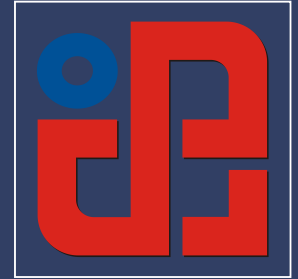




FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO



PROJEKTOVANJE I OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKIH PROCESA PROIZVODNJE

**VEŽBA 6: Efekti diferencijacije i koncentracije
zahvata i operacija obrade**

Prof. dr Dejan Lukić

Pojam diferencijacije i koncentracije zahvata i operacija

Diferencijacija zahvata

Ako se zahvati u okviru operacije izvode redno jedan za drugim, tako da se svaki zahvat izvodi jednim alatom, onda je reč o obradi sa diferenciranim načinom izvođenja zahvata.

Ako imamo k-zahvata obrade, onda ciklusno vreme operacije glasi:

$$T_o = t_{z1} + t_{z2} + \dots + t_{zi} + \dots + t_{zk} = \sum_{i=1}^k t_{zi}$$
$$t_z = t_g + t_p$$

t_g – glavno (osnovno) vreme obrade

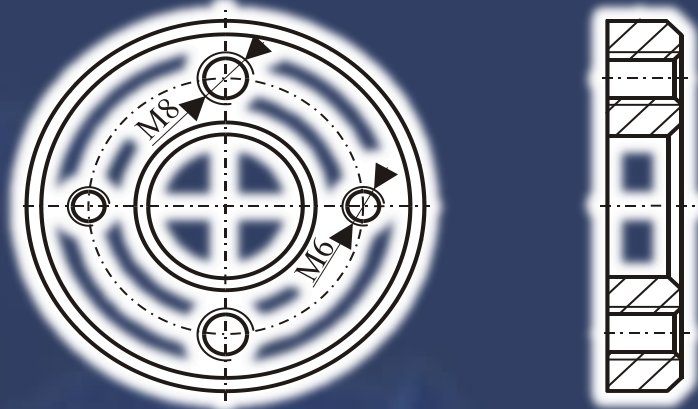
t_p - pomoćno vreme obrade

Ako se odredi srednje ciklusno vreme zahvata t_{zsr} onda je vreme operacije sa diferenciranim načinom izvođenja zahvata određeno izrazom:

$$T_o = k \cdot t_{zsr}$$

Primeri primene: Univerzalni strugovi, jednovretene bušilice, univerzalne glodalice, brusilice ...

Izrada četiri otvora sa navojem realizuje se u jednoj operaciji na NC bušilici sa revolverskom glavom, pri čemu se zahvati obrade realizuju redno (jedan za drugim):



- Bušenje 2xØ6,8 i 2xØ5 rednim izvođenjem zahvata / burgija Ø6,8 i Ø5 **4x20s**
 - Upuštanje 2x1/45°naØ6,8 i 2x1/45°naØ5 rednim izvođ. zahv./2 Upuštača **4x10s**
 - Urezivanje 2xM8 i 2xM6 rednim izvođenjem zahvata / ureznik M8 i M6 **4x30s**
-
- 1 operacija – 12 zahvata obrade koji se izvode redno **Σ=240s**

$$T_o = k \cdot t_{zsr} = 12 \cdot 20s = 240s$$

k=12 - broj zahvata koji se izvode redno
 $t_{zsr}=20s$ – srednje vreme zahvata obrade

Koncentracija I stepena (koncentracija zahvata obrade)

Tehnološko rešenje kada se više zahvata obrade realizuje istovremeno u jedno stezanju (operaciji obrade). Ciklusno vreme operacije iznosi:

$$T_I = \frac{k}{m} \cdot t_{zsr}$$

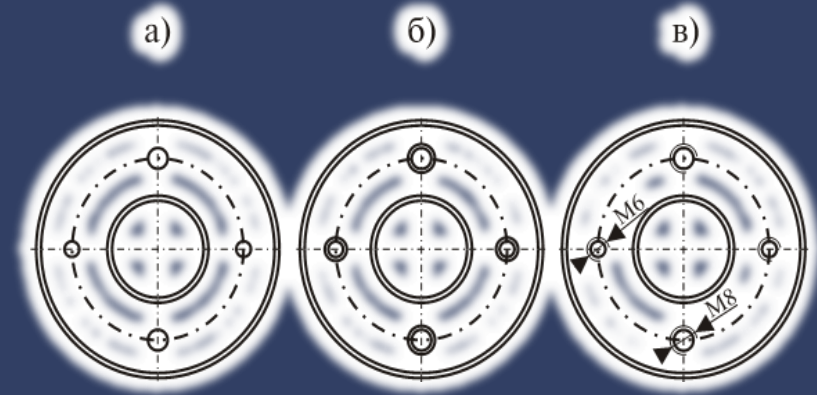
m - broj zahvata koji se izvode istovremeno

$$T_I = \frac{T_o}{m}$$

vreme operacije se smanjilo koliko se broj zahvata istovremeno izvodi - m

Primeri primene: Obrada na jednovretenim automatima, višesečnim strugovima, viševretenim bušilicama, bušilicama sa viševretenom glavom.....

Izrada četiri otvora sa navojem realizuje se u tri operacije koje se izvode redno sa sledećim usvojenim rešenjem:



- 1. operacija – Bušilica sa viševretenom glavom / 2 burgije Ø6,8 i 2 burgije Ø5:
Bušenje 2xØ6,8 i 2xØ5 sa paralelnim (istovremenim) izvođenjem zahvata **20 s**
- 2. operacija - Bušilica sa viševretenom glavom / 4 upuštača:
Upuštanje 2x1/45° na Ø6,8 i 2x1/45° na Ø5 sa paralelnim izvođ. zahvata **10 s**
- 3. operacija - Bušilica sa viševret. glavom / 2 ureznika M8 i 2 ureznika M6:
Urezivanje 2xM8 i 2xM sa paralelnim izvođenjem zahvata **30 s**

Tri Operacije sa po jednim koncentrisanim zahvatom

Σ=60 s

$$T_I = \frac{k}{m} \cdot t_{zsr} = \frac{12}{4} 20s = 60s$$

m=4 - broj zahvata koji se izvode istovremeno

Koncentracija II stepena (koncentracija operacija obrade)

Tehnološko rešenje kada se više operacija sa koncentracijom I stepena realizuje istovremeno u jednoj operaciji (više radnih predmeta se obrađuje na više radnih pozicija istovremeno) predstavlja obradu sa koncentracijom II stepena. Izraz za ciklusno vreme je:

$$T_{II} = \frac{k}{m \cdot n} \cdot t_{zsr}$$

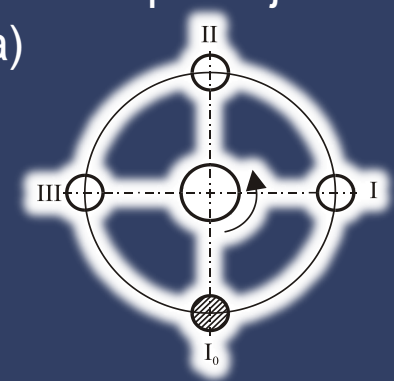
n - broj radnih pozicija koje rade istovremeno

$$T_I = \frac{T_I}{n} = \frac{T_o}{m \cdot n}$$

vreme operacije se smanjilo koliko postoji radnih pozicija na kojima se zahvati izvode redno

Primeri primene; Viševretni automati i poluautomati za struganje, bušenje, glodanje....., Agregatne višepozicione mašine.....

Izrada četiri otvora sa navojem realizuje se u jednoj operacije koje se izvode paralelno na Viševretenoj mašini za bušenje (sa 4 pozicije – 3 radne pozicije i 1 teretna stanica gde se vrši postavljanje i skidanje radnih predmeta)



- I pozicija: Bušenje 2xØ6,8 i 2xØ5 paralelno (istovremeno)
- II pozicija: Upuštanje 2x1/45°na Ø6,8 i 2x1/45°na Ø5 paralelno
- III pozicija: Urezivanje 2xM8 i 2xM6 paralelno (istovremeno)
- IV pozicija: Postavljanje i skidanje delova

20s

10s

30s

Jedna Operacija na 3 radne pozicije+1 pomoćna pozicija

t_{zmax}=30s

$$T_{II} = \frac{k}{m \cdot n} \cdot t_{zsr} = \frac{12}{4 \cdot 3} \cdot 20s = 20s$$

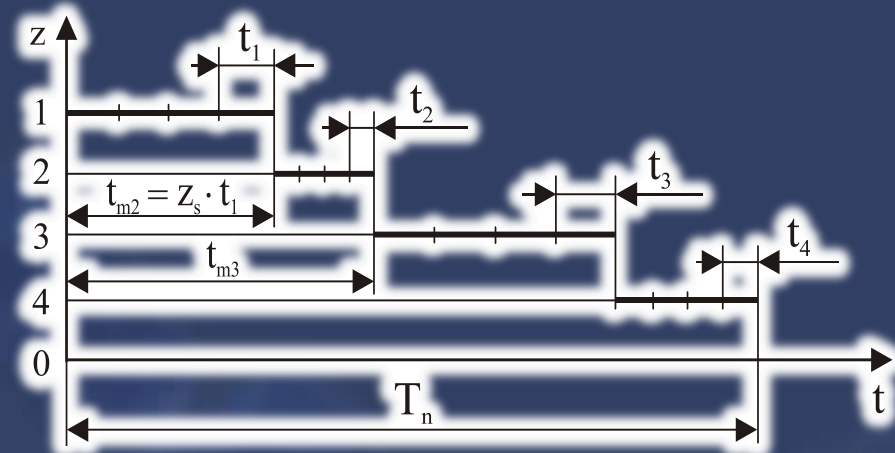
Kao merodavno vreme uzima se vreme trajanja najduže operacije obrade na poziciji, što je u ovom slučaju na poziciji III, **t_{zmax}=30s**.

U praksi se to rešava tako što se ujednačavaju vremena trajanja zahvata i operacija obrade, deljenjem na više kraćih zahvata ili pak objedinjavanjem više operacija u jednu.

Varijante izvođenja operacija obrade serije delova

Redni način izvođenja operacija

Kod rednog izvođenja operacija izrade serije delova, obrada na sledećoj operaciji počinje po završetku obrade svih delova na prethodnoj operaciji, što za veličinu serije $z_s=4$, ima izgled



Tehnološko ciklusno vreme iznosi:

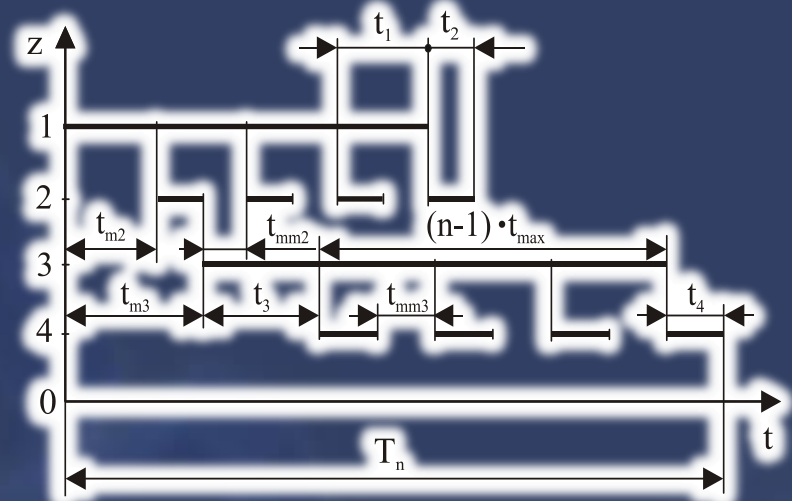
$$T_n = z_s \cdot \sum_{i=1}^z t_{ki} = z_s \cdot (t_{k1} + t_{k2} + t_{k3} + t_{k4})$$

Ako su vremena operacija $t_{k1}=10$ min., $t_{k2}=5$ min., $t_{k3}=15$ min., $t_{k4}=8$ min., onda je tehnološko ciklusno vreme izvođenja svih operacija:

$$T_n = 4 \cdot (10 + 5 + 12 + 8) = 140 \text{ min.}$$

Paralelni način izvođenja operacija

Pri paralelnom, odnosno istovremenom izvođenju operacija, obrada se izvodi tako da se po završetku obrade prvog obradka na prethodnoj operaciji odmah počinje njegova obrada u sledećoj operaciji. Ciklogram ove varijante izvođenja operacija za usvojeni primer veličine serije $z_s=4$ ima sledeći izgled.



Tehnološko ciklusno vreme iznosi:

$$T_n = t_{k1} + t_{k2} + \dots + t_{ki} + (z_s - 1) \cdot t_{kmax}$$

Ako su ista vremena operacija obrade kao u prethodnom primeru onda tehnološko ciklusno vreme izvođenja svih operacija na svim delovima iznosi:

$$T_n = 10 + 5 + 12 + 8 + (4 - 1) \cdot 12 = 71 \text{ min.}$$

Redo-paralelni način izvođenja operacija

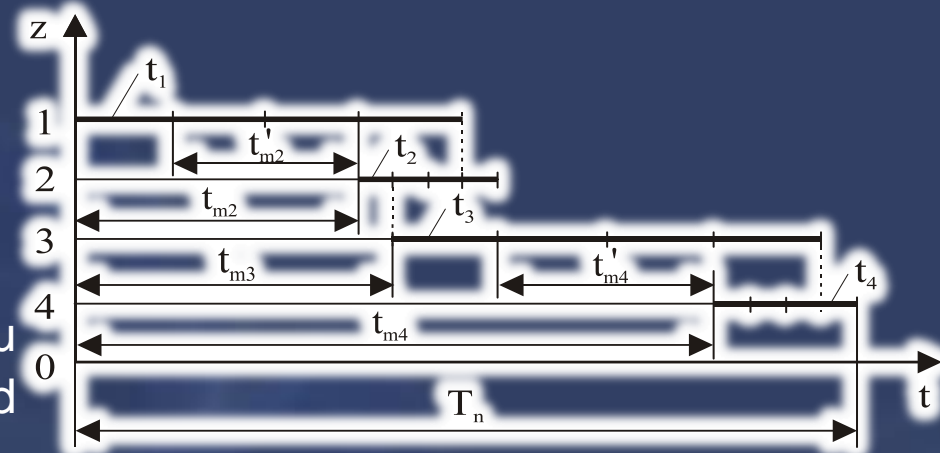
Kod redno-paralelnog načina izvođenja operacija obrade vrši se racionalizacija prethodna dva načina izvođenja operacija (eliminiraju se međuvremena čekanja t_{mi} koja se javljaju kod paralelnog načina, a kraće je od rednog načina izvođenja operacija).

Ciklogram ove varijante izvođenja operacija za usvojeni primer veličine serije $z_s=4$ ima sledeći izgled.

Tehnološko ciklusno vreme iznosi:

$$T_n = \sum_{i=1}^z t_{ki} + \sum_{i=1}^n t'_{m_i} + (z_s - 1) \cdot t_{kn}$$

t_{mi} – međuvremena čekanja koja se javljaju kada je prethodna operacija duža od naredne



U posmatrano slučaju javljaju se međuvremena čekanja između 1 \wedge 2, 3 \wedge 4 operacije, pa je izraz:

$$T_n = \sum_{i=1}^z t_{ki} + t'_{m_2} + t'_{m_4} + (z_s - 1) \cdot t_{k4} = 10 + 5 + 12 + 8 + 15 + 12 + (4 - 1) \cdot 8 = 86 \text{ min.}$$

$$t'_{m_2} = (z_s - 1) \cdot (t_{k1} - t_{k2}) = (4 - 1) \cdot (10 - 5) = 15 \text{ min.}$$

$$t'_{m_4} = (z_s - 1) \cdot (t_{k3} - t_{k4}) = (4 - 1) \cdot (12 - 8) = 12 \text{ min.}$$

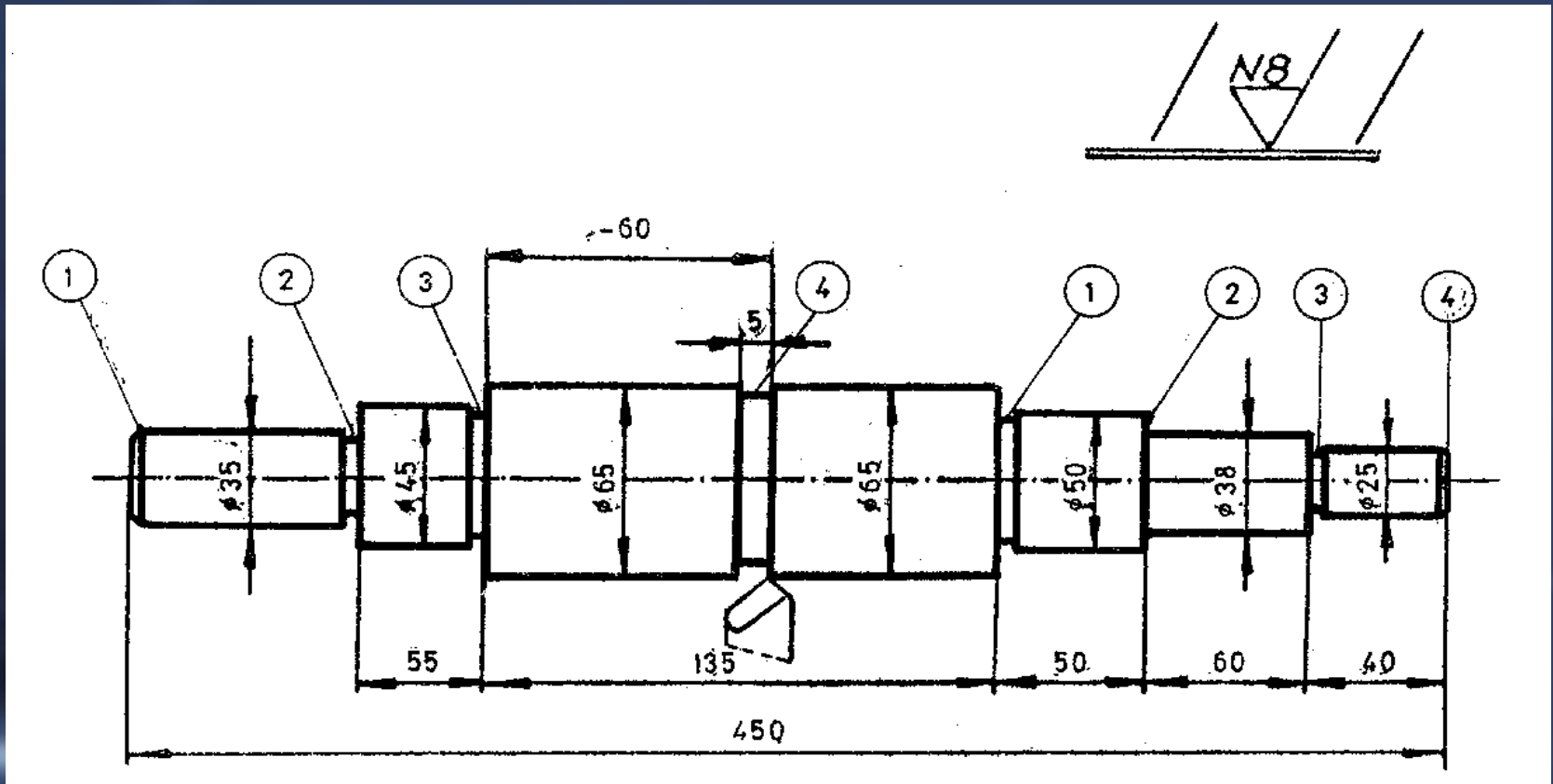
Varijante izvođenja operacija i zahvata u TPO

Redni broj kombinacije	Redosled izvođenja	
	Operacija	Zahvat
1	R	R
2	R	R-P
3	R	P
4	R-P	R
5	R-P	R-P
6	R-P	P
7	P	R
8	P	R-P
9	P	P

Zadatak:

Za deo tehnološkog procesa izrade stepenaste osovine, koji se odnosi na struganje, prema slici, potrebno je izvršiti analizu efekata usvojenih varijanti, odnosno kombinacija redosleda izvođenja zahvata i operacija uz napomenu da je obrada krajeva izvršena prethodno.

Planom proizvodnje je utvrđeno da je potrebna proizvodnost: $P_t=130$ kom/smeni



1. Efekti obrade sa diferencijacijom zahvata

Ako se zahvati pojedinih operacija izvode redno, tako da se svaki zahvat izvodi jednim alatom, onda je reč o obradi sa diferenciranim načinom izvođenja zahvata.

Da bi se zadatak efikasno rešio usvajaju se sledeće pretpostavke:

- Vremena obrade leve i desne strane osovine su jednaka,
- Vremena grube i završne obrade pojedinih zahvata su takođe jednaka

Na osnovu zahteva u pogledu kvaliteta može se konstatovati da se sve površine obrađuju grubo i završno.

Takođe, usvaja se da se prečnik $\phi 65$ do polovine dužine obrađuje sa desne strane, a druga polovina s leve strane.

- Desna strana ima 4 uzdužne ($\Phi 65,50,38,25$) i 4 poprečne obrade,
- Leva strana ima 3 uzdužne ($\Phi 65,45,35$) i 4 poprečne obrade

Pošto se sve površine obrađuju grubo i završno broj potrebnih alata za potpuno diferenciranu obradu bio bi:

- 7 alata za uzdužnu grubu obradu,
- 7 alata za uzdužnu završnu obradu,
- 8 alata za poprečnu grubu obradu,
- 8 alata za uzdužnu završnu obradu,

Ukupan broj alata: $k=30$

Elementi pomoćnog i glavnog vremena grube ili završne obrade jedne strane osovine za slučaj rednog izvođenja zahvata

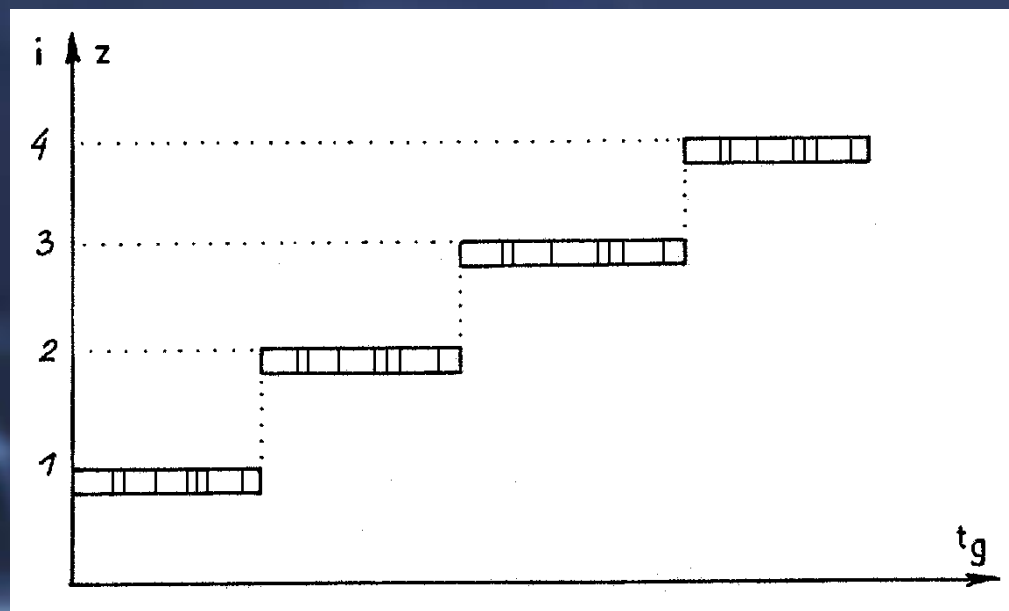
R.Br.	Opis pokreta i zahvata	Vreme (s)
1	Postavljanje, stezanje, otpuštanje i skidanje osovine sa struga	60
2	Postavljanje i skidanje nosača alata, primicanje i odmicanje alata, promena režima	30
3.1.	Obrada prečnika $\phi 65 \times 75$	22,8
Σ_1		112,8
4.	Postavljanje i skidanje nosača alata, primicanje i odmicanje alata, promena režima	30
4.1.	Struganje žljeba između prečnika $\phi 65/50$	6
5.	Postavljanje i skidanje nosača alata, primicanje i odmicanje alata, promena režima	30
5.1.	Struganje prečnika $\phi 50 \times 50$	18
Σ_2		84
6.	Postavljanje i skidanje nosača alata, primicanje i odmicanje alata, promena režima	30
6.1.	Struganje prečnika $\phi 38 \times 60$	18
6.2.	Poravnanje čela između prečnika $\phi 50/38$	3
7.	Postavljanje i skidanje nosača alata, primicanje i odmicanje alata, promena režima	30
7.1.	Struganje žljeba između prečnika $\phi 38/25$	6
Σ_3		87
8.	Postavljanje i skidanje nosača alata, primicanje i odmicanje alata, promena režima	30
8.1.	Struganje prečnika $\phi 25 \times 40$	16,8
9.	Postavljanje i skidanje nosača alata, primicanje i odmicanje alata, promena režima	30
9.1.	Obaranje ivice na prečniku $\phi 25$	6
Σ_4		82,8
UKUPNO:		366,6

Slučaj 1.: Gruba ili završna obrada jedne strane osovine se izvodi u jednoj operaciji

Za usvojene pretpostavke, vreme obrade prema prethodnoj tabeli 2 predstavlja samo 1/4 potrebnog vremena za ukupnu obradu struganjem. Prema tome ukupno komadno vreme obrade za 4 operacije koje se izvode redno sa diferenciranim (rednim) načinom izvođenja zahvata obrade, biće:

$$t_{uk} = 4 \cdot t_k = 4 \cdot 366,6 = 1466,4 \text{ s/k om.}$$

Ovakvo tehnološko rešenje obrade struganjem osovine odgovara varijanti rednog izvođenja operacija i zahvata u operacijama, slika 2.



Slika 2. Ciklogram glavnog vremena obrade (t_g) osovine koji odgovara R-R varijanti izvođenja operacija (i) i zahvata (z)

- **Proizvodnost po smeni**

$$P_{t \text{ ostv.}} = \frac{K_s}{t_{uk}} = \frac{20160}{1466,4} = 13,75 \cong 13 \text{ kom./s men}$$

Ako je efektivni vremenski kapacitet mašine po smeni:

$$K_s = n_e \cdot s_e \cdot \aleph_e = 7 \text{ sat/s men} \cdot 60 \text{ min/sat} \cdot 60 \text{ s/min} \cdot 0,8 = 20160 \text{ s/s men}$$

- **Potreban broj mašina**

Ako je planom proizvodnje utvrđeno da je potrebna proizvodnost 130 kom./smeni, tada je za ovaj slučaj realizacije obrade struganja potrebno 10 strugova (univerzalnih), koji će raditi istovremeno.

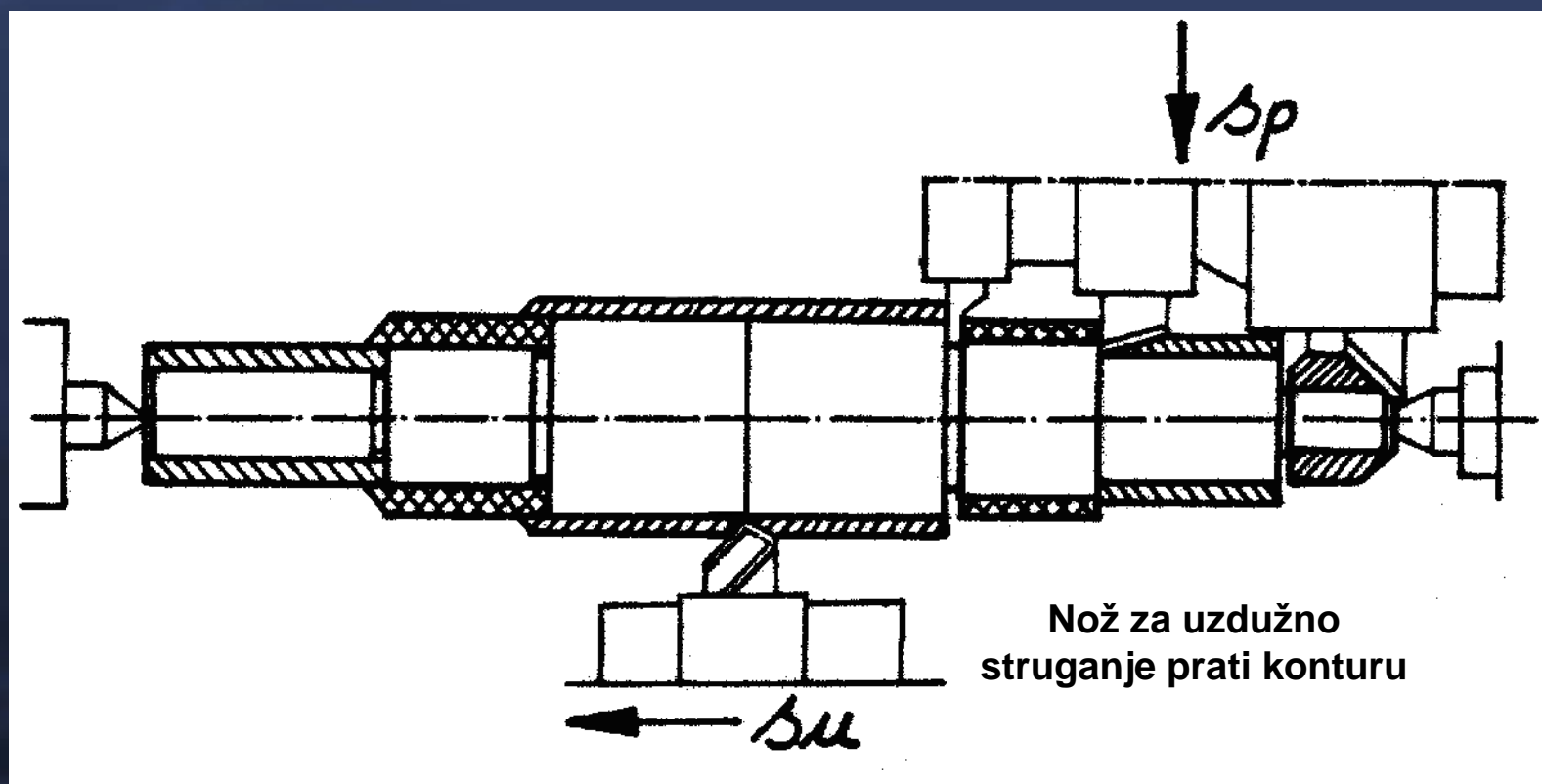
$$m = \frac{P_{t \text{ potr.}}}{P_{t \text{ ostv.}}} = \frac{130}{13} = 10$$

$$m = \frac{P_{t \text{ potr.}} \cdot t_{uk}}{K_s} = \frac{130 \cdot 1466,4}{20160} = 9,46 \cong 10$$

2. Obrada na strugu sa koncentracijom prvog stepena

Više zahvata se izvodi istovremeno – Višesečni strugovi, kopirni strugovi, jednoveteni automati

Obrada struganjem, gruba i završna, za obe strane stepenaste osovine izvodi se na kopirnom strugu, u vidu četiri operacije sa rešenjem na slici:



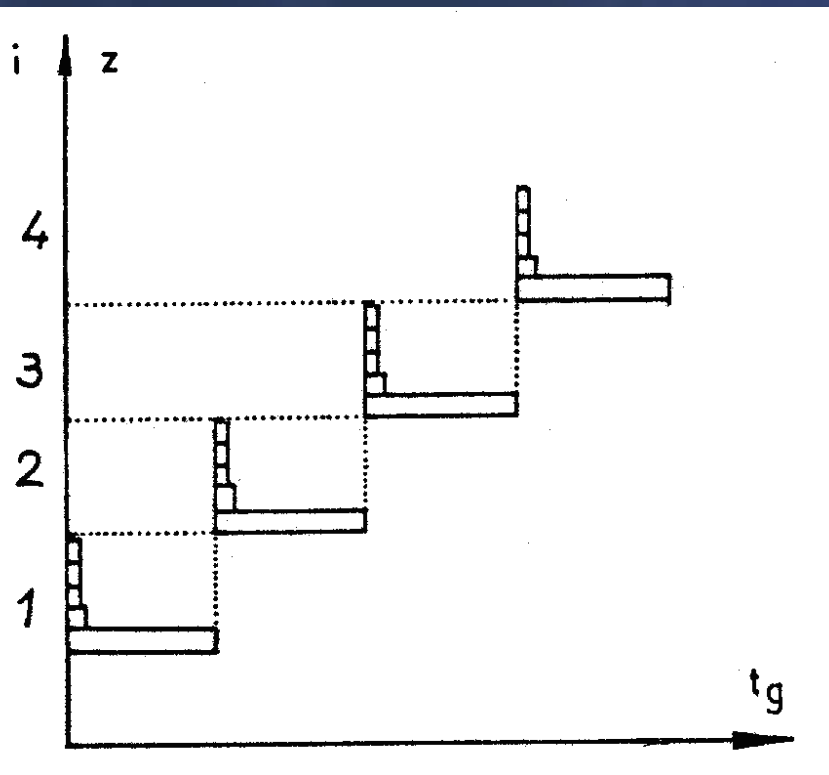
Slika 3. Operacija grube ili završne obrade jedne strane na kopirnom strugu sa koncentracijom I stepena

Slučaj 1.: Obrada na kopirnom strugu

Ako se usvoje isti režimi obrade kao kod obrade sa diferencijacijom zahvata na osnovu tabele 2, onda je vreme operacije obrade (jedne strane grubo ili završno):

$$t_k = \sum_{i=1}^4 t_{g \text{ uzdužno}} + t_p = (22,8 + 18 + 18 + 16,8) + 60 = 75,6 + 60 = 135,6 \text{ s/k om.}$$

Pa je ukupno komadno vreme: $t_{uk} = 4 \cdot t_k = 4 \cdot 135,6 = 542,4 \text{ s/k om}$



Ovakvo tehnološko rešenje obrade struganjem osovine odgovara varijanti rednog izvođenja operacija a paralelnog izvođenja zahvata u operacijama, slika 4.

Slika 4. Ciklogram glavnog vremena obrade (tg) osovine za varijantu R-P izvođenja operacija (i) i zahvata (z)

- **Proizvodnost po smeni**

$$P_{t \text{ ostv.}} = \frac{K_s}{t_{uk}} = \frac{20160}{542,4} = 37,18 \cong 37 \text{kom./s men}$$

Ako je efektivni vremenski kapacitet mašine po smeni:

$$K_s = n_e \cdot s_e \cdot \aleph_e = 7 \text{sat/s men} \cdot 60 \text{min/sat} \cdot 60 \text{s/min} \cdot 0,8 = 20160 \text{ s/s men}$$

- **Potreban broj mašina**

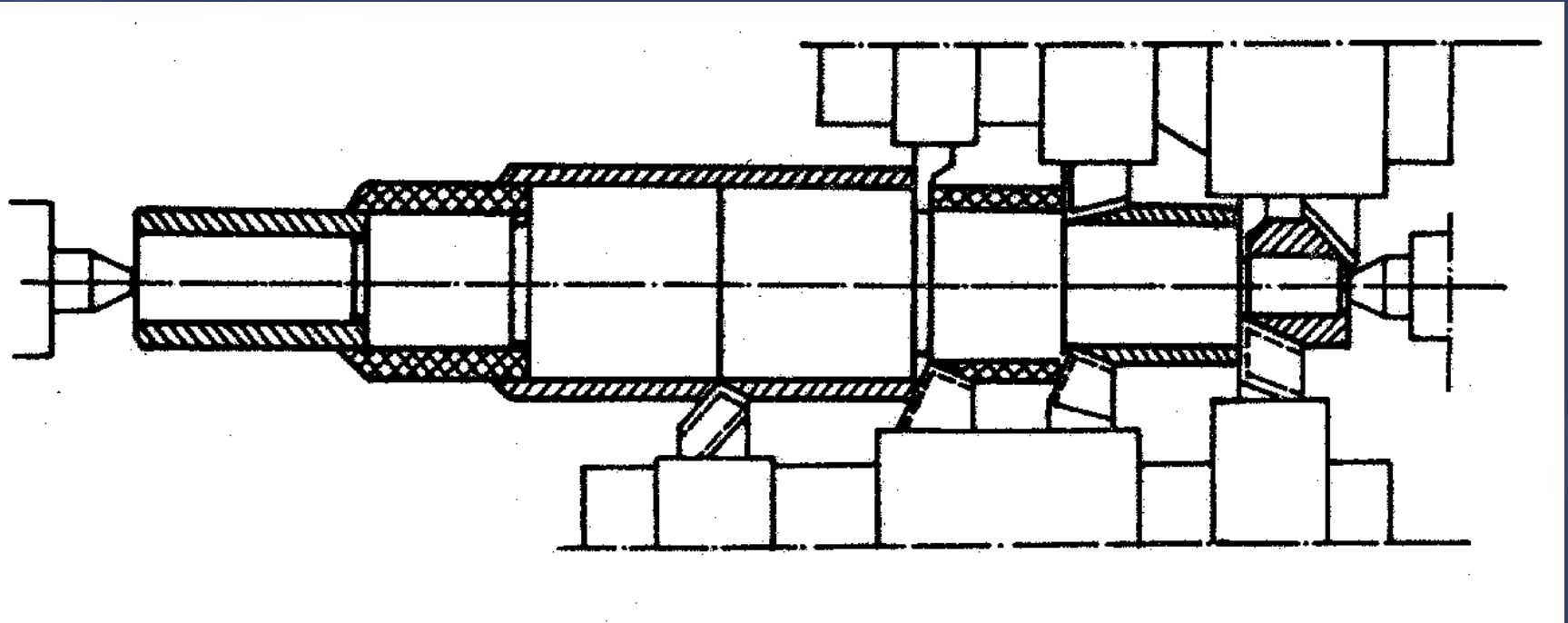
Ako je planom proizvodnje utvrđeno da je potrebna proizvodnost 130 kom./smeni, tada je za ovaj slučaj realizacije obrade struganja potrebno 4 kopirna struga, koji će raditi istovremeno.

$$m = \frac{P_{t \text{ potr.}}}{P_{t \text{ ostv.}}} = \frac{130}{37} = 3,5 \cong 4$$

$$m = \frac{P_{t \text{ potr.}} \cdot t_{uk}}{K_s} = \frac{130 \cdot 542,4}{20160} = 3,5 \cong 4$$

Slučaj 2.: Obrada na višesečnom strugu

Obrada struganjem, gruba i završna, za obe strane stepenaste osovine izvodi se na višesečnom strugu, u vidu četiri operacije sa rešenjem na slici 5.



Slika 5. Operacija grube ili završne obrade jedne strane na višesečnom strugu sa koncentracijom I stepena

Ciklogram glavnog vremena (R-P)

Kod ovih obradnih sistema prisutan je viši nivo automatizacije koji obuhvata brzo primicanje i odmicanje klizača, kao i automatsko stezanje, pa su:

- Postavljanje obradka, stezanje i skidanje $t_{p1}=17$ s
- Automatsko odmicanje i primicanje klizača $t_{p2}=6$ s
- Merodavno glavno vreme obrade (vreme najdužeg zahvata obrade) $t_{gmer}=22,8$ s

Vreme operacije obrade (grube ili završne jedne strane) je:

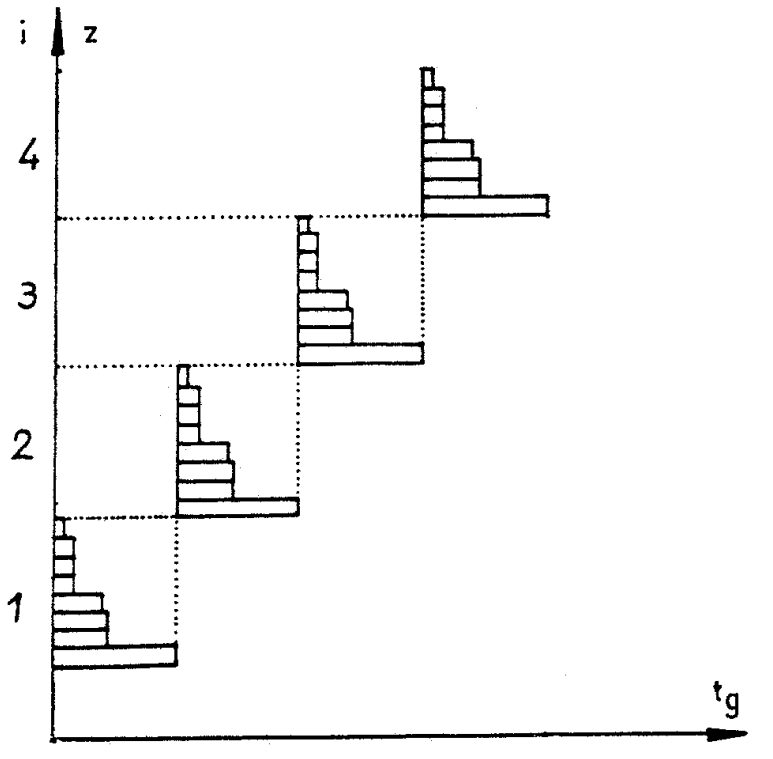
$$t_k = 17 + 6 + 22,8 = 45,8 \text{ s/k om}$$

Pa je ukupno komadno vreme:

$$t_{uk} = 4 \cdot t_k = 4 \cdot 45,8 = 183,2 \text{ s/k om}$$

Ovakvo tehnološko rešenje obrade struganjem osovine odgovara varijanti rednog izvođenja operacija a paralelnog izvođenja zahvata u operacijama, slika 6.

Slika 6. Ciklogram glavnog vremena obrade (t_g) osovine za varijantu R-P izvođenja operacija (i) i zahvata (z)



- **Proizvodnost po smeni**

$$P_{t \text{ ostv.}} = \frac{K_s}{t_{uk}} = \frac{20160}{183,2} = 110,04 \cong 110 \text{kom./s men}$$

Ako je efektivni vremenski kapacitet mašine po smeni:

$$K_s = n_e \cdot s_e \cdot \aleph_e = 7 \text{sat/s men} \cdot 60 \text{min/sat} \cdot 60 \text{s/min} \cdot 0,8 = 20160 \text{ s/s men}$$

- **Potreban broj mašina**

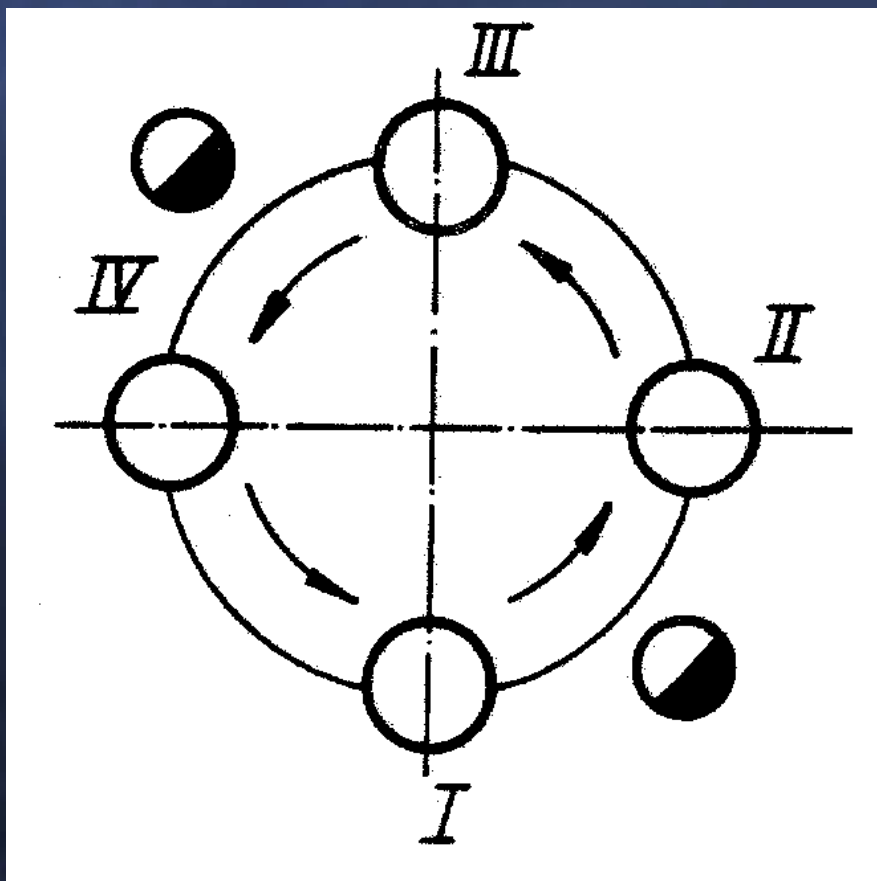
Ako je planom proizvodnje utvrđeno da je potrebna proizvodnost 130kom./smeni, tada je za ovaj slučaj realizacije obrade struganja potrebno 2 višesečna struga, koji će raditi istovremeno.

$$m = \frac{P_{t \text{ potr.}}}{P_{t \text{ ostv.}}} = \frac{130}{110} = 1,18 \cong 2$$

$$m = \frac{P_{t \text{ potr.}} \cdot t_{uk}}{K_s} = \frac{130 \cdot 183,2}{20160} = 1,18 \cong 2$$

3. Obrada na strugu sa koncentracijom drugog stepena

Ako se četiri operacije obrade sa rešenjem kao za obradu na višesečnom strugu izvode istovremeno na četiri vretena, prema slici, tada se obrada izvodi sa koncentracijom operacija, Odnosno obrada sa koncentracijom II stepena



- Vreteno I – gruba obrada desne strane
- Vreteno II – gruba obrada leve strane
- Vreteno III – završna obrada leve strane
- Vreteno IV – završna obrada desne strane

Dva poslužioca za postavljanje, okretanje i skidanje radnih predmeta

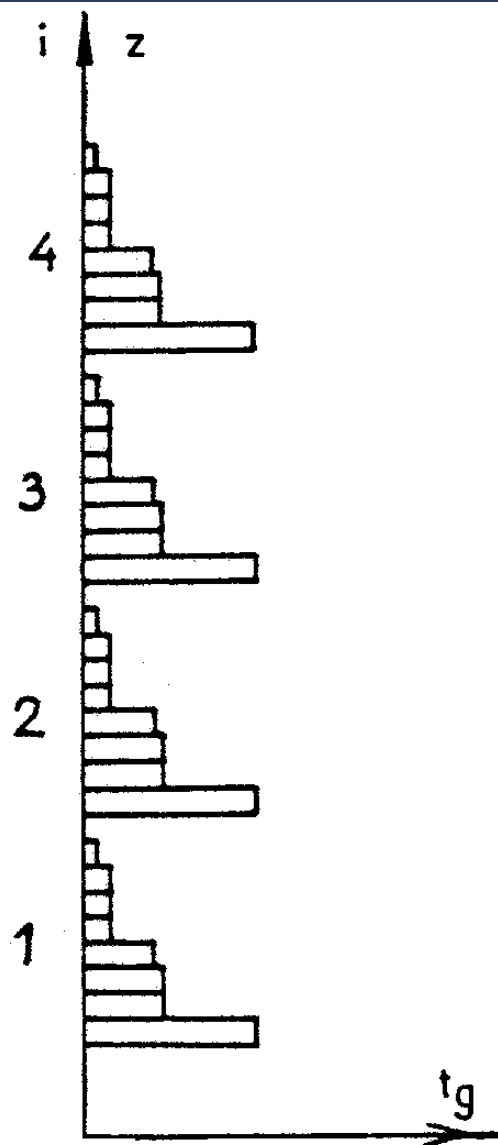
Slika 7. Šematski prikaz obrade na četvorovretenom (polu)automatu

Slučaj 1.: Obrada na četvorovretenom automatu sa NC upravljanjem

Ako se usvoji da je vreme obrade merodavne pozicije – vretena isto kao kod obrade na višesečnom strugu, vreme operacije obrade i ukupno komadno vreme su isti:

$$t_k = t_{uk} = 45,8 \text{ s/k om}$$

Ciklogram glavnog vremena obrade za ovo rešenje odgovara varijanti paralelnog izvođenja operacija i paralelnog izvođenja zahvata u operacijama, slika 8.



Slika 8. Ciklogram glavnog vremena obrade (t_g) osovine za varijantu P-P izvođenja operacija (i) i zahvata (z)

- **Proizvodnost po smeni**

$$P_{t\text{ ostv.}} = \frac{K_S}{t_{uk}} = \frac{20160}{45,8} = 440,17 \cong 440 \text{kom./s meni}$$

Ako je efektivni vremenski kapacitet mašine po smeni:

$$K_S = n_e \cdot s_e \cdot \aleph_e = 7 \text{sat/s meni} \cdot 60 \text{min/sat} \cdot 60 \text{s/min} \cdot 0,8 = 20160 \text{ s/s meni}$$

- **Potreban broj mašina**

Ako je planom proizvodnje utvrđeno da je potrebna proizvodnost 130 kom./smeni, tada je za ovaj slučaj realizacije obrade struganja potreban jedna 4-o vreteni strug.

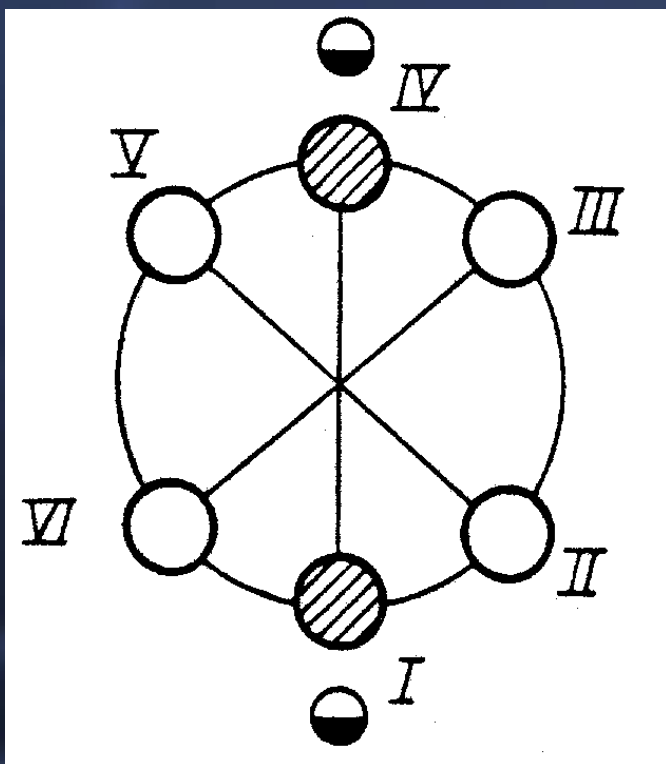
$$m = \frac{P_{t\text{ potr.}}}{P_{t\text{ ostv.}}} = \frac{130}{440} = 0,295 \cong 0,3$$

$$m = \frac{P_{t\text{ potr.}} \cdot t_{uk}}{K_S} = \frac{130 \cdot 45,8}{20160} = 0,295 \cong 0,3$$

Na osnovu ovog rezultat vidimo da je ostvareni kapacitet uz primenu samo jednog 4-o vretenog automata više od 3 puta veći od potrebnog, odnosno da će obradni sistem biti iskošćen samo 30%.

Slučaj 2a: Obrada na 6-o vretenom automatu sa dva poslužioca

Ako bi želeli da još više povećamo proizvodnost mogli bi koristiti šestovreteni automat ili poluautomat, koji obezbeđuje da se vreme postavljanja, stezanja, okretanja i skidanja obradka preklopi sa merodavnim glavnim vremenom. Za ovaj primer obrade razmotriće se dva slučaja sa dva poslužioca (roboti ili radnika) i sa jednim poslužiocem.



Vreteno – pozicija:

- I – stezanje obradka
- IV – okretanje obradka
- II – gruba obrada desne strane
- III – završna obrada desne strane
- V – gruba obrada leve strane
- VI – završna obrada leve strane

Slika 9. Šematski prikaz obrade na šestovretenom poluautomatu sa dva poslužioca mašine

Vreme ove operacije obuhvata:

- Promenu položaja vretene 6s
- Automatsko primicanje i odmicanje klizača 6s
- Merodavno glavno vreme 22,8s

Vreme operacije obrade i ukupno komadno vreme su isti:

$$t_k = t_{uk} = 6 + 6 + 22,8 = 34,8 \text{ s/k om}$$

Ciklogram glavnog vremena obrade za ovo rešenje odgovara varijanti paralelnog izvođenja operacija i paralelnog izvođenja zahvata u operacijama, slika 8.

- **Proizvodnost po smeni**

$$P_{t \text{ ostv.}} = \frac{K_s}{t_{uk}} = \frac{20160}{34,8} = 579,31 \cong 579 \text{ kom./s meni}$$

- **Potreban broj mašina**

$$m = \frac{P_{t \text{ potr.}}}{P_{t \text{ ostv.}}} = \frac{130}{579} = 0,224 \cong 0,22 \quad m = \frac{P_{t \text{ potr.}} \cdot t_{uk}}{K_s} = \frac{130 \cdot 34,8}{20160} = 0,224 \cong 0,22$$

Na osnovu ovog rezultat vidimo da je ostvareni kapacitet uz primenu samo jednog 6-o vretenog automatskog struga više od 4 puta veći od potrebnog, odnosno da će obradni sistem biti iskošćen samo 22%.

