

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Kapacitet mašine predstavlja njenu radnu sposobnost da u okviru određenog vremenskog perioda (uobičajeno godinu dana ili tokom ciklusa proizvodnje) izvrši izvestan broj određenih operacija.

Za adekvatno utvrđivanje kapaciteta jedne mašine bitan je uslov poznavanja njenih tehničkih i eksploatacionih karakteristika.

- **Tehničke karakteristike mašine** determinišu mogućnost upotrebe date mašine za obavljanje određenih poslova - operacija.
- **Eksploatacione karakteristike mašine** odnose se na adekvatni režim korišćenja, rukovanja, održavanja, što u celini određuje radnu sposobnost mašine kroz mogućnost obavljanja određenog broja operacija u okviru jednog vremenskog intervala.

Karakteristike mašina sa izuzetkom specijalizovanih, dopuštaju obavljanje različitih radnih operacija, što onemogućava izražavanje kapaciteta preko broja izvršenih istovrsnih operacija.

Stoga se u većini slučajeva kao pogodna jedinica za izražavanje kapaciteta usvaja vremenska jedinica - mašinski čas ili mašina čas [MČ].

Realni tehnički kapacitet mašine - C_{mt} pod kojim se podrazumeva fond MČ u kome je mašina u stanju da proizvodi. To, drugim rečima, znači kalendarski fond časova umanjen za onaj broj časova koji je neopohodan za osposobljavanje mašine za normalan rad, proizvodnju:

$$C_{mt} = 365 * 24 - t \text{ [MČ/god]}$$

gde je t - projektovan ukupan broj časova godišnje za održavanje normalne radne sposobnosti mašine.

Dužina vremena t , zavisi od karakteristika same mašine ali i od načina na koji je organizovano održavanje proizvodne opreme u proizvodnom sistemu.

Saglasno uobičajenim uslovima eksploatacije u industriji, u proračun projektovanog **eksploatacionog kapaciteta mašine** - C_{me} se ulazi sa sledećim pretpostavkama u pogledu projektovanog smanjenja realnog tehničkog kapaciteta, i to:

- projektovan broj radnih smena,
- projektovan broj neradnih dana (praznici, nedelje, subote i sl.),
- projektovani obavezni prekidi (polučasovni odmor radnika u toku dana i sl.) i dr.

Na taj način, **eksploatacioni kapacitet mašine**, računa se putem obrasca:

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

$$C_{me} = C_{mt} - 24 * N - 24 * P - 1.5 * R \text{ [MČ/god]}$$

Kako bi se navedena formula mogla da koristi, prvenstveno je potrebno odrediti **R**- broj radnih dana godišnje:

$$R = 365 - N - P - t/24 \text{ [dana]}$$

gde su: **N** – broj neradnih dana (subote, nedelje, remont i sl.),

P-broj prazničnih dana,

R-broj radnih dana (koeficijent od 1.5 h, predstavlja tri pauze od po 0.5 h u toku dana, za svaku smenu po jedna).

t-vreme potrebno za održavanje tehničke ispravnosti (normalne radne sposobnosti) mašine.

Kada se odredi optimalni obim proizvodnje, potrebno je uraditi dodatnu analizu time što se u obzir uzima procenat škarta u proizvodnji.

Na taj način, obim proizvodnje – sa uzetom u obzir škartom proizvodnje, se određuje kao:

$$Q = \frac{X_{opt}}{1 - \frac{f}{100}}$$

gde su: **X_{opt}** – optimalna veličina proizvodne serije, definisana programom proizvodnje;

f – nivo prihvatljivog škarta u procentima.

Obim proizvodnje, kada se uzme u obzir eksploatacioni kapacitet određene vrste mašina, dat je sledećim obrascem:

$$Q_e = \frac{X_{opt}}{\left(1 - \frac{f}{100}\right) * \eta_{mt}}$$

gde je **η_{mt}** – stepen iskorišćenja tehničkog kapaciteta mašine

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Zadatak 1. Fabrika ima potražnju od $D = 260.000$ kom proizvoda, tokom razmatranog perioda proizvodnje. Pripremno završni troškovi jedne proizvodne serije su $S = 750.000$ nj/ser. Dnevno proizvedena količina komponenti $p = 710$ kom. Dnevno se u konačni proizvod ugrađuje $d = 600$ kom komponenti. Troškovi skladištenja po komadu su $H = 800$ din/kom.

Mašina, tokom 1 časa, tehnički može da obradi 30 komada proizvoda. Usvojiti da je dozvoljeni procenat škarta u proizvodnji 4%. Takođe, usvojiti da se u fabrici ne radi subotom i nedeljom (broj neradnih dana je $N = 104$); broj praznika – tokom kojih se ne radi je $P = 12$; vreme neophodno za održavanje normalne radne sposobnosti date vrste mašina je u proseku 260 h/periodu).

Rešenje:

Optimalna veličina proizvodne serije je:

$$X_{opt} = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H} * \frac{p}{p - d}} = \sqrt{\frac{2 * 260000 * 75000}{800} * \frac{710}{710 - 600}} = 56094 \text{ kom/seriji}$$

Na osnovnu obrasca $Q_e = \frac{X_{opt}}{\left(1 - \frac{f}{100}\right) * \eta_{mt}}$ može se doći do eksploatacionog kapaciteta datog tipa mašine. Međutim, za to je neophodno imati η_{mt} – iskorišćenje kapaciteta mašine.

Eksploatacioni kapacitet mašine je:

$$C_{me} = C_{mt} - 24 * N - 24 * P - 1.5 * R$$

pri čemu je broj radnih dana: $R = \tau - N - P - \frac{t}{24}$ gde je:

τ - trajanje ciklusa proizvodne serije

t – vreme neophodno za održavanje normalne radne sposobnosti mašine

Trajanje ciklusa proizvodne serije, za fabriku iz prethodnog primera, možemo odrediti kao:

$$\tau = \frac{D}{d} = \frac{260000}{600} = 433 \text{ dana}$$

Tako da je broj radnih dana: $R = 433 - 104 - 12 - \frac{260}{24} = 306 \text{ dana}$

Eksploatacioni kapacitet mašine je

$$C_{me} = C_{mt} - 24 * N - 24 * P - 1.5 * R$$

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Prvenstveno je neophodno odrediti tehnički kapacitet mašine. Samim time, za period od 433 dana, tehnički kapacitet mašine bi bio:

$$C_{mt} = 24 * 433 - 260 = 10132 \text{ časova}$$

Sada je eksploatacioni kapacitet mašine:

$$C_{me} = 10132 - 24 * 104 - 24 * 12 - 1.5 * 306 = 6889 \text{ časova}$$

Odatle se može doći do stepena iskorišćenja tehničkog kapaciteta mašine date vrste, koji je u ovom slučaju:

$$\eta_{mt} = \frac{C_{me}}{C_{mt}} = \frac{6889}{10132} = 0.68$$

$$Q_e = \frac{X_{opt}}{\left(1 - \frac{f}{100}\right) * \eta_{mt}} = \frac{56094}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) * 0.68} = \frac{56094}{0.653} = 85901.99 = 85902 \text{ komada}$$

Dakle, iz organizacionog ugla, da bi se proizveo obim proizvodnje od potrebnih 56094 komada proizvoda, neophodno je uraditi plan vremena, mašine i proizvodnih radnika kao za 85902 komada proizvoda – kada se uzme u obzir predviđeni procenat škarta i eksploatacioni uslovi.

Da bi se odredio neophodni broj mašina date vrste, za navedeni eksploatacioni obim proizvodnje, polazi se od sledećeg:

$$\text{Broj ciklusa proizvodnje: } n = \frac{D}{X_{opt}} = \frac{260000}{56094} = 4.63 \approx 5 \text{ ciklusa}$$

$$\text{Trajanje jednog ciklusa proizvodnje: } t_c = \frac{\tau}{n} = \frac{433}{5} = 87 \text{ dana}$$

$$\text{Broj komada proizvoda koji se planira po danu: } \frac{Q_e}{t_c} = \frac{85902}{87} = 987.38 \approx 988 \text{ proizvoda/danu}$$

Imajući u vidu da jedna mašina može obraditi 30 komada proizvoda na sat, onda je za 8 sati – koliko traje jedna smena, mogućnost mašine po smeni: $30 * 8 = 240$ komada/smeni.

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Planirani broj komada proizvoda/dan	Broj smena	Planirani broj komada proizvoda/smeni	Mogućnost mašine po smeni (kom/smeni)	Potreban broj mašina
988	1	988	240	$=988/240 = 4.12 = 5$
988	2	494	240	$= 494/240 = 2.06 = 3$
988	3	330	240	$= 330/240 = 1.38 = 2$

Samim time, na osnovu prethodne tabele, može se zaključiti sledeće:

- Sa predviđenim načinom rada (koji podrazumeva neradne subote i nedelje, kao i praznike), što rezultuje iskorišćenjem tehničkog kapaciteta od 68 %, ukoliko bi se radilo u samo jednoj smeni bila bi potrebna investicija u 5 proizvodne mašine.
- Rad u dve smene, zahtevao bi investiciju u tri mašine, ali svakako – podrazumevao bi uvećani broj proizvodnih radnika – za obe smene.
- Uvođenje treće smene, bi doveo do smanjenja potrebnog broja mašina na 2 ali bi svakako zahtevao i dodatnu investiciju za angažovanje proizvodnih radnika koji bi radili u trećoj smeni.

Sada bi bilo interesantno proceniti kako bi izmena režima rada – uvođenje kontinualnog režima rada (radnim danima i vikendom, uticao na promenu potrebnog broja mašina).

Dakle uzima se u obzir da je $C_{me} = C_{mt}$ U ovom slučaju je:

$$Q = \frac{X_{opt}}{\left(1 - \frac{f}{100}\right)} = \frac{56094}{\left(1 - \frac{4}{100}\right)} = \frac{56094}{0.96} = 58431.25 = 58432 \text{ komada}$$

$$\text{Broj komada proizvoda po danu: } \frac{Q}{t_c} = \frac{58432}{87} = 671.44 = 672 \text{ proizvoda/dan}$$

Imajući u vidu da jedna mašina može obraditi 30 komada proizvoda na sat, onda je za 8 sati – koliko traje jedna smena, broj obrađenih komada iznosi: $30 * 8 = 240$ komada/smeni

Tu proizilazi sledeća kalkulacija:

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Planirani broj komada proizvoda/dan	Broj smena	Planirani broj komada proizvoda/smeni	Mogućnost mašine po smeni (kom/smeni)	Potreban broj mašina
672	1	672	240	$=672/240 = 2.80 = 3$
672	2	336	240	$= 336/240 = 1.40 = 2$
672	3	224	240	$= 224/240 = 0.94 = 1$

Dakle, uvođenjem rada vikendom i praznicima, došlo bi do promene, da je za slučaj rada u jednoj smeni bila neophodna investicija u 3 mašine, umesto u 5. Za rad u dve smene, broj neophodnih mašina bi bio bi takođe promenjen i iznosio bi 2 umesto 3. Dok bi za rad u tri smene bilo neophodno investirati u samo jednu mašinu date vrste, umesto u 2.

Naravno, tu treba imati u vidu da se rad vikendom i državnim praznicima dodatno plaća, tako da bi konačna odluka podrazumevala detaljnu analizu uzimajući u obzir i troškove radne snage za svaku od alternativa.

Svakako, osim prikazanog, postoje i brojni drugi načini za proračun neophodnog broja mašina određene vrste. Svakakom najznačajniji podatak – kako bi se mogao da ostvari proračun, je **podatak o tehničkim mogućnostima mašine, odnosno o broju komada koji mašina može obraditi tokom jedne smene.**

Do ovog podatka se može doći ili na osnovu **tehničkih specifikacija same mašine**, ili na osnovu **praćenja proizvodnje u prethodnim ciklusima proizvodnje**, te da se na osnovu toga izračunava prosečan učinak mašine.

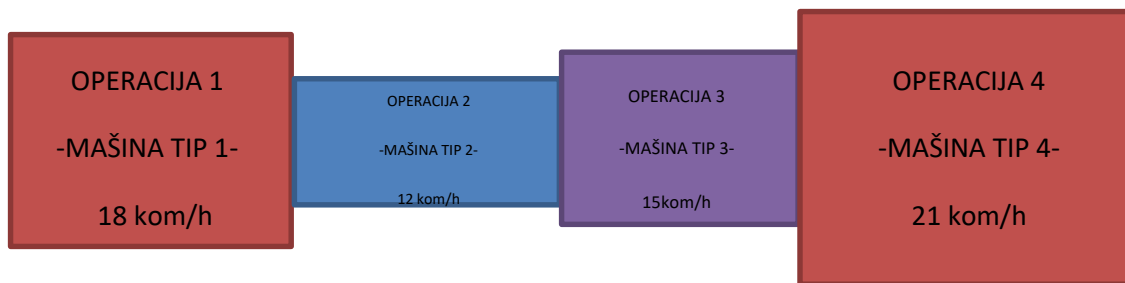
Takođe, treba imati u vidu da u pojedinim tipovima proizvodnje nije moguće zaustaviti proizvodnju tokom vikenda i/ili praznika. U tom slučaju, eksploatacioni kapacitet svakako će biti približan tehničkom kapacitetu. To ne znači da radna snaga u tom slučaju nema predviđene pauze u radu ili odmor, jer svaki pojedinačni radnik ima pravo na navedene pauze, već samo da je potrebno predvideti veći broj proizvodnih radnika – kao i troškove rada za rad praznicima i vikendom, kako bi se obezbedila kontinualnost u procesu.

U datom primeru je uzet zaista jednostavan slučaj, gde bi se celokupni proces rada zasnivao na mašinskoj obradi na samo jednoj vrsti mašine. To je svakako izuzetno redak slučaj, posebno u uslovima serijske proizvodnje, gde je za određeni tip proizvoda neophodno da se obrađuju na nekoliko različitih vidova mašina, pri čemu svaka od navedenih mašina ima svoje karakteristike u pogledu mogućnosti da u određenom periodu vremena obradi određeni broj komada.

Samim time, proračun se zasniva na prethodno opisanim principima, ali je neophodno ponoviti kalkulaciju potrebnog broja mašina za svaki od različitih tipova mašina uključenih u tehnološki proces dobijanja konačnog proizvoda.

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Primer za dobijanje konačnog proizvoda: kako bi se dobio konačni proizvod, za fabriku iz prethodnih primera, u sklopu tehnološkog procesa je neophodno vršiti obradu predmeta rada, na četiri različite vrste mašina, do dobijanja konačnih proizvoda. Usvojiti da se ne radi praznicima i da su subote i nedelje neradni dani. Takođe, iskorišćenje tehničkih kapaciteta usvojiti da je isto za svaki tip mašina. Pregled tehničkih mogućnosti obrade predmeta rada, na različitim vidovima mašina, je dat na sledećoj slici:



Rešenje:

Kako bi se dobio neophodan broj mašina pojedinih tipova, koji će omogućiti da se spreči pojava „uskog grla“ usled neujednačenog broja komada proizvoda koji se mogu obraditi na pojedinim mašinama, neophodna je sledeća kalkulacija:

Planirani br. komada proizvoda/dan	Br. smena	Planirani br. komada proizvoda/smeni	Mogućnost mašine 1 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 1	Mogućnost mašine 2 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 2	Mogućnost mašine 3 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 3	Mogućnost mašine 4 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 4	Ukupno potreban br. mašina
672	1	672	$18 \cdot 8 = 144$	$= 672 / 144 = 4.66 = 5$	$12 \cdot 8 = 96$	7	$15 \cdot 8 = 120$	6	$21 \cdot 8 = 168$	4	22
672	2	336	144	$= 336 / 144 = 2.33 = 3$	96	4	120	3	168	2	12
672	3	224	144	$= 224 / 144 = 1.55 = 2$	96	3	120	2	168	2	9

- **Proračun radne snage**

Potreban broj radnika, za rad na radnim aktivnostima u pojedinim fazama i aktivnostima proizvodnog procesa, takođe je moguće proračunati na osnovu sličnih parametara, kao i neophodni broj mašina. Međutim, najčešći je slučaj da se prvo izvrši proračun neophodnog broja mašina, pa

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

da se potom, za taj broj mašina vrši procena neophodnog broja operatera, po osnovu tabličnih podataka za broj operatera koji opslužuju određeni tim mašina. Za taj proračun se koristi obrazac:

$$R = \frac{n_m}{s}$$

gde su n_m – broj mašina; s – prosečan broj mašina koje opslužuje jedan radnik

Prema podacima iz literature, prosečan broj mašina koje opslužuje jedan radnik (s) je:

- u pogonima masovne proizvodnje 1.5-2.5
- u pogonima velikoserijske proizvodnje 1.5 – 1.8
- u pogonima sa poluautomatskom opremom 1.5 – 2.0
- u pogonima sa automatizovanom opremom 2.5 – 4.0

Prosečan broj pomoćnih radnika – radnika koji rade na opsluživanju proizvodnje, utvrđuje se na osnovu procenta od ukupnog broja proizvodnih radnika. Tako da je, na osnovu literaturnih podataka:

- U masovnoj proizvodnji 20 - 40 %
- Serijska i velikoserijska proizvodnja 30 – 35%
- Maloserijska i pojedinačna proizvodnja 25 - 45 %

Broj zaposlenih u upravi, razvoju, tehničkim biroima, pripremi, administraciji, itd, iznosi 12-20% od ukupnog broja svih radnika. Svakako, detaljan proračun broja radnika (kao i neophodnog sastava radne snage u smislu kvalifikacija i školske spreme) je predmet sveobuhvatne analize na nivou kadrovskih odeljenja same kompanije.

Navedenim literaturnim podacima je moguće uraditi samo grubu procenu potrebnog broja radnika.

Primer za proračun radne snage: Za fabriku iz prethodnog zadatka, izvršiti procenu neophodnog broja radnika, ukoliko se usvoji da prosečan broj mašina koje opslužuje jedan proizvodni radnik 1.5. Broj pomoćnih radnika u proizvodnji je 30% od broja proizvodnih radnika. Neophodan broj radnika u administraciji je 18% od ukupnog broja radnika (sume proizvodnih i pomoćnih radnika).

Rešenje:

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Br. smena	Ukupno potreban br. mašina	Potreban br. proizvodnih radnika = n_m/s	Potreban br. pomoćnih radnika	Potreban br. administrativnih radnika	Potrebno radnika po smeni	Ukupno potrebno radnika
1	22	$22/1.5 = 15$	$15 * 0.3 = 5$	$(15+5) * 0.18 = 4$	24	24
2	12	$12/1.5 = 8$	$8 * 0.3 = 3$	$(8+3) * 0.18 = 2$	13	26
3	9	$9/1.5 = 6$	$6 * 0.3 = 2$	$(6+2) * 0.18 = 2$	10	30

Zadatak 2. Fabrika ima potražnju od $D = 250.000$ kom proizvoda, tokom razmatranog perioda proizvodnje. Pripremno završni troškovi jedne proizvodne serije su $S = 220.000$ nj/ser. Dnevno proizvedena količina komponenti $p = 950$ kom. Dnevno se u konačni proizvod ugrađuje $d = 685$ kom komponenti. Troškovi skladištenja po komadu su $H = 500$ din/kom.

Predmet rada obrađuju tri mašine sa sledećim tehničkim mogućnostima: mašina tip 1 – 44 kom/h, mašina tip 2 – 27 kom/h i mašina tip 3 – 48 kom/h. Usvojiti da je dozvoljeni procenat škarta u proizvodnji 2%. Takođe, usvojiti da se radi o diskontinualnom tipu proizvodnje, odnosno u fabrici se ne radi subotom i nedeljom i praznicima (broj neradnih dana je $N = 104$); broj praznika – tokom kojih se ne radi je $P = 12$; vreme neophodno za održavanje normalne radne sposobnosti date vrste mašina je u proseku 290 h/periodu).

Usvojiti da je broj mašina koje opslužuje jedan proizvodni radnik 1.8, pomoćnih radnika je 20% od broja proizvodnih radika i administrativnih radnika je 15% od ukupnog broja radnika.

Odrediti potreban broj mašina za rad po smenama, kao i potreban broj radnika.

Rešenje:

Optimalna veličina proizvodne serije je:

$$X_{opt} = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H} * \frac{p}{p - d}} = \sqrt{\frac{2 * 250000 * 220000}{500} * \frac{950}{950 - 685}} = 28084 \text{ kom/seriji}$$

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Na osnovnu obrasca $Q_e = \frac{X_{opt}}{\left(1 - \frac{f}{100}\right) * \eta_{mt}}$ može se doći do eksploatacionog kapaciteta datog tipa mašine. Međutim, za to je neophodno imati η_{mt} – iskorišćenje kapaciteta mašine.

Eksploatacioni kapacitet mašine je:

$$C_{me} = C_{mt} - 24 * N - 24 * P - 1.5 * R$$

pri čemu je broj radnih dana: $R = \tau - N - P - \frac{t}{24}$ gde je:

τ - trajanje ciklusa proizvodne serije

t – vreme neophodno za održavanje normalne radne sposobnosti mašine

Trajanje ciklusa proizvodne serije, za fabriku iz prethodnog primera, možemo odrediti kao:

$$\tau = \frac{D}{d} = \frac{250000}{685} = 365 \text{ dana}$$

Tako da je broj radnih dana: $R = 365 - 104 - 12 - \frac{290}{24} = 237 \text{ dana}$

Eksploatacioni kapacitet mašine je

$$C_{me} = C_{mt} - 24 * N - 24 * P - 1.5 * R$$

Prvenstveno je neophodno odrediti tehnički kapacitet mašine. Samim time, za period od 365 dana, tehnički kapacitet mašine bi bio:

$$C_{mt} = 24 * 365 - 290 = 8470 \text{ časova}$$

Sada je eksploatacioni kapacitet mašine:

$$C_{me} = 8470 - 24 * 104 - 24 * 12 - 1.5 * 237 = 5601 \text{ časova}$$

Odatle se može doći do stepena iskorišćenja tehničkog kapaciteta mašine date vrste, koji je u ovom slučaju:

$$\eta_{mt} = \frac{C_{me}}{C_{mt}} = \frac{5601}{8470} = 0.66$$

$$Q_e = \frac{X_{opt}}{\left(1 - \frac{f}{100}\right) * \eta_{mt}} = \frac{28084}{\left(1 - \frac{2}{100}\right) * 0.66} = \frac{28084}{0.6468} = 43419 \text{ komada}$$

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

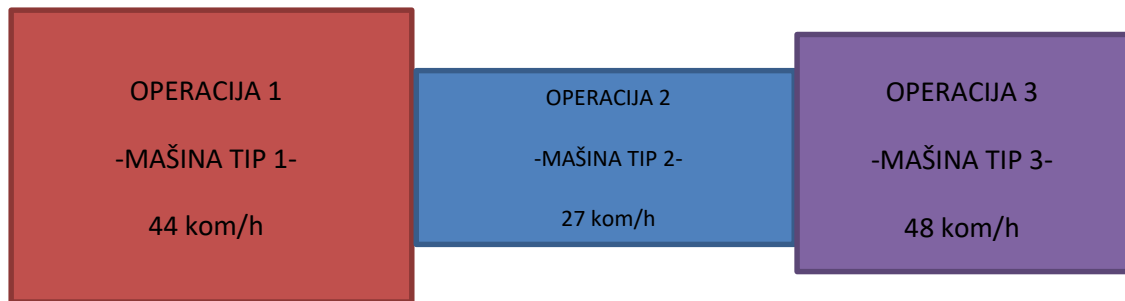
Dakle, iz organizacionog ugla, da bi se proizveo obim proizvodnje od potrebnih 28084 komada proizvoda, neophodno je uraditi plan vremena, mašine i proizvodnih radnika kao za 43419 komada proizvoda – kada se uzme u obzir predviđeni procenat škarta i eksploatacioni uslovi.

Da bi se odredio neophodni broj mašina date vrste, za navedeni eksploatacioni obim proizvodnje, polazi se od sledećeg:

$$\text{Broj ciklusa proizvodnje: } n = \frac{D}{x_{opt}} = \frac{250000}{28084} = 8.9 \approx 9 \text{ ciklusa}$$

$$\text{Trajanje jednog ciklusa proizvodnje: } t_c = \frac{\tau}{n} = \frac{365}{9} = 41 \text{ dan}$$

$$\text{Broj komada proizvoda koji se planira po danu: } \frac{Q_e}{t_c} = \frac{43419}{41} = 1059 \text{ proizvoda/danu}$$



Planirani br. komada proizvoda/dan	Br. smena	Planirani br. komada proizvoda/smeni	Mogućnost mašine 1 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 1	Mogućnost mašine 2 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 2	Mogućnost mašine 3 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 3	Ukupno potreban br. mašina
1059	1	1059	44*8=352	=1059/352=3	27*8=216	=1059/216=4.90=5	48*8=384	=1059/384=3	11
1059	2	1059/2=530	352	=530/352=2	216	=530/216=3	384	=530/384=2	7
1059	3	1059/3=353	352	=353/352=1	216	=352/216=2	384	=353/384=1	4

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

- Proračun radne snage

$$R = \frac{n_m}{s}$$

Tekstom zadatka je rečeno da se usvoji da je broj mašina koje opslužuje jedan proizvodni radnik 1.8, pomoćnih radnika je 20% od broja proizvodnih radnika i administrativnih radnika je 15% od ukupnog broja radnika.

Br. smena	Ukupno potreban br. mašina	Potreban br. proizvodnih radnika= n_m/s	Potreban br. pomoćnih radnika	Potreban br. administrativnih radnika	Potrebno radnika po smeni	Ukupno potrebno radnika
1	11	$11/1.8 = 7$	$7 * 0.2 = 2$	$9 * 0.15 = 2$	11	11
2	7	$7/1.8 = 4$	$4 * 0.2 = 1$	$5 * 0.15 = 1$	6	12
3	4	$4/1.8 = 3$	$3 * 0.2 = 1$	$4 * 0.15 = 1$	5	15

Zadatak 3. Fabrika ima potražnju od $D = 180.000$ kom proizvoda, tokom razmatranog perioda proizvodnje. Pripremno završni troškovi jedne proizvodne serije su $S = 170.000$ nj/ser. Dnevno proizvedena količina komponenti $p = 570$ kom. Dnevno se u konačni proizvod ugrađuje $d = 493$ kom komponenti. Troškovi skladištenja po komadu su $H = 380$ din/kom.

Predmet rada obrađuju tri mašine sa sledećim tehničkim mogućnostima: mašina tip 1 – 24 kom/h, mašina tip 2 – 15 kom/h i mašina tip 3 – 32 kom/h. Usvojiti da je dozvoljeni procenat škarta u proizvodnji 3%. Takođe, usvojiti da se radi o kontinualnom tipu proizvodnje, odnosno u fabrici se radi praznicima subotom i nedeljom.

Usvojiti da je broj mašina koje opslužuje jedan proizvodni radnik 3, pomoćnih radnika je 20% od broja proizvodnih radnika i administrativnih radnika je 15% od ukupnog broja radnika.

Odrediti potreban broj mašina za rad po smenama, kao i potreban broj radnika.

Optimalna veličina proizvodne serije je:

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

$$X_{opt} = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H} * \frac{p}{p - d}} = \sqrt{\frac{2 * 180000 * 170000}{380} * \frac{570}{570 - 493}} = 34529 \text{ kom/seriji}$$

Na osnovnu obrasca $Q_e = \frac{X_{opt}}{\left(1 - \frac{f}{100}\right) * \eta_{mt}}$ može se doći do eksploatacionog kapaciteta datog tipa mašine. Međutim, za to je neophodno imati η_{mt} – iskorišćenje kapaciteta mašine.

Trajanje ciklusa proizvodne serije, za fabriku iz prethodnog primera, možemo odrediti kao:

$$\tau = \frac{D}{d} = \frac{180000}{493} = 365 \text{ dana}$$

$$C_{me} = C_{mt}$$

Pa je stepen iskorišćenja tehničkog kapaciteta mašine date vrste u ovom slučaju:

$$\eta_{mt} = \frac{C_{me}}{C_{mt}} = 1$$

$$Q_e = \frac{X_{opt}}{\left(1 - \frac{f}{100}\right) * \eta_{mt}} = \frac{34529}{\left(1 - \frac{3}{100}\right) * 1} = \frac{34529}{0.97} = 35597 \text{ komada}$$

Dakle, iz organizacionog ugla, da bi se proizveo obim proizvodnje od potrebnih 28084 komada proizvoda, neophodno je uraditi plan vremena, mašine i proizvodnih radnika kao za 43419 komada proizvoda – kada se uzme u obzir predviđeni procenat škarta i eksploatacioni uslovi.

Da bi se odredio neophodni broj mašina date vrste, za navedeni eksploatacioni obim proizvodnje, polazi se od sledećeg:

$$\text{Broj ciklusa proizvodnje: } n = \frac{D}{X_{opt}} = \frac{180000}{34529} = 5.21 \approx 6 \text{ ciklusa}$$

$$\text{Trajanje jednog ciklusa proizvodnje: } t_c = \frac{\tau}{n} = \frac{365}{6} = 60 \text{ dana}$$

$$\text{Broj komada proizvoda koji se planira po danu: } \frac{Q_e}{t_c} = \frac{35597}{60} = 594 \text{ proizvoda/danu}$$

Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Planirani br. komada proizvoda/dan	Br. smena	Planirani br. komada proizvoda/smeni	Mogućnost mašine 1 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 1	Mogućnost mašine 2 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 2	Mogućnost mašine 3 po smeni (kom/smeni)	Potreban br. mašina 3	Ukupno potreban br. mašina
594	1	594	24*8= 192	=594/192 = 4	15*8=120	=594/120 =5	32*8= 256	=1059/256 =3	12
594	2	594/2= 297	192	=297/192 = 2	120	=530/120 =3	256	=530/256 =2	7
594	3	594/3= 198	192	=198/192 = 1	120	=352/120 =2	256	=353/256 =1	4

- Proračun radne snage**

$$R = \frac{n_m}{s}$$

Tekstom zadatka je rečeno da se usvoji da je broj mašina koje opslužuje jedan proizvodni radnik 3, pomoćnih radnika je 20% od broja proizvodnih radnika i administrativnih radnika je 15% od ukupnog broja radnika.

Br. smena	Ukupno potreban br. mašina	Potreban br. proizvodnih radnika= n_m/s	Potreban br. pomoćnih radnika	Potreban br. administrativnih radnika	Potrebno radnika po smeni	Ukupno potrebno radnika
1	12	12/3 = 4	4 * 0.2 = 1	(4+1) * 0.15 = 1	6	6
2	7	7/3 = 3	3 * 0.2 = 1	(3+1) * 0.15 = 1	5	10
3	4	4/3 = 2	2 * 0.2 = 1	(2+1) * 0.15 = 1	4	12

Zadatak za studente #4

Za opisani proizvod iz Zadatka 1, za koji je u okviru zadatka 2 kreirana lista materijala– BOM, opisati neophodne delove opreme i mašina koje su uključene u proces proizvodnje.

Za svaki od selektovanih delova opreme, istraživanjem dostupnih podataka, literature ili putem interneta, potražiti podatke o projektovanim radnim kapacitetima. Potražiti podatke o neophodnom održavanju i remontu takve vrste opreme.

Analizirati i opisati potrebni broja mašina, kao i procenu neophodnog broja zaposlenih (plan radne snage) za definisani obim proizvodnje. Ukoliko je u prethodnom zadatku obim proizvodnje procenjen u vidu plana obima proizvodnje (kao minimalni, optimalni i maksimalni), kao ulazni podatak koristiti optimalni procenjeni obim proizvodnje. Ukoliko se radi o postojećoj fabrici sa definisanim obimom proizvodnje, opisati trenutno angažovani broj mašina i radnika.

Ukoliko je u prethodnom zadatku obim proizvodnje izračunat jednačinom modela, njega koristiti kao ulazni podatak. Tada, za proračun potrebnog broja mašina i radnika usvojiti da se proizvodnja vrši u sve tri smene i ne radi se subotom i nedeljom. Broj neradnih dana je 104; broj praznika je 12. Očekivani procenat škarta je 2%. Potrebno vreme za održavanje normalne radne sposobnosti mašina je u proseku 290 h. Broj mašina koje opslužuje jedan radnik u proizvodnji je 1.8. Broj pomoćnih radnika je 20% od broja proizvodnih radnika, dok je broj administrativnih radnika 15% od ukupnog broja proizvodnih i pomoćnih radnika. Konačni proizvod se obrađuje na 3 različite mašine, pri čemu su tehničke mogućnosti prve mašine 44 kom/h; druge 27 kom/h i treće 48 kom/h.