.

#### Součinitel využití strojů při obsluze $m$ strojů $k_{vsm}$

Stroje jsou plně využity. (3)

$$k_{vsm} = 1 \quad (3.21)$$

#### Součinitel zaměstnanosti pracovníka při obsluze $m$ strojů $k_{zm}$

Pracovník není plně zaměstnán. (3)

$$k_{zm} < 1 \quad (3.22)$$

Z důvodu platnosti (3.22) se realizuje čas jednotkový podmínečně nutných přestávek za chodu, pracovník tedy čeká na ukončení pracovního cyklu stroje.

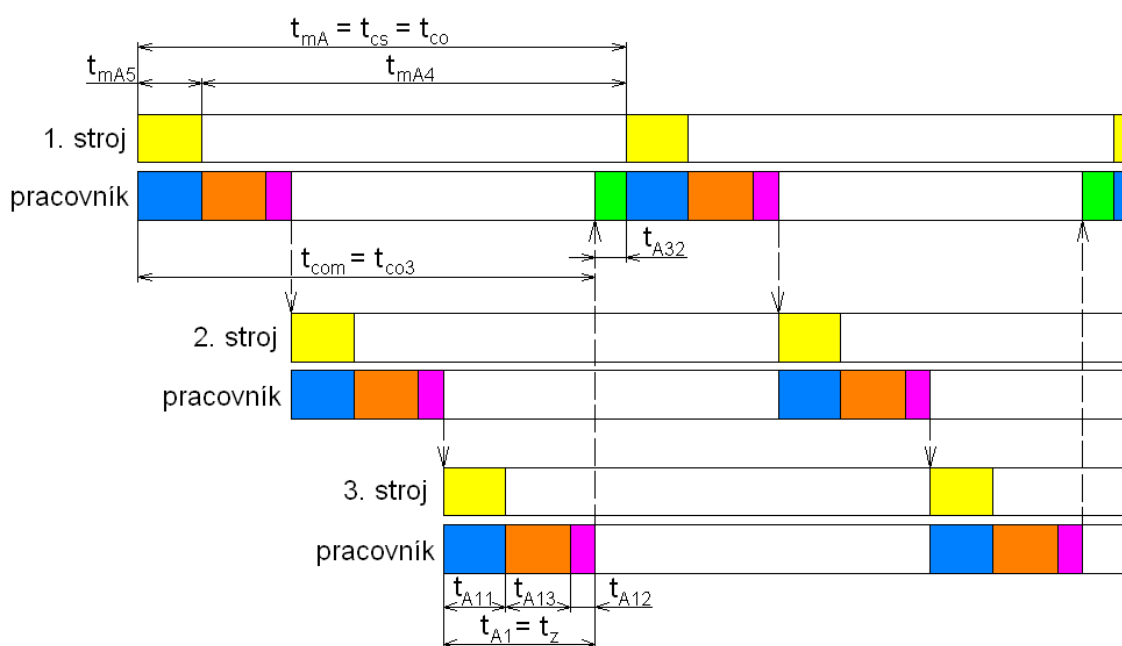
Čas jednotkový podmínečně nutných přestávek za chodu stroje  $t_{A32}$  (1, 3, 4, 6)

$$t_{A32} = t_{co} - m \cdot t_z \quad (3.23)$$

Jednotkový čas stroje, čas cyklu stroje a čas cyklu operace jsou shodné.

$$t_{mA} = t_{cs} = t_{co} \quad (3.24)$$

Na obr. 3.2 je zobrazení VSO pro rovnici (3.14).

Obr. 3.2 Diagram VSO pro  $m_t > m = 3$ ,  $t_{cs} = t_{co} > t_{com}$  (3)

### 3.1.3 Počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů

V tomto případě je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka větší než čas cyklu operace. Teoretický počet strojů  $m_t$  je kladné racionální číslo, různé od nuly. Hodnota  $m$  je získána jako nejbližší vyšší přirozené číslo k hodnotě  $m_t$ . Pro řešený případ jsou dány následující vstupní charakteristiky.

Obsluhující pracovník je plně využit, tedy: (3)

$$k_{zm} = 1 \quad (3.25)$$

Stroje nejsou plně využity, proto: (3)

$$k_{vsm} < 1 \quad (3.26)$$

Čas cyklu stroje  $t_{cs}$

Čas cyklu stroje je shodný s časem cyklu operace. (3)

$$t_{cs} = t_{co} \quad (3.27)$$

Při platnosti (3.26) se uplatňuje čas interference stroje, který vyjadřuje čas „čekání“ stroje na příchod obsluhy.

Čas interference stroje  $t_{mA6}$ 

Čas interference stroje je u všech strojů stejný. (1, 3, 4, 6)

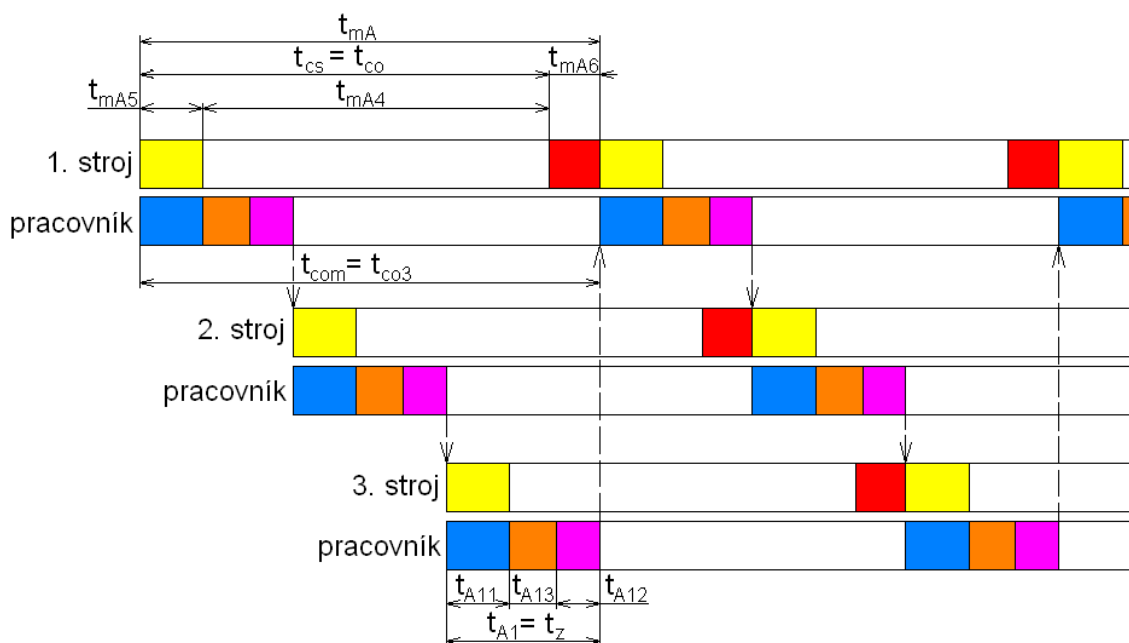
$$t_{mA6} = m \cdot t_z - t_{co} \quad (3.28)$$

Jednotkový čas stroje  $t_{mA}$ 

Jednotkový čas stroje je u všech strojů shodný. (1)

$$t_{mA} = t_{co} + t_{mA6} \quad (3.29)$$

Pro rovnici (3.15) a řešenou variantu je diagram VSO na obr. 3.3.



Obr. 3.3 Diagram VSO pro  $m_t < m = 3$ ,  $t_{cs} = t_{co} < t_{com}$  (3)

### 3.1.4 Technologické parametry systému vícestrojové obsluhy

#### 3.1.4.1 Součinitel vícestrojové obsluhy $k_{vo}$

Součinitel vícestrojové obsluhy je používán při volbě počtu strojů. Určí se jím, jaký počet strojů, mezi kterými je rozhodováno, je vhodnější použít pro zamýšlenou velikost výrobní dávky. (3)

$$k_{vo} = \frac{d_v \cdot t_{AC} + t_{BC}}{d_v \cdot \frac{1}{m} \cdot t_{AC} + m \cdot t_{BC}} \geq 1, \quad (3.30)$$

kde  $d_v$  je výrobní dávka

$t_{AC}$  čas jednotkový s přírážkou času směnového

$t_{BC}$  čas dávkový s přírážkou času směnového

Čas jednotkový s přírážkou času směnového  $t_{AC}$  a čas dávkový s přírážkou času směnového  $t_{BC}$

Tyto časy představují čas jednotkový  $t_A$  a čas dávkový  $t_B$  za jednotku produkce. Časy s přírážkou času směnového získáme připočítáním času směnového  $t_C$  ve formě přírážky  $k_c$  (3.33), která je stanovena ze složek času směny.(3, 4, 6)

$$t_{AC} = k_c \cdot t_A \quad (3.31)$$

$$t_{BC} = k_c \cdot t_B \quad (3.32)$$

$$k_c = \frac{T_A + T_B + T_C}{T_A + T_B}, \quad (3.33)$$

kde  $T_A$  je čas jednotkový ve směně

$T_B$  čas dávkový ve směně

$T_C$  čas směnový ve směně

Pro jednotlivé složky času směny platí: (3)

$$T_A = T_{A1} + T_{A2} + T_{A3} = \sum t_{A1} + \sum t_{A2} + \sum t_{A3}, \quad (3.34)$$

kde  $T_{A1}$  je čas jednotkové práce ve směně

$T_{A2}$  čas jednotkový obecně nutných přestávek ve směně

$T_{A3}$  čas jednotkový podmíněně nutných přestávek ve směně

$$T_B = T_{B1} + T_{B2} + T_{B3} = \sum t_{B1} + \sum t_{B2} + \sum t_{B3}, \quad (3.35)$$

kde  $T_{B1}$  je čas dávkové práce ve směně

$T_{B2}$  čas dávkový obecně nutných přestávek ve směně

$T_{B3}$  čas dávkový podmíněčně nutných přestávek ve směně

$$T_C = T_{C1} + T_{C2} + T_{C3} = \sum t_{C1} + \sum t_{C2} + \sum t_{C3}, \quad (3.36)$$

kde  $T_{C1}$  je čas směnové práce ve směně

$T_{C2}$  čas směnový obecně nutných přestávek ve směně

$T_{C3}$  čas směnový podmíněčně nutných přestávek ve směně

#### 3.1.4.2 Počet kusů obrobených za jednotku času $n_k$

Počet kusů obrobených za jednotku času je zpravidla vztažen na jednu hodinu. Určuje, jaký počet strojů je výhodnější pro danou operaci, tedy pro daný čas cyklu operace a součinitel využití stroje v operaci. (3)

$$n_k = \frac{60}{t_{co}} \cdot k_{vs} \cdot m \quad (3.37)$$

#### 3.1.4.3 Náklady na obrobení jednoho kusu $N$

Do nákladů na obrobení jednoho kusu je zahrnuta mzda pracovníka obsluhujícího stroj a náklady na provoz stroje. (3)

$$N = N_{mAC} + N_{psAC}, \quad (3.38)$$

kde  $N_{mAC}$  jsou náklady na mzdy na obrobení jednoho kusu vztažené k času  $t_{AC}$

$N_{psAC}$  náklady na provoz stroje na obrobení jednoho kusu

$$N_{mAC} = \frac{t_{cs}}{k_{vs}} \cdot \left[ \frac{M_{tAC}}{60} \cdot \left( 1 + \frac{R_s}{100} \right) \cdot \frac{1}{m} \right], \quad (3.39)$$

kde  $M_{tAC}$  je mzdový tarif na jednu hodinu práce

$R_s$  režie

$$N_{psAC} = \frac{t_{cs}}{k_{vs}} \cdot \frac{N_{hs}}{60}, \quad (3.40)$$

kde  $N_{hs}$  jsou náklady na jednu hodinu provozu stroje

Po dosažení do (3.36): (3)

$$N = \frac{t_{cs}}{k_{vs}} \cdot \left[ \frac{M_{tAC}}{60} \cdot \left( 1 + \frac{R_s}{100} \right) \cdot \frac{1}{m} + \frac{N_{hs}}{60} \right] \quad (3.41)$$

### 3.2 Časy cyklu operace jsou různé a časy zaměstnanosti pracovníka jsou stejné

Tato varianta se vyskytuje při práci na technologicky shodných strojích, na kterých jsou prováděny shodné technologické operace buď na stejných, nebo na různých součástech.

Případ obrábění stejných součástí je řešen v kapitole 3.1.

#### Výchozí úvahy

Časy zaměstnanosti pracovníka u jednotlivých strojů jsou stejné.

$$t_{z(1)} = t_{z(2)} = \dots = t_{z(i)} = t_z \quad (3.42)$$

Časy cyklu operace se liší pouze délkou jednotkového času strojního  $t_{AS}$ , který je zahrnut do času  $t_{mA4}$ . Ostatní časy jsou stejné. Vliv  $t_{AS}$  na  $t_{co}$  je následující a je zobrazen na obr. 2.6.

Jednotkový čas stroje  $t_{mA}$  je kromě (2.8) také roven:

$$t_{mA} = t_{A11} + t_{A13} + t_{A12} + t_{A32} \quad (3.43)$$

$$t_{mA} = t_{A11} + t_{A13} + t_{AS} + t_{mA6} \quad (3.44)$$

Rovnice (3.44) platí za podmínky:

$$t_{mA6} > 0 \quad (3.45)$$

Rovnice (3.43) odpovídá rovnici (2.13), tedy:

$$t_{mA} = t_{co} \quad (3.46)$$

Jednotkový čas strojní  $t_{AS}$  je zahrnut v čase jednotkovém podmínečně nutných přestávek  $t_{A32}$ . Při platnosti (3.33 a 2.15) lze (3.43) upravit do tvaru:

$$t_{co} = t_z + t_{A32}, \quad (3.47)$$

kde  $t_z$  je konstantní.

#### Počet obsluhovaných strojů $m$

Počet obsluhovaných strojů je určen časem zaměstnanosti pracovníka u stroje s nejdelším časem cyklu operace. (4, 6)

$$m_t = \frac{t_{co(max)}}{t_z} = \frac{1}{k_{z(min)}}, \quad (3.48)$$

kde  $t_{co(max)}$  je nejdelší čas cyklu operace

$k_{z(min)}$  součinitel zaměstnanosti pracovníka na stroji s nejdelším časem cyklu operace

Skutečný počet obsluhovaných strojů odpovídá předpokládanému počtu strojů. Teoretická hodnota  $m_t$  je pouze informativní. Již při úvaze o zařazení strojů do VSO, je dopředu znám počet strojů, kterých se bude toto opatření týkat.

#### Jednotkový čas itého stroje $t_{mA(i)}$

Jednotkové časy jednotlivých strojů jsou ve všech dále uváděných případech shodné. (4, 6)

$$t_{mA(i)} = t_{co(i)} + t_{mA6(i)}, \quad (3.49)$$

kde  $t_{co(i)}$  je čas cyklu operace itého stroje

$t_{mA6(i)}$  jednotkový čas interference itého stroje

U této varianty se mohou vyskytovat tři možné kombinace poměru časů zaměstnanosti a časů cyklu operace.

Je doporučeno řadit jednotlivé stroje od  $t_{co(max)}$  do  $t_{co(min)}$ . Pokud toto pravidlo není použito, nemá to vliv na délku vzniklých časů čekání jednotlivých strojů a pracovníka. (4, 6)

### 3.2.1 Počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů

Tato varianta nastane, jestliže je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka roven nejdelšímu času cyklu operace. Čas  $t_{co(max)}$  je nejdelším cyklem operace, je tedy zároveň cyklem souboru strojů, protože mají ostatní stroje cyklus operace kratší, uplatní se u nich čas  $t_{mA6}$ . (4, 6)

Jednotkový čas interference itého stroje  $t_{mA6(i)}$  (4, 6)

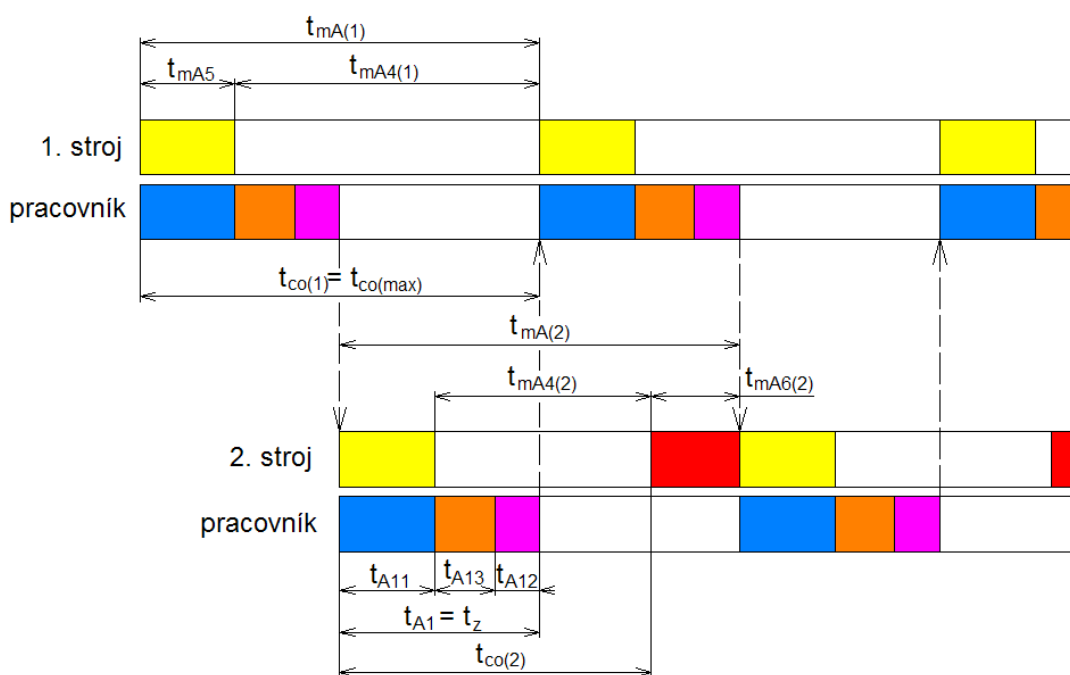
$$t_{mA6(i)} = m \cdot t_z - t_{co(i)} \quad (3.50)$$

Jednotkový čas itého stroje  $t_{mA(i)}$

Platí rovnice (3.49), a zároveň všechny časy  $t_{mA(i)}$  odpovídají nejdelšímu času operace. (4, 6)

$$t_{mA(i)} = t_{co(max)} \quad (3.51)$$

Grafická analýza je zobrazena na obr. 3.4.



Obr. 3.4 Analýza VSO pro  $m_t = m = 2$ ,  $\sum t_{z(i)} = t_{co(max)}$

### 3.2.2 Počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů

V této variantě je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka menší než nejdelší čas cyklu operace. Vypočtený teoretický počet strojů je nutné snížit na nejbližší nižší přirozené číslo. Při realizaci VSO podle této varianty se realizuje jak čekání pracovníka na skončení automatického cyklu stroje ( $t_{A32}$ ), tak i čekání stroje na příchod obsluhy ( $t_{mA6}$ ).

#### Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje $t_{A32}$

Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje je realizován po vykonání úkonů pracovníka na všech strojích zařazených VSO. (4, 6)

$$t_{A32} = t_{co(max)} - \sum_{i=1}^m t_{z(i)} \quad (3.52)$$

#### Jednotkový čas interference itého stroje $t_{mA6(i)}$

Jednotkový čas interference se realizuje na všech strojích mimo stroj s nejdelším časem cyklu operace. (4, 6)

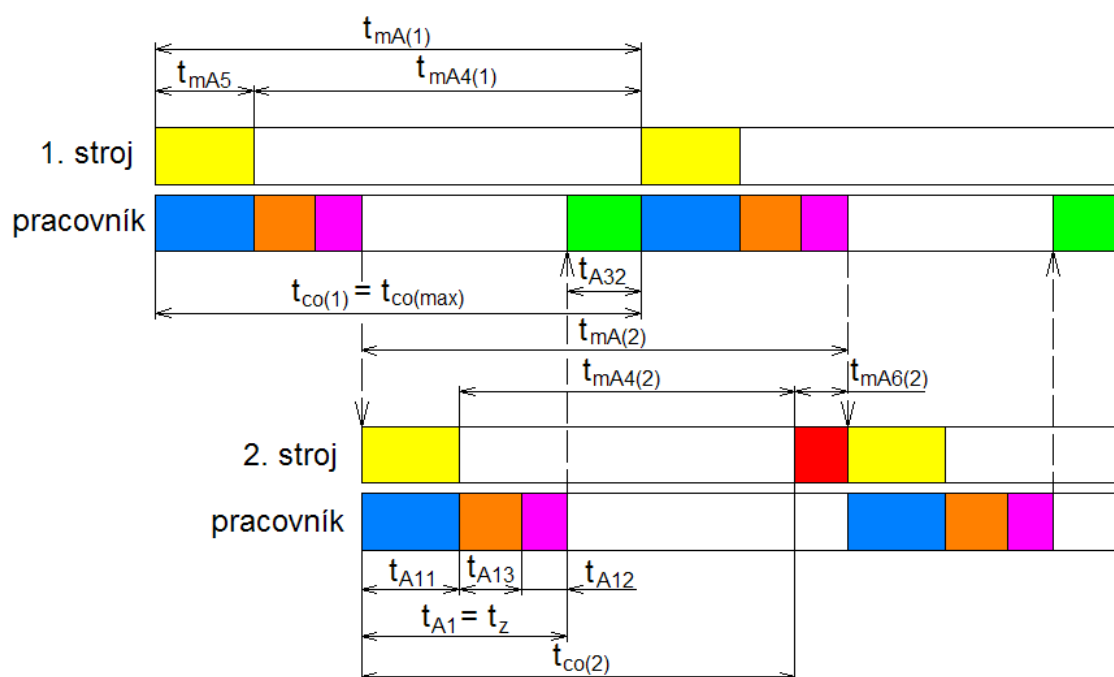
$$t_{mA6(i)} = t_{co(max)} - t_{co(i)} \quad (3.53)$$

#### Jednotkový čas itého stroje $t_{mA(i)}$

Platí rovnice (3.49), a zároveň všechny časy  $t_{mA(i)}$  odpovídají nejdelšímu času cyklu operace.

$$t_{mA(i)} = t_{co(max)} \quad (3.54)$$

Grafická analýza je zobrazena na obr. 3.5.

Obr. 3.5 Analýza VSO pro  $m_t > m = 2$ ,  $\sum t_{z(i)} < t_{co(max)}$ 

### 3.2.3 Počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů

V této variantě je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka větší než nejdelší čas cyklu operace. Vypočítaný teoretický počet strojů je třeba zaokrouhlit na nejbližší vyšší přirozené číslo. Při této realizaci VSO jsou uplatňovány pouze časy čekání strojů na příchod obsluhy.

#### Jednotkový čas interference itého stroje $t_{mA6(i)}$

Jednotkový čas interference je uplatňován u všech strojů, u každého z nich však nabývá jiné hodnoty, a to v závislosti na velikosti času cyklu operace u jednotlivých strojů. (4, 6)

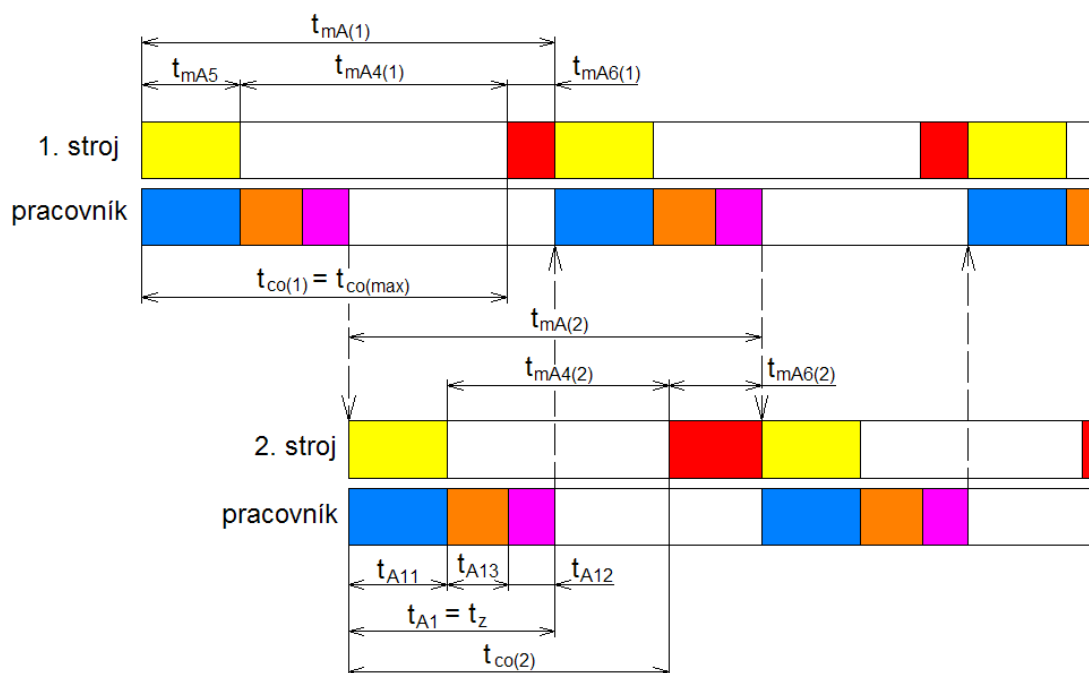
$$t_{mA6(i)} = m \cdot t_z - t_{co(i)} \quad (3.55)$$

#### Jednotkový čas itého stroje $t_{mA(i)}$

Platí rovnice (3.49), a zároveň se všechny časy  $t_{mA(i)}$  rovnají součinu počtu strojů obsluhovaných v systému VSO a času zaměstnanosti pracovníka. (4, 6)

$$t_{mA(i)} = m \cdot t_z \quad (3.56)$$

Grafická analýza je zobrazena na obr. 3.6.



Obr. 3.6 Analýza VSO pro  $m_t < m = 2$ ,  $\Sigma t_{z(i)} > t_{co(max)}$

### 3.2.4 Technologické parametry systému vícestrojové obsluhy

#### 3.2.4.1 Součinitel vícestrojové obsluhy $k_{vo}$

V této variantě není součinitel vícestrojové obsluhy určován z důvodu volby počtu strojů, protože ten je obvykle znám již dopředu. Součinitel  $k_{vo}$  je určen informativně, aby bylo možné jednotlivé VSO porovnat. Při jeho výpočtu se v této práci vychází z časů stroje s nejdelším časem cyklu operace.

$$k_{vo} = \frac{d_{vj} \cdot t_{ACj} + t_{BCj}}{d_{vj} \cdot \frac{1}{m} \cdot t_{ACj} + m \cdot t_{BCj}} \geq 1, \quad (3.57)$$

kde  $d_{vj}$  je výrobní dávka vyráběná časem  $t_{co(max)}$

$t_{ACj}$  čas jednotkový s přírážkou času směnového při  $t_{co(max)}$

$t_{BCj}$  čas dávkový s přírážkou času směnového při  $t_{co(max)}$

$m$  počet strojů zahrnutých do VSO

Čas jednotkový s přírážkou času směnového  $t_{AC}$  a čas dávkový s přírážkou času směnového  $t_{BC}$

Rozbor výpočtu je podrobně popsán v kapitole 3.1.4.1. Jednotlivé časy  $t_{AC}$  se liší hodnotou času  $t_A$ , do kterého je zahrnut proměnný čas  $t_{A32}$ . Časy dávkové  $t_{BC}$  mohou nabývat stejných i různých hodnot.

### 3.2.4.2 Počet kusů obrobených za jednotku času $n_k$

Počet kusů obrobených za jednotku času je zpravidla vztažen na jednu hodinu. Celkový počet obrobených kusů je určen jako součet obrobených kusů vyrobených při času cyklu operace  $t_{co(i)}$ .

$$n_k = \sum_j n_{kj} = \frac{60}{t_{co(i)}} \cdot k_{vsj} \cdot m_j, \quad (3.58)$$

kde  $n_{kj}$  je počet kusů obrobených při  $t_{co(i)}$

$k_{vsj}$  součinitel využití stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$

$m_j$  počet strojů se shodným časem  $t_{co(i)}$

### 3.2.4.3 Náklady na obrobení jednoho kusu $N$

Odvození nákladů na jeden kus je uvedeno v kapitole 3.1.4.3.

V této práci jsou náklady řešeny pouze jako dílčí náklady na obrobení jednoho kusu  $N_j$  na jednotlivých strojích, které se liší časem cyklu stroje. Čas cyklu stroje je určen rovnicí (2.19), kde proměnná je  $t_{m44}$ .

$$N_j = \frac{t_{csj}}{k_{vsj}} \cdot \left[ \frac{M_{tACj}}{60} \cdot \left( 1 + \frac{R_{sj}}{100} \right) \cdot \frac{1}{m_j} + \frac{N_{hsj}}{60} \right], \quad (3.59)$$

kde  $N_j$  jsou náklady na obrobení jednoho kusu u stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$

$t_{csj}$  čas cyklu stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$

$k_{vsj}$  součinitel využití stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$

$M_{tACj}$  mzdový tarif na jednu hodinu práce u stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$

$R_{sj}$  režie stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$

$N_{hsj}$  náklady na jednu hodinu provozu stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$

### 3.3 Časy cyklu operace jsou stejné a časy zaměstnanosti pracovníka u jednotlivých strojů jsou různé

Tato varianta se vyskytuje u technologicky shodných strojů, které mají různé časy pomocného chodu stroje  $t_{mA42}$ , na kterých jsou prováděny technologicky shodné operace buď na shodných, nebo na různých součástkách. (4, 6)

#### Výchozí úvahy

Časy cyklu operace jednotlivých strojů jsou stejné.

$$t_{co(1)} = t_{co(2)} = \dots = t_{co(i)} = t_{co} \quad (3.60)$$

Časy zaměstnanosti pracovníka na jednotlivých strojích se liší délkou času jednotkové práce za chodu stroje  $t_{A12}$ , do kterého lze zahrnout u každého stroje odlišný jednotkový čas pomocného chodu stroje  $t_{mA42}$ . (4, 6)

#### Teoretický počet obsluhovaných strojů $m_i$

Z důvodu rozdílných hodnot časů zaměstnanosti pracovníka rovnající se časům jednotkové práce, je třeba zvolit střední hodnotu času zaměstnanosti pracovníka, která bude použita pro výpočet strojů.

#### Střední hodnota času zaměstnanosti pracovníka $t_{z(stř)}$

Střední hodnota času zaměstnanosti pracovníka je aritmetický průměr daných hodnot času zaměstnanosti pracovníka. (1)

$$t_{z(stř)} = \frac{\sum_{i=1}^{m_p} t_{z(i)}}{m_p}, \quad (3.61)$$

kde  $m_p$  je předpokládaný počet obsluhovaných strojů

Předpokládaný počet obsluhovaných strojů, které budou zahrnuty do VSO, je volen s ohledem na čas cyklu operace a čas zaměstnanosti pracovníka. Je třeba ho volit tak, aby nevznikaly příliš velké časy čekání pracovníka na ukončení automatického cyklu jednotlivých cyklů a časy čekání stroje na příchod pracovníka. Tato volba již vyžaduje vyšší znalost řešené problematiky.

Pak teoretický počet strojů: (1)

$$m_t = \frac{t_{co}}{t_{z(stř)}} \quad (3.62)$$

Skutečný počet obsluhovaných strojů odpovídá předpokládanému počtu strojů. Teoretická hodnota  $m_t$  je pouze informativní, již při začátku volby je znám počet strojů (operací), které mají být do VSO zařazeny.

Součinitel zaměstnanosti pracovníka při obsluze  $m$  strojů  $k_{zm}$

Odpovídá součtu součinitelů zaměstnanosti pracovníka na jednotlivých strojích. Při platnosti (2.16) a po úpravách: (1)

$$k_{zm} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{z(i)}}{t_{co}} \quad (3.63)$$

Musí platit:

$$k_{zm} \leq 1 \quad (3.64)$$

Pokud (3.64) neplatí, je počítáno s plným využitím pracovníka, tzn.  $k_{zm} = 1$ . Vlivem zmenšení hodnoty dochází k nevyužití strojů, vznikají časy interference.

Mohou nastat tři možné poměry mezi časem zaměstnanosti pracovníka a časem cyklu operace stroje. Tyto mají vliv na výsledný poměr mezi teoretickým a realizovaným počtem strojů. (1)

### 3.3.1 Počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů

V této variantě je součet časů zaměstnanosti pracovníka roven času cyklu operace. Stroje i obsluha jsou plně využity.

$$k_{zm} = 1 \quad (3.65)$$

$$k_{vsm} = 1 \quad (3.66)$$

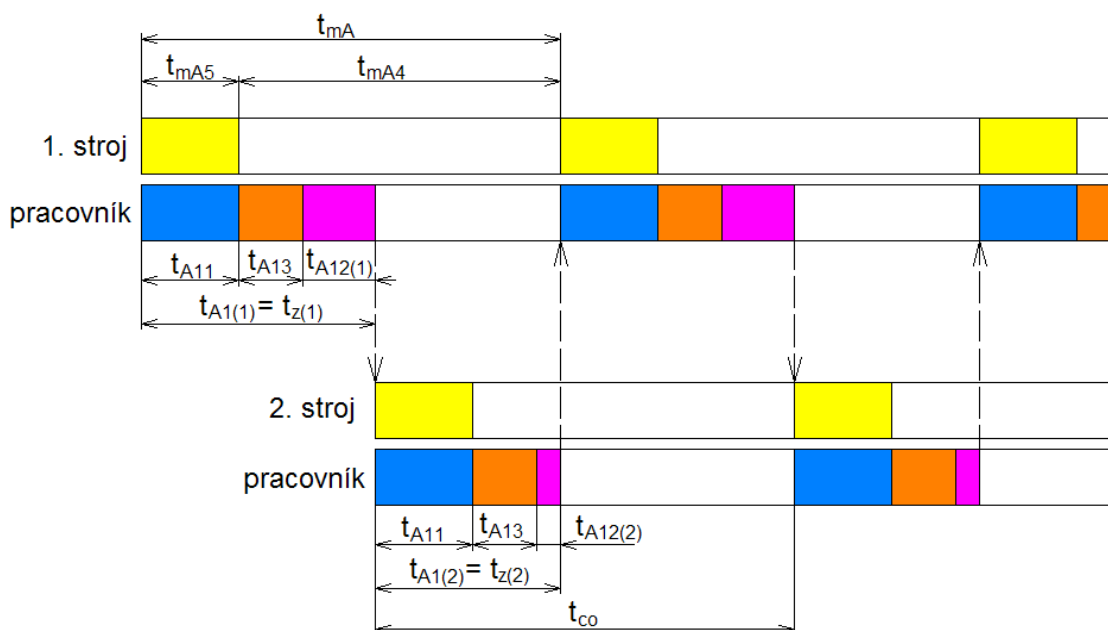
#### Jednotkový čas stroje $t_{mA}$

Jednotkový čas stroje je u všech strojů stejný. (1)

$$t_{mA} = t_{co} \quad (3.67)$$

Při této variantě VSO se čas čekání pracovníka na ukončení automatického cyklu a časy interference stroje neuplatňují.

Grafická analýza je zobrazena na obr. 3.7.



Obr. 3.7 Analýza VSO pro  $m_t = m = 2$ ,  $\sum t_{z(i)} = t_{co}$



### 3.3.3 Počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů

Při této variantě je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka větší než čas cyklu operace. Uplatňuje se čas čekání stroje na příchod obsluhujícího pracovníka ( $t_{mA6}$ ).

#### Čas interference stroje $t_{mA6}$

Čas interference jednotlivých strojů jsou shodné. (1)

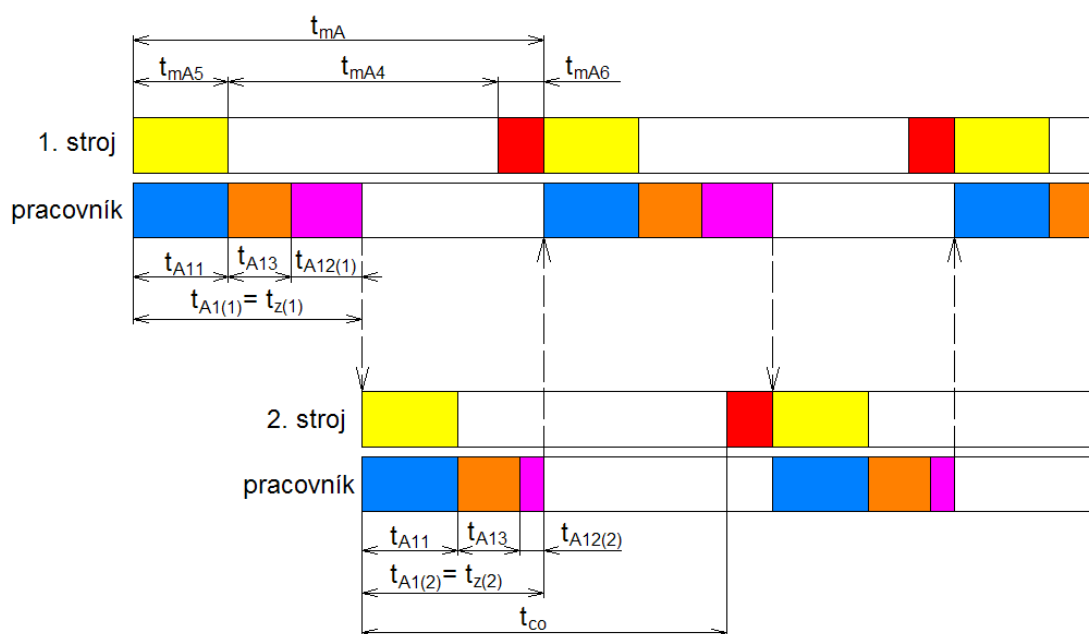
$$t_{mA6} = \sum_{i=1}^m t_{z(i)} - t_{co} \quad (3.70)$$

#### Jednotkový čas stroje $t_{mA}$

Jednotkový čas stroje je u všech strojů stejný, kromě času cyklu operace zahrnuje také čas interference stroje. (1)

$$t_{mA} = \sum_{i=1}^m t_{z(i)} \quad (3.71)$$

Grafická analýza je zobrazena na obr. 3.9.



Obr. 3.9 Analýza VSO pro  $m_1 < m = 2$ ,  $\sum t_{z(i)} > t_{co}$

### 3.3.4 Technologické parametry systému vícestrojové obsluhy

#### 3.3.4.1 Součinitel vícestrojové obsluhy $k_{vo}$

Pro volbu počtu strojů není třeba určovat součinitel vícestrojové obsluhy, protože je již tento počet strojů obvykle předem znám. Součinitel  $k_{vo}$  je určen pro snadnější porovnání s ostatními systémy VSO. Při jeho výpočtu je v této práci navrženo toto řešení. Pro výpočet jsou použity střední hodnoty časů, které jsou určeny jako aritmetické průměry časů u jednotlivých strojů zahrnutých do VSO.

$$k_{vo} = \frac{d_{v(stř)} \cdot t_{AC(stř)} + t_{BC(stř)}}{d_{v(stř)} \cdot \frac{1}{m} \cdot t_{AC(stř)} + m \cdot t_{BC(stř)}} \geq 1, \quad (3.72)$$

kde  $d_{v(stř)}$  je výrobní dávka střední určená jako aritmetický průměr jednotlivých  $d_v$

$t_{AC(stř)}$  střední čas jednotkový s přírůžkou času směnového vycházející z  $t_{z(stř)}$

$t_{BC(stř)}$  střední čas dávkový s přírůžkou času směnového vycházející z  $t_{z(stř)}$

$m$  počet strojů zahrnutých do VSO

Čas jednotkový s přírůžkou času směnového  $t_{AC}$  a čas dávkový s přírůžkou času směnového  $t_{BC}$

Rozbor výpočtu je podrobně popsán v kapitole 3.1.4.1. Jednotlivé časy  $t_{AC}$  se liší hodnotou času  $t_A$ , do kterého je zahrnut proměnný čas  $t_{A12}$ . Časy dávkové  $t_{BC}$  mohou nabývat stejných i různých hodnot.

### 3.3.4.2 Počet kusů obrobených za jednotku času $n_k$

Počet kusů obrobených za jednotku času je zpravidla vztažen na jednu hodinu. Není třeba jej určovat pro volbu počtu strojů, ale udává přímo počet obrobených kusů v rámci VSO. Celkový počet obrobených kusů je určen jako součet obrobených kusů na jednotlivých strojích při času zaměstnanosti pracovníka  $t_{z(i)}$ .

$$n_k = \sum_k n_{kk} = \frac{60}{t_{co}} \cdot k_{vsk} \cdot m_k, \quad (3.73)$$

kde  $n_{kk}$  je počet kusů obrobených při  $t_{z(i)}$

$k_{vsk}$  součinitel využití stroje při  $t_{z(i)}$

$m_k$  počet strojů se shodným časem  $t_{z(i)}$

### 3.3.4.3 Náklady na obrobení jednoho kusu $N$

Odvození nákladů na jeden kus je uvedeno v kapitole 3.1.4.3.

V této práci jsou určeny jako náklady obrobení jednoho kusu  $N_k$  u jednotlivých strojů. V řešené variantě je čas cyklu stroje určený rovnicí (2.19) u všech strojů stejný.

$$N_k = \frac{t_{cs}}{k_{vsk}} \cdot \left[ \frac{M_{tACK}}{60} \cdot \left( 1 + \frac{R_{sk}}{100} \right) \cdot \frac{1}{m_k} + \frac{N_{hsk}}{60} \right], \quad (3.74)$$

kde  $N_k$  jsou náklady na obrobení jednoho kusu při  $t_{z(i)}$

$k_{vsk}$  součinitel využití stroje při  $t_{z(i)}$

$M_{tACK}$  mzdový tarif na jednu hodinu práce při  $t_{z(i)}$

$R_{sk}$  režie stroje při  $t_{z(i)}$

$N_{hsk}$  náklady na jednu hodinu provozu stroje při  $t_{z(i)}$

### 3.4 Časy cyklu operace jsou různé a časy zaměstnanosti pracovníka u jednotlivých strojů jsou různé

Tato varianta se vyskytuje při VSO, kdy jsou zkombinovány různé typy strojů. (4, 6) Týká se variant, kdy je interakce různých strojů, stejných součástí a různých technologických operací nebo různých strojů, různých součástí a různých technologických operací.

#### Výchozí úvahy

Časy cyklu operace se liší délkou jednotkového času strojního  $t_{AS}$ , ostatní časy jednotlivých strojů jsou stejné. Časy zaměstnanosti pracovníka se liší délkou jednotkové práce za chodu stroje  $t_{A12}$ . Podrobnější odvození je uvedeno v kapitole 3.2 pro různé časy cyklu operace a v kapitole 3.3 pro různé časy zaměstnanosti pracovníka.

#### Teoretický počet obsluhovaných strojů $m_t$

Protože jsou časy zaměstnanosti u jednotlivých strojů různé, je třeba vypočítat střední hodnotu času zaměstnanosti  $t_{z(stř)}$  podle (3.61). Počet obsluhovaných strojů je následně určen nejdelším časem cyklu operace. (1)

$$m_t = \frac{t_{co(max)}}{t_{z(stř)}}, \quad (3.75)$$

kde  $t_{co(max)}$  je nejdelší čas cyklu operace

#### Jednotkový čas itého stroje $t_{mA(i)}$

Jednotkové časy jednotlivých strojů jsou ve všech následujících případech shodné. (1)

$$t_{mA(i)} = t_{co(i)} + t_{mA6(i)} \quad (3.76)$$

Jsou možné tři poměry mezi časy zaměstnanosti pracovníka a časy cyklu operace. Tyto mají vliv na výsledný poměr mezi teoretickým a realizovaným počtem strojů. (1)

### 3.4.1 Počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů

V této variantě je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka roven nejdelšímu času cyklu operace. Uplatňuje se pouze čas čekání stroje.

#### Součinitel zaměstnanosti pracovníka při obsluze $m$ strojů $k_{zm}$

Pracovník je plně využit, tedy:

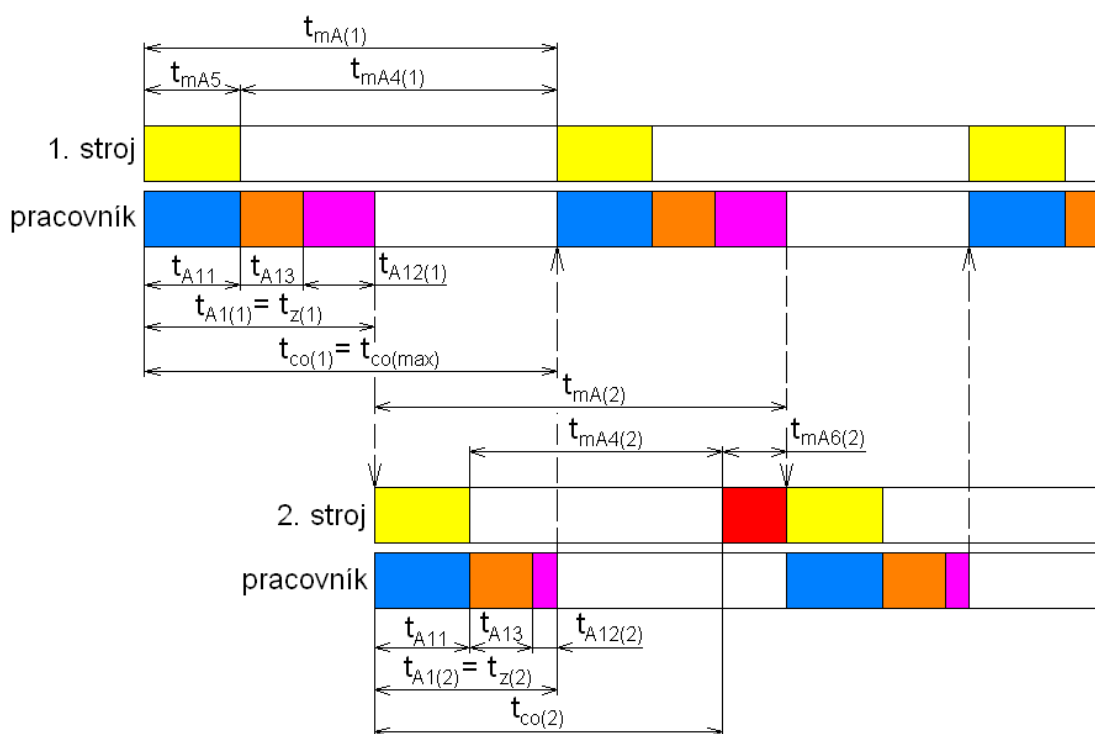
$$k_{zm} = 1 \quad (3.77)$$

#### Jednotkový čas interference itého stroje $t_{mA6(i)}$

Jednotkový čas interference je realizován u všech strojů s výjimkou stroje s nejdelším časem cyklu stroje. (1)

$$t_{mA6(i)} = \sum_{i=1}^m t_{z(i)} - t_{co(i)} \quad (3.78)$$

Grafická analýza je zobrazena na obr. 3.10.



Obr. 3.10 Analýza VSO pro  $m_t = m = 2$ ,  $\sum t_{z(i)} = t_{co(max)}$

### 3.4.2 Počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů

Při této variantě je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka menší než nejdelší čas cyklu operace. Realizuje se čekání pracovníka na ukončení automatického cyklu ( $t_{A32}$ ) a čekání na příchod obsluhy ( $t_{mA6}$ ).

Čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje  $t_{A32}$  (1)

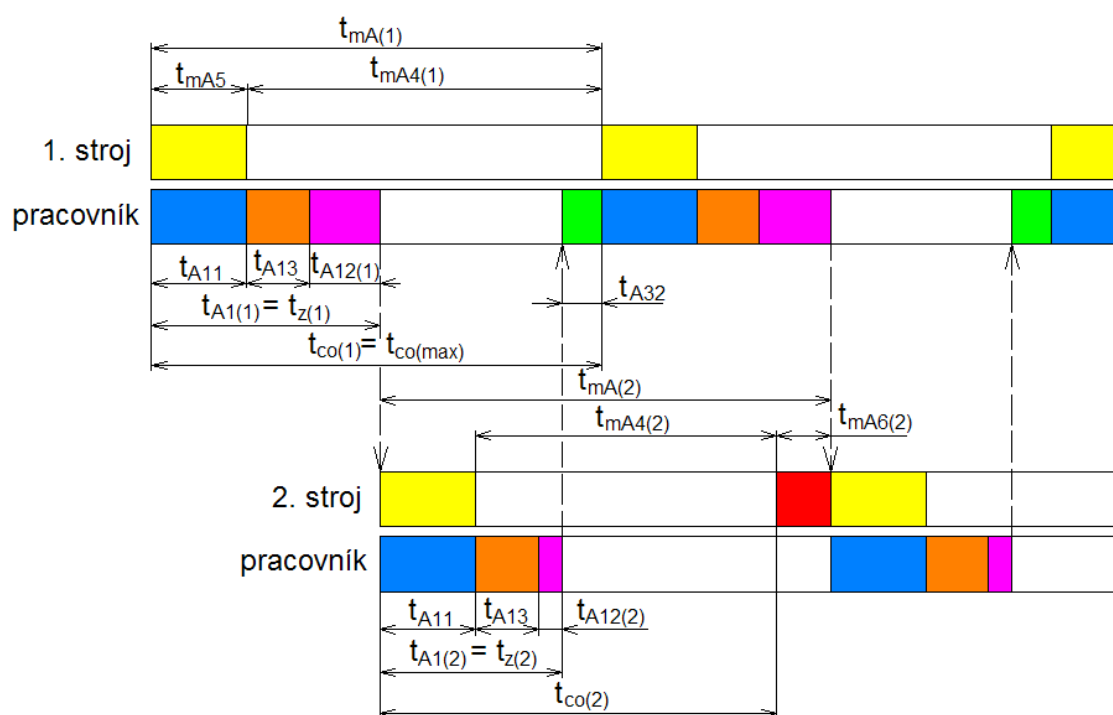
$$t_{A32} = t_{co(max)} - \sum_{i=1}^m t_{z(i)} \quad (3.79)$$

Jednotkový čas interference itého stroje  $t_{mA6(i)}$

Jednotkový čas interference je realizován na všech strojích kromě stroje s nejdelším časem zaměstnanosti pracovníka. (1)

$$t_{mA6(i)} = t_{co(max)} - t_{co(i)} \quad (3.80)$$

Grafická analýza je uvedena na obr. 3.11.



Obr. 3.11 Analýza VSO pro  $m_t > m = 2$ ,  $\sum t_{z(i)} < t_{co(max)}$

### 3.4.3 Počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů

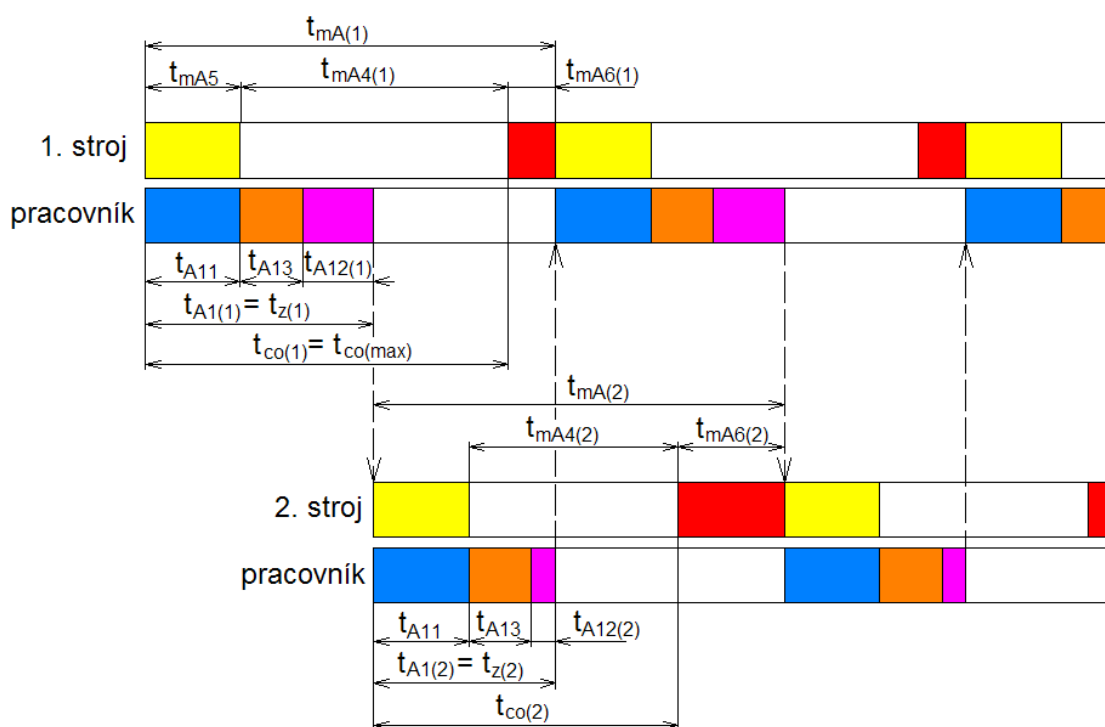
V této realizaci VSO je součet všech časů zaměstnanosti pracovníka větší než nejdelší čas cyklu operace. Uplatňuje se čas čekání stroje na příchod obsluhy ( $t_{mA6}$ ).

#### Čas interference itého stroje $t_{mA6(i)}$

Čas interference jednotlivých strojů závisí na času cyklu operace, která se na dané stroje realizuje. (1)

$$t_{mA6(i)} = \sum_{i=1}^m t_{z(i)} - t_{co(i)} \quad (3.81)$$

Grafická analýza je zobrazena na obr. 3.12.



Obr. 3.12 Analýza VSO pro  $m_t < m = 2$ ,  $\sum t_{z(i)} > t_{co(max)}$

### 3.4.4 Technologické parametry systému vícestrojové obsluhy

Řešení v tomto případě je kombinací řešení uvedených v kapitolách 3.2.4 a 3.3.4.

#### 3.4.4.1 Součinitel vícestrojové obsluhy $k_{vo}$

V této variantě je součinitel vícestrojové obsluhy určen pro porovnání s ostatními systémy VSO. V této práci jsou do výpočtu použity střední hodnoty časů, které jsou určeny jako aritmetické průměry časů u jednotlivých strojů. S výjimkou času cyklu operace, který je do výpočtu dosazen v maximální hodnotě.

$$k_{vo} = \frac{d_{v(stř)} \cdot t_{ACI} + t_{BCI}}{d_{v(stř)} \cdot \frac{1}{m} \cdot t_{ACI} + m \cdot t_{BCI}} \geq 1, \quad (3.82)$$

kde  $d_{v(stř)}$  je výrobní dávka střední určená jako aritmetický průměr jednotlivých  $d_v$

$t_{ACI}$  čas jednotkový s přírážkou času směnového vycházející z  $t_{z(stř)}$  a  $t_{co(max)}$

$t_{BCI}$  čas dávkový s přírážkou času směnového vycházející z  $t_{z(stř)}$  a  $t_{co(max)}$

$m$  počet strojů zahrnutých do VSO

Čas jednotkový s přírážkou času směnového  $t_{AC}$  a čas dávkový s přírážkou času směnového  $t_{BC}$

Rozbor výpočtu je podrobně popsán v kapitole 3.1.4.1. Jednotlivé časy  $t_{AC}$  se liší hodnotou času  $t_A$ , do kterého je zahrnut proměnné časy  $t_{A12}$  a  $t_{A32}$ . Časy dávkové  $t_{BC}$  mohou nabývat stejných i různých hodnot.

### 3.4.4.2 Počet kusů obrobených za jednotku času $n_k$

Počet kusů obrobených za jednotku času je zpravidla vztažen na jednu hodinu. Jako v předchozích kapitolách představuje celkový počet obrobených kusů, který je určen jako součet obrobených kusů na jednotlivých strojích.

$$n_k = \sum_l n_{kl} = \frac{60}{t_{co(i)}} \cdot k_{vsl} \cdot m_l, \quad (3.83)$$

kde  $n_{kl}$  je počet kusů obrobených při  $t_{co(i)}$ ,  $t_{z(i)}$

$k_{vsl}$  součinitel využití stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$ ,  $t_{z(i)}$

$m_l$  počet strojů se shodným časem  $t_{co(i)}$  a shodným časem  $t_{z(i)}$

### 3.4.4.3 Náklady na obrobení jednoho kusu $N$

Odvození nákladů na jeden kus je uvedeno v kapitole 3.1.4.3.

V práci jsou řešeny pouze dílčí náklady na obrobení jednoho kusu  $N_l$  u jednotlivých strojů, které se liší časem cyklu stroje. Čas cyklu stroje je určen rovnicí (2.19), kde proměnná je  $t_{mA4}$ .

$$N_l = \frac{t_{csl}}{k_{vsl}} \cdot \left[ \frac{M_{tACl}}{60} \cdot \left( 1 + \frac{R_{sl}}{100} \right) \cdot \frac{1}{m_l} + \frac{N_{hsl}}{60} \right], \quad (3.84)$$

kde  $N_l$  jsou náklady na obrobení jednoho kusu u stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$ , při  $t_{z(i)}$

$t_{csl}$  čas cyklu stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$ , při  $t_{z(i)}$

$k_{vsl}$  součinitel využití stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$ , při  $t_{z(i)}$

$M_{tACl}$  mzdový tarif na jednu hodinu práce u stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$ , při  $t_{z(i)}$

$R_{sl}$  režie stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$ , při  $t_{z(i)}$

$N_{hsl}$  náklady na jednu hodinu provozu stroje pracujícího časem  $t_{co(i)}$ , při  $t_{z(i)}$

## 4 KONKRETIZOVANÉ APLIKACE VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY

Pro konkretizaci technologického řešení byl vytvořen program v tabulkovém procesoru *Microsoft Excel 2007* (viz. příloha 1). Program je určen pro výpočet vznikajících prostojů pracovníka či stroje ve dvou případech. Těmi jsou varianty, kdy jsou časy cyklu operace stejné a časy zaměstnanosti stejné (kapitola 3.1) a kdy jsou časy cyklu operace různé a časy zaměstnanosti pracovníka stejné (kapitola 3.2).

Program každé varianty VSO je řešen na samostatném listu programu. Obecně platí, že zadávané hodnoty jsou označeny žlutým polem (obr. 4.1), ostatní hodnoty jsou počítány.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Časy cyklu operace jsou stejné a časy zaměstnanosti jsou stejné																	
2	maximální počet strojů 8										zadávané hodnoty							
3																		
4																		
5	Vstupní hodnoty - obsluha jednoho stroje									Teoretický počet strojů								
6																		
7	$t_{co(i)}$	$t_{z(i)}$	$t_{zo(i)}$	$k_{zo(i)}$	$k_{zo(i)}$	$m_t$												
8	27	27	4	1	0,148148	6,75	→ APLIKACE VÍCESTROJOVÉ OBSLUHY											
9																		
10	Vstupní hodnoty - technologické parametry																	
11																		
12	$t_{sc}$	$t_{sc}$	$d_s$	$M_{sc}$	$R_s$	$N_{st}$												
13	17	45	250	150	800	860												
14																		

Obr. 4.1 Ukázka počítačového programu, oblast pro zadávání hodnot

### 4.1 Shodné časy cyklu operace a shodné časy zaměstnanosti pracovníka

Při této variantě je použit program na listu **tco(i) shodné, tz(i) shodné**. Po zadání hodnot  $t_{co(i)}$  a  $t_{z(i)}$  je určen teoretický počet strojů  $m_t$ . Podle výsledné hodnoty  $m_t$  je určena část programu, kterou má uživatel programu použít.

Vyjde-li hodnota  $m_t$  větší než 1, je uživatel upozorněn na aplikaci VSO.

**4.1.1 Příklady – časová analýza****a) Příklad 1 –  $m = m_t$ ,  $m \cdot t_z = t_{co}$** Zadané hodnoty:

$$t_{co} = 30 \text{ min}$$

$$t_z = 5 \text{ min}$$

*Technologické parametry:*

$$t_{AC} = 17 \text{ min}$$

$$t_{BC} = 45 \text{ min}$$

$$d_v = 250 \text{ ks}$$

$$M_{tAC} = 150 \text{ Kč}$$

$$R_s = 800 \%$$

$$N_{hs} = 1000 \text{ Kč}$$

Vypočítané hodnoty:

$m_t = 6 \rightarrow m = 6 \rightarrow$  počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů

$$t_{zm} = 30 \text{ min}$$

$$k_{zm} = 1$$

$$t_{com} = 30 \text{ min}$$

$$t_{mA(i)} = 30 \text{ min}$$

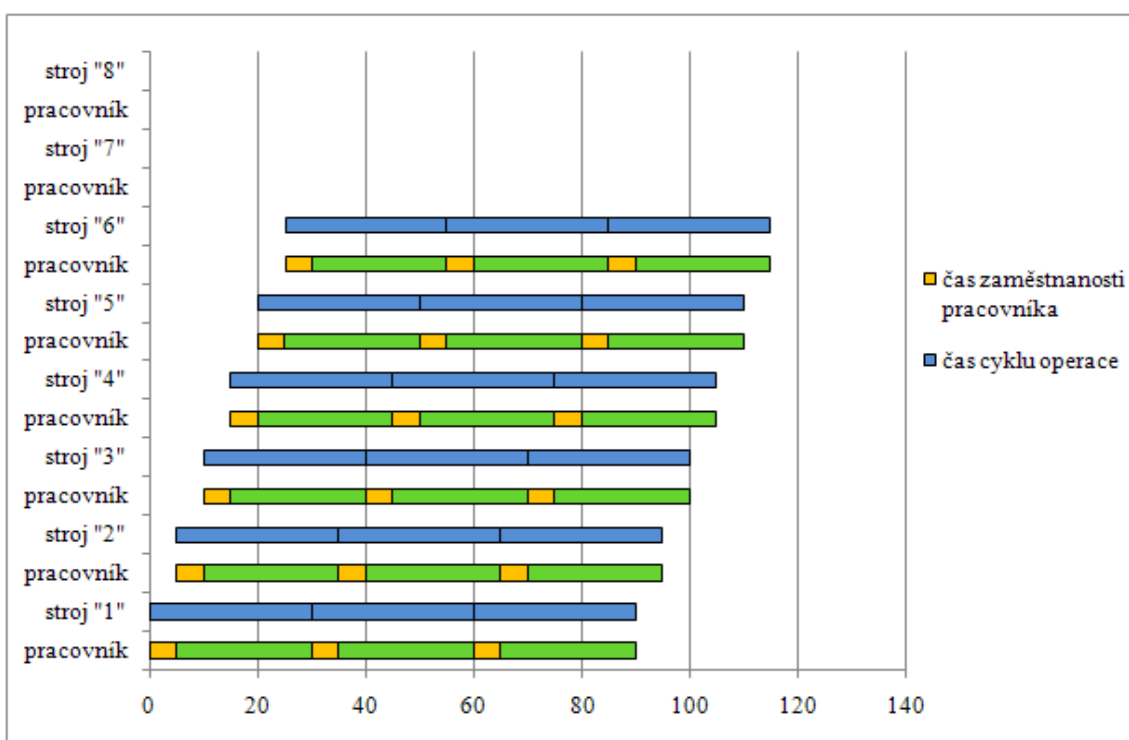
*Technologické parametry:*

$$k_{vo} = 4,3901$$

$$n_k = 12 \text{ ks}$$

$$N = 612,50 \text{ Kč}$$

Grafické zobrazení je uvedeno na obr. 4.2.



Obr. 4.3 Grafická analýza příkladu 1

V řešené variantě je pracovník plně zaměstnán. Nerealizuje se čekání pracovníka ani čekání stroje na jeho příchod.

**b) Příklad 2 –  $m < m_t$ ,  $m \cdot t_z < t_{co}$**

Zadané hodnoty:

$$t_{co} = 27 \text{ min}$$

$$t_z = 4 \text{ min}$$

*Technologické parametry:*

$$t_{AC} = 17 \text{ min}$$

$$t_{BC} = 45 \text{ min}$$

$$d_v = 250 \text{ min}$$

$$M_{tAC} = 150 \text{ Kč}$$

$$R_s = 800 \%$$

$$N_{hs} = 1000 \text{ Kč}$$

Vypočítané hodnoty:

$m_t = 6,75 \rightarrow m = 6 \rightarrow$  počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů

$t_{zm} = 24$  min

$k_{zm} = 0,888889$

$t_{com} = 24$  min

$t_{mA(i)} = 27$  min

$t_{A32} = 3$  min

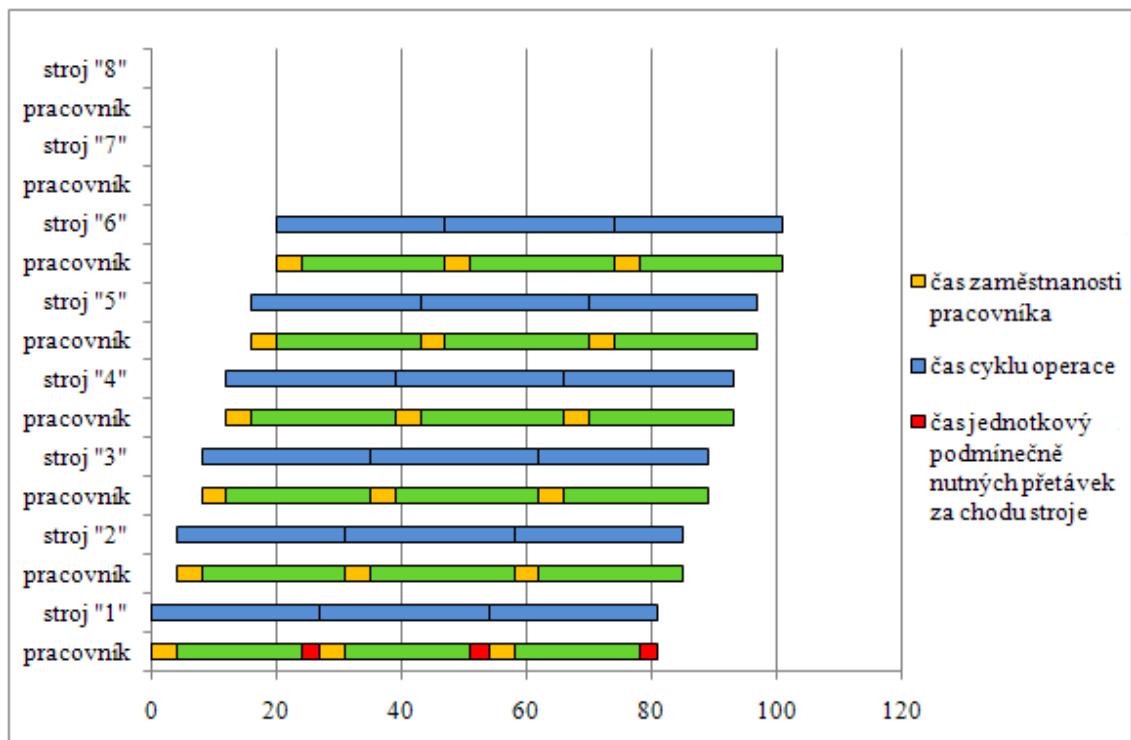
*Technologické parametry:*

$k_{vo} = 4,3901$

$n_k = 13$  ks

$N = 551,25$  Kč

Grafické zobrazení je uvedeno na obr. 4.3.



Obr. 4.3 Grafická analýza příkladu 2

V řešené variantě není pracovník plně zaměstnán, realizuje se tedy čas jednotkový podmínečně nutných přestávek za chodu stroje.

**c) Příklad 3 –  $m > m_t$ ,  $m \cdot t_z > t_{co}$**

Zadané hodnoty:

$$t_{co} = 25 \text{ min}$$

$$t_z = 4 \text{ min}$$

*Technologické parametry:*

$$t_{AC} = 17 \text{ min}$$

$$t_{BC} = 45 \text{ min}$$

$$d_v = 250 \text{ ks}$$

$$M_{tAC} = 150 \text{ Kč}$$

$$R_s = 800 \%$$

$$N_{hs} = 1000 \text{ Kč}$$

Vypočítané hodnoty:

$m_t = 6,25 \rightarrow m = 7 \rightarrow$  počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů

$$t_{zm} = 28 \text{ min}$$

$$k_{zm} = 1$$

$$t_{com} = 28 \text{ min}$$

$$t_{mA(i)} = 28 \text{ min}$$

$$t_{mA6(i)} = 3 \text{ min}$$

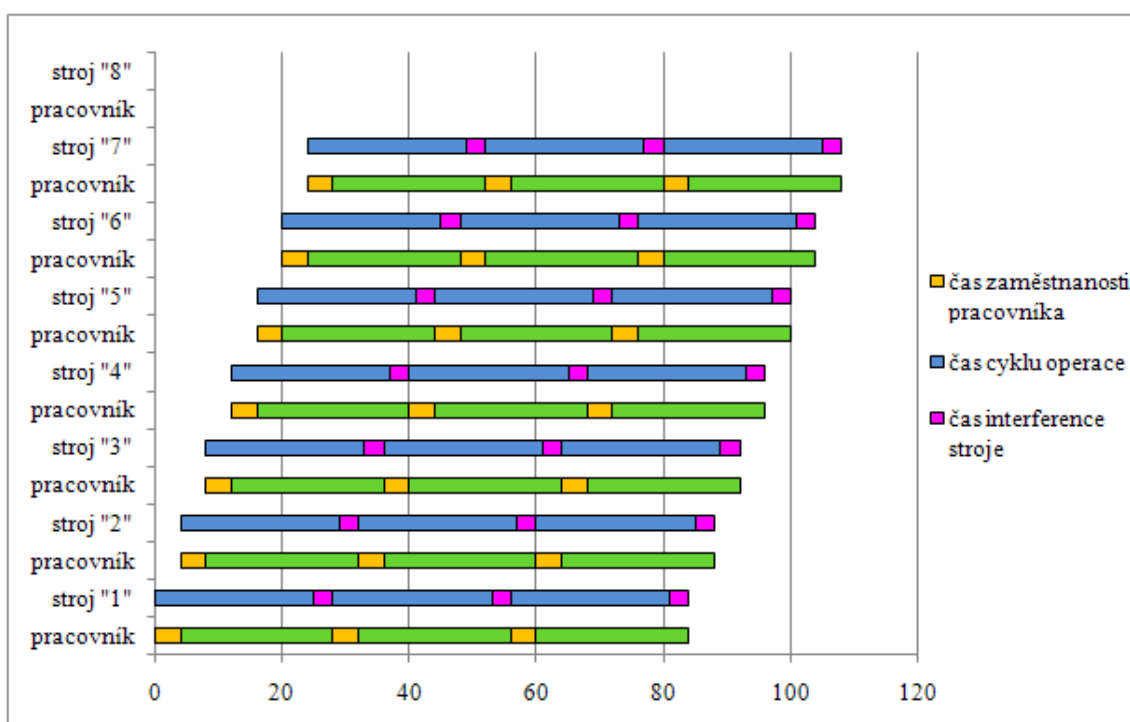
*Technologické parametry:*

$$k_{vo} = 4,6576$$

$$n_k = 15 \text{ ks}$$

$$N = 556,67 \text{ Kč}$$

Grafické zobrazení je uvedeno na obr. 4.4.



Obr. 4.4 Grafická analýza příkladu 3

V řešené variantě je pracovník plně zaměstnán. U všech strojů se realizuje čas interference stroje.

## 4.2 Různé časy cyklu operace a shodné časy zaměstnanosti pracovníka

Při této variantě je použit program na listu **tco(i) různé, tz(i) shodné**. Po zadání hodnot  $t_{co(i)}$  a  $t_{z(i)}$  je určen teoretický počet strojů  $m_t$ . Tato hodnota je však pouze informativní. Do systému VSO jsou zařazeny všechny stroje, u kterých je zařazení do VSO předpokládáno. (Do programu je třeba také zadat hodnotu  $m_p$ ). Část programu, která má být pro daný příklad použita, je určena součinem počtu strojů a času zaměstnanosti pracovníka, který je porovnán s nejdelším časem cyklu operace.

#### 4.2.1 Příklady – časová analýza

##### a) Příklad 4 – $m = m_t$ , $m \cdot t_z = t_{co(max)}$

###### Zadané hodnoty:

$$t_{co(1)} = 30 \text{ min}$$

$$t_{co(2)} = 25 \text{ min}$$

$$t_{co(3)} = 20 \text{ min}$$

$$t_{co(4)} = 18 \text{ min}$$

$$t_{co(5)} = 15 \text{ min}$$

$$t_z = 6 \text{ min}$$

$$m_p = 5$$

###### *Technologické parametry:*

$$t_{ACj} = 21 \text{ min}$$

$$t_{BCj} = 55 \text{ min}$$

$$d_{vj} = 200 \text{ ks}$$

$$M_{tAC(1)} = 150 \text{ Kč} \quad R_{s(1)} = 830 \% \quad N_{hs(1)} = 1100 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(2)} = 200 \text{ Kč} \quad R_{s(2)} = 850 \% \quad N_{hs(2)} = 1000 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(3)} = 160 \text{ Kč} \quad R_{s(3)} = 860 \% \quad N_{hs(3)} = 980 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(4)} = 170 \text{ Kč} \quad R_{s(4)} = 810 \% \quad N_{hs(4)} = 950 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(5)} = 150 \text{ Kč} \quad R_{s(5)} = 805 \% \quad N_{hs(5)} = 1050 \text{ Kč}$$

###### Vypočítané hodnoty:

$m_t = 5 \rightarrow m = 5 \rightarrow$  počet obsluhovaných strojů je stejný jako teoretický počet strojů

$$t_{mA(i)} = 30 \text{ min}$$

$$t_{mA6(1)} = 0 \text{ min}$$

$$t_{mA6(2)} = 5 \text{ min}$$

$$t_{mA6(3)} = 10 \text{ min}$$

$$t_{mA6(4)} = 12 \text{ min}$$

$$t_{mA6(5)} = 15 \text{ min}$$

*Technologické parametry:*

$$k_{v0} = 3,8161$$

$$n_k = 10 \text{ ks}$$

$$N_1 = 1247,50 \text{ Kč}$$

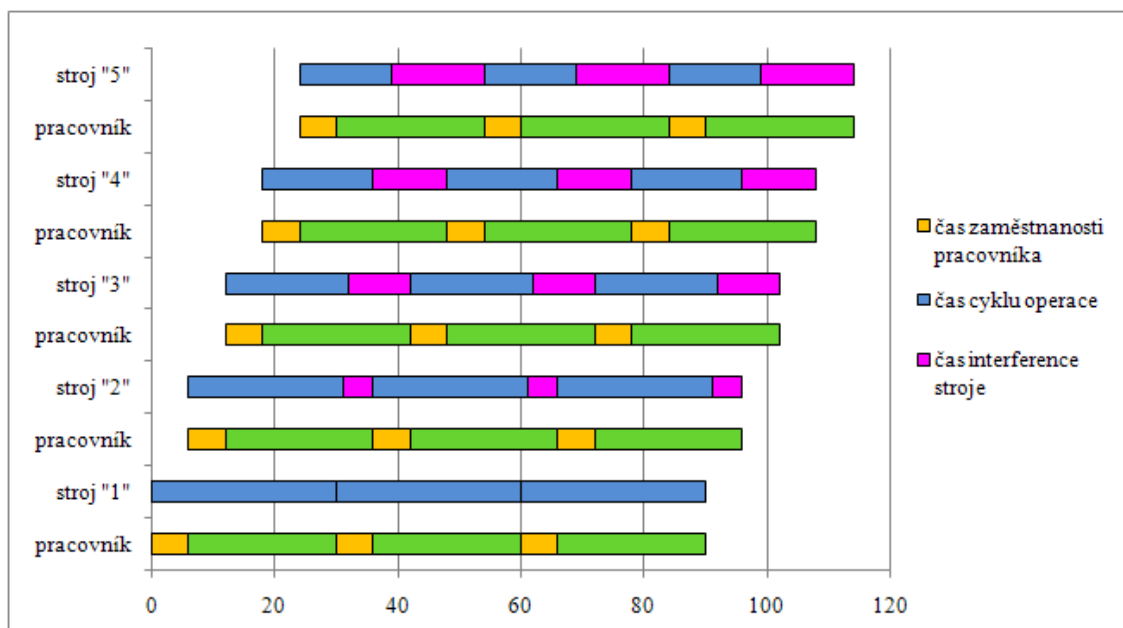
$$N_2 = 1450,00 \text{ Kč}$$

$$N_3 = 1258,00 \text{ Kč}$$

$$N_4 = 1248,50 \text{ Kč}$$

$$N_5 = 1203,75 \text{ Kč}$$

Grafické zobrazení je uvedeno na obr. 4.5.



Obr. 4.5 Grafická analýza příkladu 4

V řešené variantě je pracovník plně zaměstnán. U všech strojů s výjimkou stroje prvního se realizuje čas interference stroje.

**b) Příklad 5 –  $m < m_t$ ,  $m \cdot t_z < t_{co(max)}$** Zadané hodnoty:

$$t_{co(1)} = 28 \text{ min}$$

$$t_{co(2)} = 22 \text{ min}$$

$$t_{co(3)} = 20 \text{ min}$$

$$t_{co(4)} = 17 \text{ min}$$

$$t_{co(5)} = 14 \text{ min}$$

$$t_z = 5 \text{ min}$$

$$m_p = 5$$

*Technologické parametry:*

$$t_{ACj} = 21 \text{ min}$$

$$t_{BCj} = 55 \text{ min}$$

$$d_{vj} = 200 \text{ ks}$$

$$M_{tAC(1)} = 150 \text{ Kč} \quad R_{s(1)} = 830 \% \quad N_{hs(1)} = 1100 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(2)} = 200 \text{ Kč} \quad R_{s(2)} = 850 \% \quad N_{hs(2)} = 1000 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(3)} = 160 \text{ Kč} \quad R_{s(3)} = 860 \% \quad N_{hs(3)} = 980 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(4)} = 170 \text{ Kč} \quad R_{s(4)} = 810 \% \quad N_{hs(4)} = 950 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(5)} = 150 \text{ Kč} \quad R_{s(5)} = 805 \% \quad N_{hs(5)} = 1050 \text{ Kč}$$

Vypočítané hodnoty:

$m_t = 5,6 \rightarrow m = 5 \rightarrow$  počet obsluhovaných strojů je menší než teoretický počet strojů

$$t_{mA} = 28 \text{ min}$$

$$t_{mA6(1)} = 0 \text{ min}$$

$$t_{mA6(2)} = 6 \text{ min}$$

$$t_{mA6(3)} = 8 \text{ min}$$

$$t_{mA6(4)} = 11 \text{ min}$$

$$t_{mA6(5)} = 14 \text{ min}$$

$$t_{A32} = 3 \text{ min}$$

*Technologické parametry:*

$$k_{v0} = 3,8161$$

$$n_k = 10 \text{ ks}$$

$$N_1 = 1164,33 \text{ Kč}$$

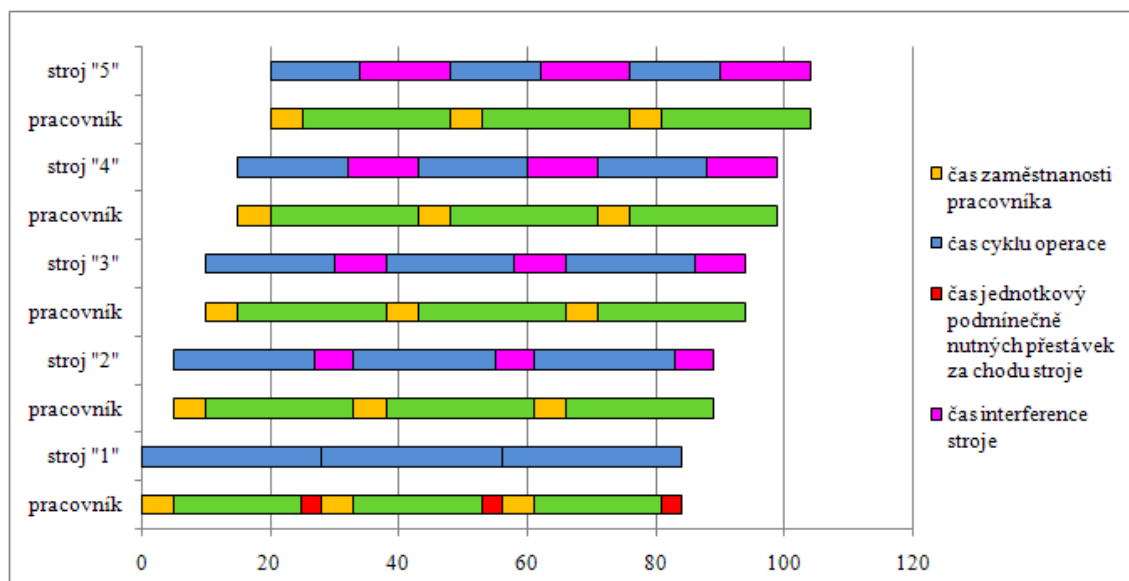
$$N_2 = 1353,33 \text{ Kč}$$

$$N_3 = 1174,13 \text{ Kč}$$

$$N_4 = 1164,27 \text{ Kč}$$

$$N_5 = 1123,50 \text{ Kč}$$

Grafické zobrazení je uvedeno na obr. 4.6.



Obr. 4.6 Grafická analýza příkladu 5

V řešené variantě nejsou pracovník ani stroje plně využiti. U všech strojů s výjimkou prvního stroje se realizuje čas interference stroje. Zároveň se realizuje čas čekání pracovníka.

**c) Příklad 6 –  $m > m_t$ ,  $m \cdot t_z > t_{co(max)}$** Zadané hodnoty:

$$t_{co(1)} = 27 \text{ min}$$

$$t_{co(2)} = 23 \text{ min}$$

$$t_{co(3)} = 22 \text{ min}$$

$$t_{co(4)} = 20 \text{ min}$$

$$t_{co(5)} = 16 \text{ min}$$

$$t_z = 6 \text{ min}$$

$$m_p = 5$$

*Technologické parametry:*

$$t_{ACj} = 21 \text{ min}$$

$$t_{BCj} = 55 \text{ min}$$

$$d_{vj} = 200 \text{ ks}$$

$$M_{tAC(1)} = 150 \text{ Kč} \quad R_{s(1)} = 830 \% \quad N_{hs(1)} = 1100 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(2)} = 200 \text{ Kč} \quad R_{s(2)} = 850 \% \quad N_{hs(2)} = 1000 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(3)} = 160 \text{ Kč} \quad R_{s(3)} = 860 \% \quad N_{hs(3)} = 980 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(4)} = 170 \text{ Kč} \quad R_{s(4)} = 810 \% \quad N_{hs(4)} = 950 \text{ Kč}$$

$$M_{tAC(5)} = 150 \text{ Kč} \quad R_{s(5)} = 805 \% \quad N_{hs(5)} = 1050 \text{ Kč}$$

Vypočítané hodnoty:

$m_t = 4,5 \rightarrow m = 5 \rightarrow$  počet obsluhovaných strojů je větší než teoretický počet strojů

$$t_{mA} = 27 \text{ min}$$

$$t_{mA6(1)} = 3 \text{ min}$$

$$t_{mA6(2)} = 7 \text{ min}$$

$$t_{mA6(3)} = 8 \text{ min}$$

$$t_{mA6(4)} = 10 \text{ min}$$

$$t_{mA6(5)} = 14 \text{ min}$$

*Technologické parametry:*

$$k_{vo} = 3,8161$$

$$n_k = 5 \text{ ks}$$

$$N_1 = 1122,75 \text{ Kč}$$

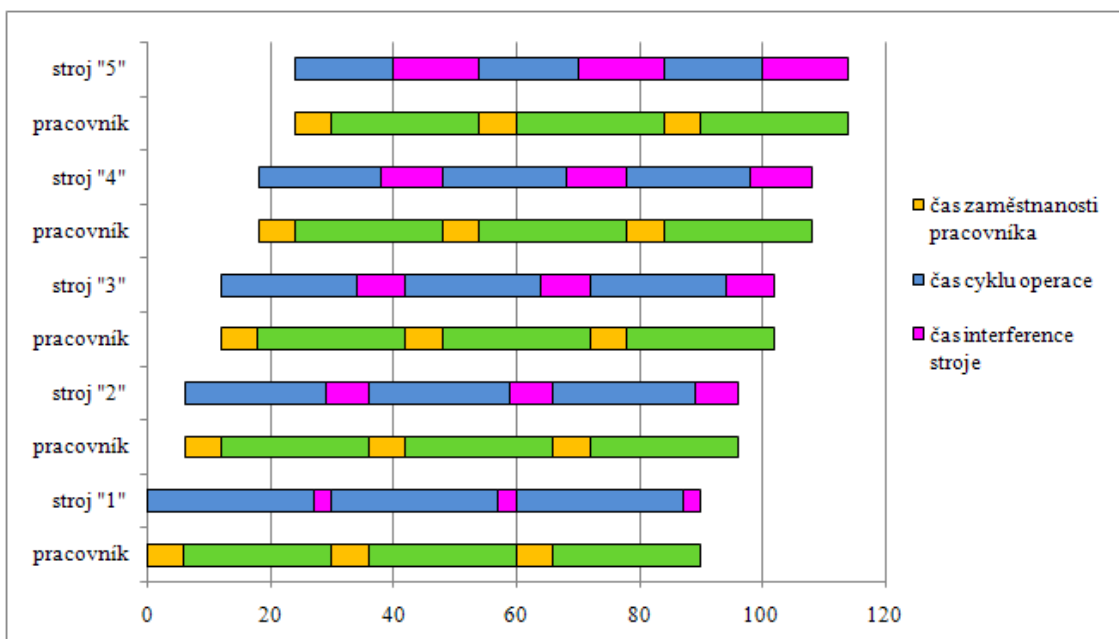
$$N_2 = 1305,00 \text{ Kč}$$

$$N_3 = 1132,20 \text{ Kč}$$

$$N_4 = 1123,65 \text{ Kč}$$

$$N_5 = 1083,38 \text{ Kč}$$

Grafické zobrazení je uvedeno na obr. 4.7.



Obr. 4.7 Grafická analýza příkladu 6

V řešené variantě je pracovník plně využit. U všech strojů se realizuje čas interference stroje.

## ZÁVĚR

Realizaci VSO lze uskutečnit při několika podmínkách, které je nutné splnit.

Nejdůležitější a nejsložitější je zvládnutí organizace VSO z technologického hlediska. Musí být zajištěn technologický proces, např. plynulý přísun materiálu, popř. polotovarů, a odvoz hotových součástí na další pracoviště nebo do skladu hotových součástí.

Aplikace VSO v praxi umožňuje zvýšit počet vyrobených součástí, zároveň se však objem výroby stává jednou z podmínek zavedení VSO. Objem výroby musí být dostatečný, aby se zavedení VSO vyplatila.

VSO předpokládá navýšení počtu strojů ve výrobě a je třeba zabezpečit dostatečný objem výroby, aby stroje byly maximálně zaměstnány po dostatečně dlouhou dobu. Zavádění VSO si může vyžádat i stavební úpravy provozu. Jestliže je později zjištěno, že podnik vyrábí větší množství obrobků pouze nárazově, během určitého období roku, může být finanční investice kvůli VSO do provozu zbytečná.

Zároveň se musí VSO vyplatit z hlediska nákladů na výrobu. Při VSO dochází k navýšení nákladů na energie, neboť je v provozu více strojů. Navíc je vhodné při realizaci VSO v praxi zohlednit vyšší nasazení obsluhy. Může nastat případ, kdy součinitel zaměstnanosti obsluhujícího pracovníka je roven 1, pak pracovník teoreticky nemá čas na oddych a je nutné, aby došlo k ohodnocení vykonané práce za daných ztížených podmínek. Navíc i přes grafické zobrazení je nutné naplánovat přestávky pracovníka na oddych, dochází tedy k zastavení výroby alespoň na některém z obsluhovaných strojů. Obvykle dochází k přesunu pracovníka do vyšší platové třídy. Toto opatření však závisí na interních předpisech jednotlivých firem.

Pro další řešení daného tématu je doporučeno postupně zlepšovat navržené řešení.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ČÁLEK, J. *Zásady obsluhy na více strojích*. Praha: Oborový institut ČKD, 1982.
2. POKORNÝ, Zdeněk. *Zásady vícestrojové obsluhy*. Brno: Dům techniky ČSVTS Brno, 1989. ISBN 80-02-99869-3.
3. PROKOP, Jaroslav. *Technologická příprava výroby*. [přednáška]. Brno. Přednášeno: 28. 11. 2007, 5. 12. 2007.
4. VIGNER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1984. 592 s.
5. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI, Katedra průmyslového inženýrství a managementu. *Řízení a organizace práce*. Syllabus [online]. [cit. 2008-03-05]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.kpv.zcu.cz/rop/rop.doc>>.
6. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2219-X.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CNC	–	Computer Numerical Control = počítačem číslicově řízený (stroj)
$M_{tAC}$	[Kč]	Mzdový tarif na jednu hodinu práce
$M_{tACj}$	[Kč]	Mzdový tarif na jednu hodinu práce u stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$
$M_{tACk}$	[Kč]	Mzdový tarif na jednu hodinu práce při $t_{z(i)}$
$M_{tACl}$	[Kč]	Mzdový tarif na jednu hodinu práce u stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$ , při $t_{z(i)}$
$N$	[Kč]	Náklady na obrobení jednoho kusu
$N_j$	[Kč]	Náklady na obrobení jednoho kusu u stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$
$N_k$	[Kč]	Náklady na obrobení jednoho kusu při $t_{z(i)}$
$N_l$	[Kč]	Náklady na obrobení jednoho kusu u stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$ , při $t_{z(i)}$
$N_{hs}$	[Kč]	Náklady na jednu hodinu provozu stroje
$N_{hsj}$	[Kč]	Náklady na jednu hodinu provozu stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$
$N_{hsk}$	[Kč]	Náklady na jednu hodinu provozu stroje při $t_{z(i)}$
$N_{hsl}$	[Kč]	Náklady na jednu hodinu provozu stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$ , při $t_{z(i)}$
$N_{mAC}$	[Kč]	Náklady na mzdy na obrobení jednoho kusu vztahované k času $t_{AC}$
$N_{psAC}$	[Kč]	Náklady na provoz stroje na obrobení jednoho kusu
$R_s$	[%]	Režie
$R_{sj}$	[%]	Režie stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$
$R_{sk}$	[%]	Režie stroje při $t_{z(i)}$
$R_{sl}$	[%]	Režie stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$ , při $t_{z(i)}$
$T_A$	[min]	Čas jednotkový ve směně

$T_{A1}$	[min]	Čas jednotkové práce ve směně
$T_{A2}$	[min]	Čas jednotkový obecně nutných přestávek ve směně
$T_{A3}$	[min]	Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek ve směně
$T_B$	[min]	Čas dávkový ve směně
$T_{B1}$	[min]	Čas dávkové práce ve směně
$T_{B2}$	[min]	Čas dávkový obecně nutných přestávek ve směně
$T_{B3}$	[min]	Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek ve směně
$T_C$	[min]	Čas směnový ve směně
$T_{C1}$	[min]	Čas směnové práce ve směně
$T_{C2}$	[min]	Čas směnový obecně nutných přestávek ve směně
$T_{C3}$	[min]	Čas směnový podmíněčně nutných přestávek ve směně
VSO	–	Vícestrojová obsluha
$d_v$	[ks]	Výrobní dávka
$d_{vj}$	[ks]	Výrobní dávka vyráběná časem $t_{co(max)}$
$d_{v(stř)}$	[ks]	Výrobní dávka střední určená jako aritmetický průměr jednotlivých $d_v$
$k_{vo}$	[–]	Součinitel vícestrojové obsluhy
$k_{vs}$	[–]	Součinitel využití stroje
$k_{vs(i)}$	[–]	Součinitel využití itého stroje
$k_{vsj}$	[–]	Součinitel využití stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$
$k_{vsk}$	[–]	Součinitel využití stroje při $t_{z(i)}$
$k_{vsl}$	[–]	Součinitel využití stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$ , při $t_{z(i)}$
$k_{vsm}$	[–]	Součinitel využití strojů při obsluze $m$ strojů
$k_z$	[–]	Součinitel zaměstnanosti pracovníka

$k_{z(i)}$	[-]	Součinitel zaměstnanosti pracovníka na itém stroji
$k_{zm}$	[-]	Součinitel zaměstnanosti pracovníka při obsluze $m$ strojů
$k_{z(min)}$	[-]	Součinitel zaměstnanosti pracovníka na stroji s nejdelším časem cyklu operace
$m$	[-]	Počet obsluhovaných strojů
$m_j$	[-]	Počet strojů se shodným časem $t_{co(i)}$
$m_k$	[-]	Počet strojů se shodným časem $t_{z(i)}$
$m_l$	[-]	Počet strojů se shodným časem $t_{co(i)}$ a shodným časem $t_{z(i)}$
$m_p$	[-]	Předpokládaný počet obsluhovaných strojů
$m_t$	[-]	Teoretický počet strojů
$n_k$	[ks]	Počet kusů obrobených za jednotku času
$n_{kj}$	[ks]	Počet kusů obrobených při $t_{co(i)}$
$n_{kk}$	[ks]	Počet kusů obrobených při $t_{z(i)}$
$n_{kl}$	[ks]	Počet kusů obrobených při $t_{co(i)}$ , $t_{z(i)}$
$t_A$	[min]	Čas jednotkový
$t_{AC}$	[min]	Čas jednotkový s přírážkou času směnového
$t_{ACj}$	[min]	Čas jednotkový s přírážkou času směnového při $t_{co(max)}$
$t_{ACl}$	[min]	Čas jednotkový s přírážkou času směnového vycházející z $t_{z(stř)}$ a $t_{co(max)}$
$t_{AC(stř)}$	[min]	Střední čas jednotkový s přírážkou času směnového vycházející z $t_{z(stř)}$
$t_{AS}$	[min]	Čas jednotkový strojní
$t_{Ax}$	[min]	Čas jednotkové nepravidelné obsluhy
$t_{A1}$	[min]	Čas jednotkové práce
$t_{A1(i)}$	[min]	Čas jednotkové práce na itém stroji
$t_{A11}$	[min]	Čas jednotkové práce za klidu stroje
$t_{A12}$	[min]	Čas jednotkové práce za chodu stroje

$t_{A12(i)}$	[min]	Čas jednotkové práce na itém stroji za chodu stroje
$t_{A13}$	[min]	Čas jednotkové práce strojně ruční
$t_{A2}$	[min]	Čas jednotkový obecně nutných přestávek
$t_{A211}$	[min]	Čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{A221}$	[min]	Čas jednotkový obecně nutných přestávek za chodu stroje
$t_{A3}$	[min]	Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek
$t_{A31}$	[min]	Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{A32}$	[min]	Čas jednotkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje
$t_B$	[min]	Čas dávkový
$t_{BC}$	[min]	Čas dávkový s přírážkou času směnového
$t_{BCj}$	[min]	Čas dávkový s přírážkou času směnového při $t_{co(max)}$
$t_{BCI}$	[min]	Čas dávkový s přírážkou času směnového, vycházející z $t_{z(stř)}$ a $t_{co(max)}$
$t_{BC(stř)}$	[min]	Střední čas jednotkový s přírážkou času směnového, vycházející z $t_{z(stř)}$
$t_{B1}$	[min]	Čas dávkové práce
$t_{B11}$	[min]	Čas dávkové práce za klidu stroje
$t_{B12}$	[min]	Čas dávkové práce za chodu stroje
$t_{B2}$	[min]	Čas dávkový obecně nutných přestávek
$t_{B211}$	[min]	Čas dávkový obecně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{B221}$	[min]	Čas dávkový obecně nutných přestávek za chodu stroje
$t_{B3}$	[min]	Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek
$t_{B31}$	[min]	Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje

$t_{B32}$	[min]	Čas dávkový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje
$t_c$	[min]	Čas směnový
$t_{C1}$	[min]	Čas směnové práce
$t_{C11}$	[min]	Čas směnové práce za klidu stroje
$t_{C12}$	[min]	Čas směnové práce za chodu stroje
$t_{C2}$	[min]	Čas směnový obecně nutných přestávek
$t_{C201}$	[min]	Čas směnový obecně nutných pravidelných přestávek
$t_{C202}$	[min]	Čas směnový obecně nutných nepravidelných přestávek
$t_{C3}$	[min]	Čas směnový podmíněčně nutných přestávek
$t_{C31}$	[min]	Čas směnový podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{C32}$	[min]	Čas směnový podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje
$t_D$	[min]	Čas ztrát osobních
$t_{D1}$	[min]	Čas ztrát osobních zaviněných
$t_{D2}$	[min]	Čas ztrát osobních nezaviněných
$t_E$	[min]	Čas ztrát technicko-organizačních
$t_{E1}$	[min]	Čas ztrát technicko-organizačních způsobených víceprací
$t_{E2}$	[min]	Čas ztrát technicko-organizační způsobených čekáním
$t_F$	[min]	Čas ztrát v důsledku působení vyšší moci
$t_Z$	[min]	Čas ztrát
$t_{co}$	[min]	Čas cyklu operace
$t_{co(i)}$	[min]	Čas cyklu operace itého stroje
$t_{com}$	[min]	Čas cyklu operace při obsluze m strojů
$t_{co(max)}$	[min]	Nejdelší čas cyklu operace
$t_{co(min)}$	[min]	Nejkratší čas cyklu operace
$t_{cs}$	[min]	Čas cyklu stroje

$t_{cs(i)}$	[min]	Čas cyklu itého stroje
$t_{csj}$	[min]	Čas cyklu stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$
$t_{csl}$	[min]	Čas cyklu stroje pracujícího časem $t_{co(i)}$ , při $t_{z(i)}$
$t_{mA}$	[min]	Jednotkový čas stroje
$t_{mA(i)}$	[min]	Jednotkový čas itého stroje
$t_{mA4}$	[min]	Jednotkový čas chodu stroje
$t_{mA4(i)}$	[min]	Jednotkový čas chodu itého stroje
$t_{mA41}$	[min]	Jednotkový čas hlavního chodu stroje
$t_{mA42}$	[min]	Jednotkový čas pomocného chodu stroje
$t_{mA5}$	[min]	Jednotkový čas klidu stroje
$t_{mA6}$	[min]	Jednotkový čas interference stroje
$t_{mA6(i)}$	[min]	Jednotkový čas interference itého stroje
$t_{vs}$	[min]	Čas využití stroje
$t_z$	[min]	Čas zaměstnanosti pracovníka
$t_{z(i)}$	[min]	Čas zaměstnanosti pracovníka při obsluze itého stroje
$t_{zm}$	[min]	Čas zaměstnanosti pracovníka při obsluze $m$ strojů
$t_{z(stř)}$	[min]	Střední hodnota času zaměstnanosti pracovníka

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1    Program v *Microsoft Excel* (ve verzi 2003 a 2007) (CD-ROM)  
                 Plná elektronická verze diplomové práce (CD-ROM)

## **Příloha 1**