



Шта је индустријско инжењерство?

Индустријско инжењерство се бави развојем, пројектовањем и усавршавањем интегрисаних система, људи и материјала и оптималним коришћењем тих система.

На Машинском факултету у Београду, као првом од техничких факултета у бившој Југославији, започето је још пре 70 година са систематским неговањем одговарајућих научних дисциплина релевантним за индустријско инжењерство, да би се током развоја конституисало у посебну групу усмерења, чији су садржаји оцењени као аналогни са програмима индустријског инжењерства у САД као постојбини индустријског инжењерства, а што је констатовано у студији председник америчког института за индустријско инжењерство професор Frank Cotton.

Први шеф Катедре у области, на Балкану и на Машинском факултету је проф. др Вукан Дешић, који је допринео развоју Велике техничке школе као проректор и развоју Машинског факултета као декан и продекан, био генерални директор Југословенских државних железница, основао је и развио бројне факултете, високе школе и институте (одговоран је и за оснивање Саобраћајног факултета, био је иницијатор оснивања Факултета организационих наука и Високе техничке школе машинства, Центра за мултидисциплинарне студије, и др.)...Једна београдска улица носи његово име.

Спроведена истраживања у нашој индустрији показују да око 70% запослених дипломираних машинских инжењера ради на пословима из области индустријског инжењерства, што је на одређени начин неизбежно у условима интензивне имплементације нових производа и технологија, као и на унапређењу постојећих производних процеса.

Образовање профила индустријског инжењера на Машинском факултету има изразито компаративне предности с обзиром на базична техничко-технолошка знања у односу на све друге високо школске институције. У условима савременог привређивања реално је очекивати да ће се потребе привреде за овим знањима и овим профилем стручњака вишеструко повећати.

Послови индустријског инжењера:

- Управљање и руковођење пословним системима применом метода и техника индустријског инжењерства
- Управљање производњом и квалитетом
- Индустријски менаџмент и маркетинг
- Примена информационих система у пословним системима
- Инжењеринг инвестиција
- Операциона истраживања
- Симулација пословно-производних система
- Систем одржавања машина
- Студија рада и инжењерска мерања
- Индустријска ергономија
- Индустријска логистика
- Инжењерска економија и други.

Индустријско инжењерство можемо дефинисати и као скуп метода и техника које један пословни систем воде ка остварењу циља.

Примарни циљ је остваривање профита, опстанак и развој пословног система. Поред овог циља важно је и побољшати квалитет, освојити нова тржишта, повећати ефикасност итд.

Пословни систем је друштвено-економска и техничко-технолошка целина чији је резултат рада производ, услуга и производ и услуга. Пословни систем чији је резултат рада производ називамо пословно-производни систем. У оквиру пословног система разликујемо шест основних функција.

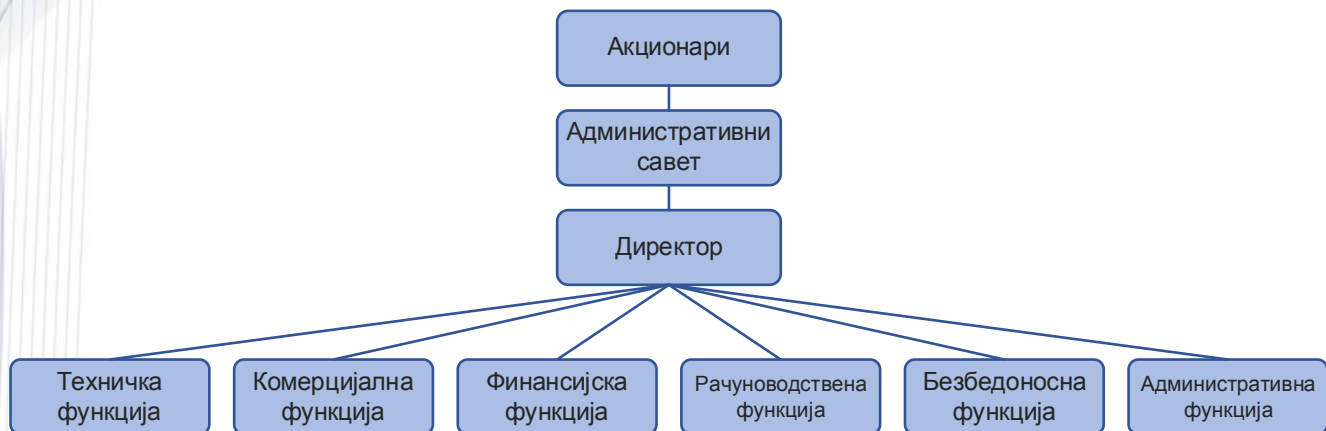
Fayol је дефинисао 6 класичних функција које егзистирају у пословним системима.



Fayol-ове функције:

- i. техничка функција,
- ii. комерцијална функција,
- iii. рачуноводствена функција,
- iv. финансијска функција,
- v. безбедоносна функција, и
- vi. административна функција

Организациона структура пословног система (по Fayol-у):



- i. Техничка функција – циљ је доћи до производа и зато је ова функција на првом месту приоритета (мада данас комерцијала често преузима примат),
- ii. Комерцијална функција – бави се набавком и продајом, али тако да оба ова аспекта буду исплативи за предузеће,
- iii. Рачуноводствена функција – бави се праћењем свих трошкова у предузећу, обзиром да сваки рад (или нерад) има свој трошак,
- iv. Финансијска функција – бави се обезбеђењем потребних средстава за производњу (сопствени капитал, кредити банака,...),
- v. Безбедоносна функција – пре свега се односи на заштиту и обезбеђење приватне својине (треба имати на уму да је у време настанка ове теорије положај радника био прилично занемарен),
- vi. Административна функција – обухвата:
 - а) предвиђање,
 - б) организовање,
 - в) командовање,
 - г) усклађивање,
 - д) контролу.

а) Предвиђање – проучавање будућих збивања да би се на основу тога припремио програм за акцију. Представља планирање рада у предузећу за наредни период (тај период је најчешће годину дана).

б) Организовање – представља обезбеђивање материјалних и енергетских ресурса за обављање акције, што се у извесном смислу разликује од ширег поимања организовања прихваћеног тада и нарочито касније.

в) Командовање – значи стављање особља у покрет, обезбеђење функционисања запослених.

г) Усклађивање – обједињује у складну целину све појединачне активности.

д) Контрола – се састоји у перманентном надзору над извршавањем задатака водећи рачуна да се обављају у складу са прописаним упутствима и издатим наредбама.



Можемо рећи да су *командовање, усклађивање и контрола* везани за централистички приступ вођења предузећа где је хијерархија веома прецизна и строга.

Fayol-ови принципи

Fayol је дефинисао и 14 принципа:

1. Подела рада
2. Ауторитет,
3. Ред,
4. Дисциплина,
5. Хијерархија,
6. Централизација,
7. Јединство управљања,
8. Јединство командовања,
9. Јединство особља,
10. Сталност особља,
11. Правичност,
12. Подређивање појединачних циљева општим циљевима,
13. Систем награђивања,
14. Иницијатива.

Taylor-ово принципи научне организације

Taylor је дефинисао 4 принципа научне организације рада:

- развој науке као замена за емпиријске методе,
- селекција радника на научној основи, а затим његова систематска обука,
- преношење научних сазнања на радника изабраног на научној основи,
- подела рада између руководиоца и радника.

Пре Taylor-а све је рађено на основу искуства (емпирије), а он се заложио за научно побољшање посла. Taylor је први нормирао посао тако што је узео најбољег радника и време за које он обави посао постављао као норму. Такође, Taylor је уочио и битност селекције радника (једноставно, не може свако да ради било који посао). Једна од новина које је такође увео Taylor је и потреба сталног усавршавања кадрова (може се рећи да је Јапан најбољи пример прихватања овог става).

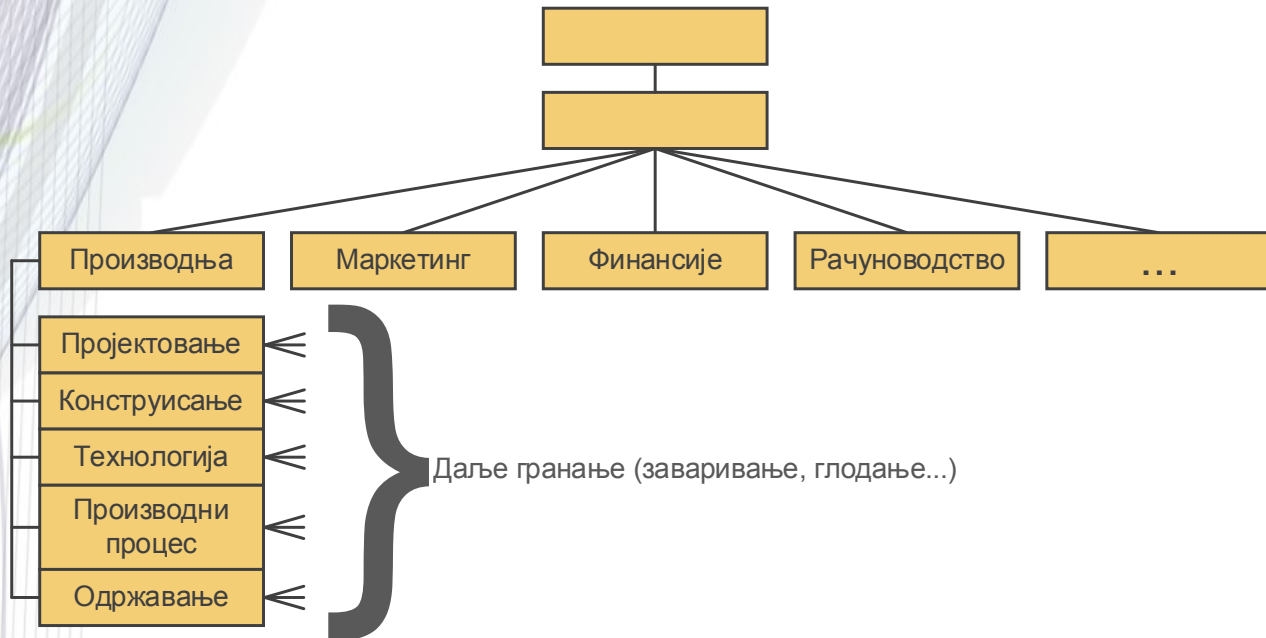
Основне карактеристике класичне теорије организације

- 1) Циљ,
- 2) Подела рада,
- 3) Хијерархија,
- 4) Распон руковођења,
- 5) Координација.

1) Циљ – И ако је профит основни циљ, постоје и подциљеви везани за квалитет, флексибилност, продуктивност, освајање тржишта, диверзификацију производа (освајање све више различитих производа).

2) Подела рада

Широка подела рада подразумева и одређену организацију рада. Сложеност производа и обим производње су битни фактори за који утичу на поделу рада а тиме и на сложеност организационе структуре. Подела рада је неминовност, али је ипак проблематична ако се реализује кроз претерану поделу рад (размрвљени рад). Типичан пример претеране поделе рада је производна трака.



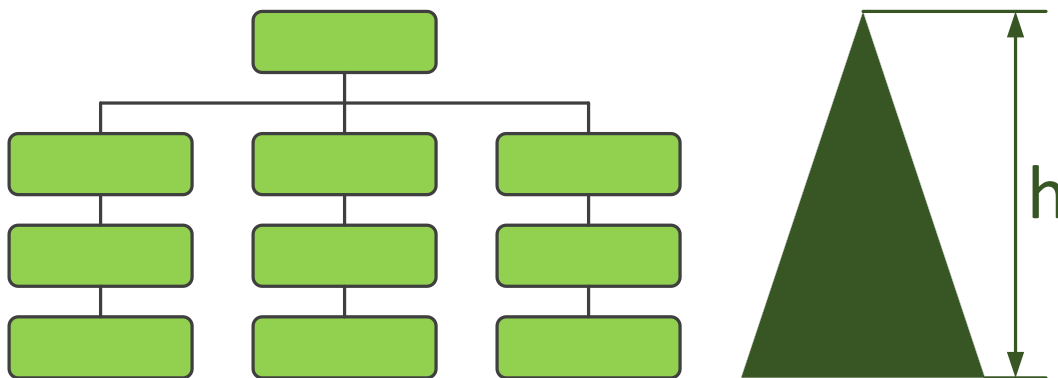
Подела рада може бити:

- а) просторна (хале, погони, машине, радна места)
- б) предметна и
- ц) процесна - по функцијама.

3) Хијерархија – подела рада доводи и до хијерархијских нивоа, односно повезивање по вертикали.

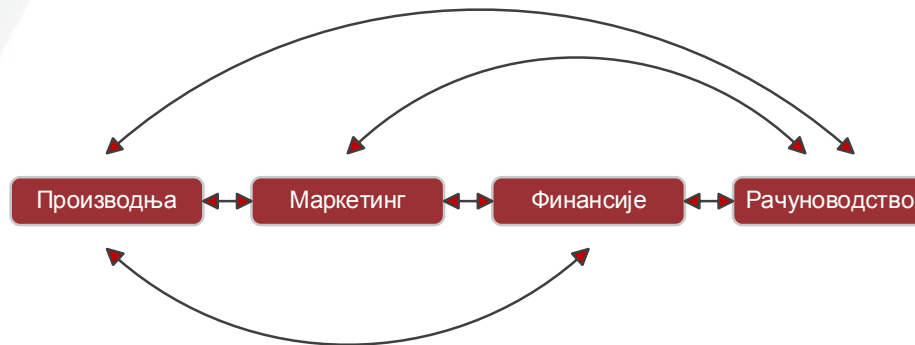
Хијерархијски нивои могу бити:

- а) линијски тип (класичан војнички тип са директном комуникацијом подређени-надређени)
- б) функционални тип (подразумева строго поделу по функцијама)



4 Распон руковођења – одређује број подређених у односу на једног надређеног. По Fayol-у, за више нивоа хијерархије тај однос је 4-5, а за ниже нивоа хијерархије је 10-15. Распон руковођења зависи од обима руковођења посла, нивоа образовања, комуникације (комуникациона средства), заинтересованости радника, итд.

5 Координација – координација представља усклађивање по хоризонтали.



Неокласична теорија организације

Постоје четири основне карактеристике неокласичне теорије организације:

- 1) мотивација,
- 2) неформалне групе,
- 3) партиципација и
- 4) комуникација.

Уочено је да ако се посвети пажња раднику, он повећава продуктивност свог рада.

1) Мотивација – може се направити хијерархија мотива:

- i. материјална стимулација,
- ii. могућност самопотврђивања,
- iii. могућност напредовања,
- iv. могућност поштовања,
- v. могућност задовољства,
- vi. могућност добре климе и културе,
- vii. могућност рекреације радника и
- viii. могућност збрињавања деце радника.

Сви ови мотиви су веома битни, јер тамо где је радник задовољнији, већи је радни учинак.

2 Неформалне групе – у свим предузећима постоје неформалне групе које немају никакву посебну организацију, већ су удружене само по принципу истих склоности, афинитета. Циљеви ових група могу бити конвергентни са циљевима предузећа (тј. циљеви им имају исти правац, или су просто исти), или дивергентни са циљевима предузећа (тј. циљеви им се разилазе или су потпуно различити). Конвергентност и дивергентност циљева неформалних група и предузећа може бити и добра и лоша, зависно од тога каква је ситуација у пословном систему и уосталом какви су циљеви у питању. Руководство предузећа увек мора рачунати са постојањем оваквих група и те групе углавном теже преузимању руковођења у предузећу. Неформалне групе су резултат строге хијерархијске структуре.

3 Партиципација – представља учешће радника у одлучивању у неким питањима предузећа. На Западу то углавном значи да радник утиче на предлоге везане за његову област деловања, тј. тражи се и његово мишљење о тим питањима. У бившим социјалистичким земљама партиципација је свој врхунац доживела појавом самоуправљања, када су радници, макар на папиру добили утицај на сва битна питања везана за предузеће. На Западу се тежи обогаћивању делатности радника тако што му се дају и нека нова задужења, другачија од оних основних којима се већ бави.

4 Комуникација – представља процес преноса информација између два субјекта.

По Винеру информација је садржај онога што размењујемо са спољашњим светом док му се прилагођавамо и док утичемо на њега својим прилагођавањем.

Информација је настала од латинске речи INFORMACIO што значи објашњавање, или проучавање.



Сматра се да информације нема без човека, јер тек када човек спозна податак, који је иначе само формализовани запис информације, он постаје информација.

Као што је ентропија мера за неорганизованост (система или уопште), тако је информација мера организованости, јер информација уводи уређеност у систем.

Методолошке основе планирања

Планирање је скуп акција које пословни систем у наредном периоду воде ка постављеним циљевима.

Планирање је постављање циљева и разрада начина за њихово остваривање. Може се рећи и да је планирање својеврсно гледање унапред.

Димензије планирања:

- временска,
- просторна и
- садржајна.

Подела планова:

- дугорочни (више од три године)
- средњерочни (две до три године)
- краткорочни до годину дана

Методе планирања:

- Математичке методе
- Гантове карте
- Техника мрежног планирања
- Метода уравнотежења плана и остварења (ЛОБ- метода).

Дугорочни планови

Дугорочни план обухвата:

- а) план производње,
- б) план реализације,
- в) план развоја производа,
- г) план кадрова,
- д) план инвестиција,
- ђ) план трошкова и економских резултата

а) План производње – подразумева спецификацију асортимана и количину производа уз динамику производње у односу на потребе тржишта и постојеће производне и пословне капацитете.

б) План реализације – мора у себи да садржи динамички разрађен прилив финансија који се очекује продајом одређених количина производа. План реализације се израђује на основу плана производње и предвиђања могућности продаје производа на тржишту.

в) План развоја производа – подразумева освајање нових производа и усавршавање већ постојећих.

г) План кадрова – бави се обезбеђењем нових кадрова и заменом већ постојећих. Фактори који утичу на планирање кадрова су:

- пораст обима производње,
- измена асортимана производа,
- усавршавање технологије,
- промена нивоа опремљености и
- ограничен радни век људи.



План кадрова дефинише потребе у кадровима као и начине за обезбеђење утврђених потреба. Потребе у кадровима могу бити:

- i. квантитативне (број кадрова),
- ii. квалитативне (структура кадрова по струкама и степену стручности).

Дугорочно планирање кадрова обухвата припрему кадрова кроз школовање, преко посебних образовних центара, курсева, специјализација, итд.

д) План инвестиција – подразумева:

- набавку нове опреме и
- изградњу пратећих објеката.

План инвестиција обухвата:

- програм радова и
- план финансијских средстава.

ђ) План трошкова и економских резултата – израђује се на основу следећих података:

- укупни трошкови за обухваћени период,
- елементи трошкова у структури трошкова пословања и
- промене укупног прихода.

Сви претходно наведени подаци се добијају на основу следећих показатеља:

- остварење у току протеклих неколико година,
- планиране промене обима производње и
- планирани пораст укупног прихода.

Добијени приход по годинама представља очекивани економски резултат, што утиче на потврђивање или преиспитивање усвојених планираних елемената.

Неке од нараспостављенијих метода у оквиру планирања стратегије су PEST анализа, PESTLE анализа и SWOT анализа

PEST анализа

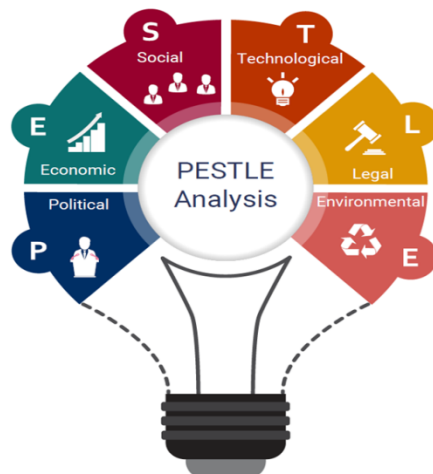
Даје оквир за сагледавање ситуације, а може да се користи и за креирање могућих стратегија.

PEST анализа се користи за: пословно и стратешко планирање, маркетинг планирање, развој производа и истраживања. Она се бави проучавањем окружења кроз анализу политичких, економских, социо-културолошких и технолошких фактора.





PESTLE анализа представља проширену PEST анализу. Поред основна четири фактора: политичких, економских, социо - културолошких и технолошких она обухвата још и ПРАВНЕ ФАКТОРЕ и ФАКТОРЕ ОКРУЖЕЊА (ЕКОЛОШКЕ ФАКТОРЕ).



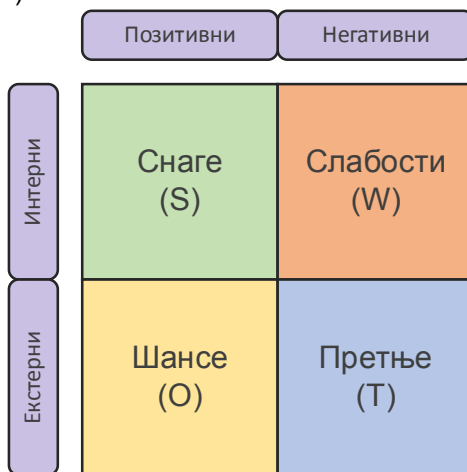
SWOT анализа

SWOT анализа је алат за разумевање и доношење одлука у најразличитијим ситуацијама у раду компаније или организације.

SWOT анализа се заснива на претпоставци да ће организација постићи највећи стратешки успех максимизирањем сопствених снага и прилика у околини уз истовремено минимизирање претњи и слабости, односно најбољом употребом унутрашњих снага у коришћењу могућности из околине.

Шта значи SWOT?

- **Strengths** – снаге
- **Weaknesses** – слабости
- **Opportunities** – могућности (шансе, прилике)
- **Threats** – претње (опасности)



Гантове карте (Гантограми)

Основна идеја Гантових карти је у визуелном приказивању планираних и остварених рокова за производне и друге активности, односно њихове носиоце.

Постоје два основна типа Гантограма:

- Гантове карте по машинама



– Гантове карте по елементима.

Цртање гатове карте:

- 1) По хоризонталу се наносе временске јединице (нпр. дан, час и сл.), а у заглављу су назначени носиоци активности (машина, радник,...) или активности (радни налог, производни или неки други задатак)
- 2) За примену исте идеје се користе линије и бројеви за приказ планираног и извршеног у односу на неку активност; тања линија представља остварени задатак, а пуна линија кумулативно извршење у односу на посматрани тренутак.

Уобичајене ознаке:

Носилац активности	ВРЕМЕ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	...			
Машина бр. 1	[]		[]			
Машина бр. 2			[]						
Машина бр. 3			[]	
...	[]							



- почетак обављања активности



- завршетак активности



- линија која повезује симболе почетка и завршетка на приказани начин означава предвиђено време трајања одговарајуће активности



- доња линија од симбола почетка на десно означава колико је од планираног остварено



- овај симбол се користи да се на временској линији дефинише садашњи тренутак, тј. тренутак посматрања

Предности Гантограма:

- i. визуелна очигледност и прегледност.

Недостаци Гантограма:

- i. не види се узајамна зависност и условљеност појединих активности и
- ii. одступање у току извршења планираних задатака (кашњење) условљава поновно цртање Гантограма.

Линеарно програмирање

Линеарно програмирање се примењује за:

- 1) утврђивање структуре програма и количине производа који ће обезбедити оптимално коришћење производних капацитета,
- 2) проналажење уских грла
- 3) одређење задатака по радним местима да би се смањили трошкови,
- 4) проблем утврђивања локације снабдевача да би се смањили трошкови транспорта (тзв. "транспортни проблем").



Проблем оптимизације производног програма:

Функција циља: $Z = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_j \cdot x_j + \dots + c_k \cdot x_k$, $j = 1, 2, \dots, k$, $x_i \geq 0$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1k}x_k \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2j}x_j + \dots + a_{2k}x_k \leq b_2$$

...

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{ik}x_k \leq b_i$$

...

Ограничења: $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mk}x_k \leq b_m$, $i = 1, 2, \dots, m$, где је

$$z = \sum_{j=1}^k c_j x_j$$

$$\sum_{j=1}^k a_{ij} x_j \leq b_i, \quad j = 1, 2, \dots, k$$

k - број променљивих (врста производа)

x_j - количина j -тог производа

Ограничења се односе на машине, кадрове, сировине, итд.

Капацитет машине

Капацитет машине је способност машине да у одређеном временском периоду обави одређени број операција. Јединица капацитета машине је **машински час**.

Категорије капацитета машине:

- 1) Идеални капацитет - $C_{mi} = 365 \cdot 24$, јер теоријски машина ради 365 дана по 24 часа дневно.
- 2) Реални технички капацитет - $C_{mr} = C_{mi} - t$, где је t време потребно за ремонте.
- 3) Експлоатациони капацитет - $C_{me} = C_{mr} - 24 \cdot (N + P) - 1,5 \cdot R$, где је редом N -нерадни дани, P -празници, R -број радних дана, $1,5 = 3$ смене $\times 0,5$ часова паузе.
- 4) Стварни капацитет - $C_{ms} = C_{me} -$ (кварови) - (мањак материјала) - (мањак алата) - (одсуство радника) - (неприпремљен рад) - разни други губици.

Категорије капацитета фабрике:

1) Технички капацитет фабрике:

i. Идеални технички капацитет фабрике: $C_{fi} = \sum_{j=1}^n C_{mij}$,

ii. Реални технички капацитет фабрике: $C_{fr} = \sum_{j=1}^n C_{mij}$,

2) Експлоатациони капацитет фабрике: све машине се могу класификовати у једнородне групе - компонентне капацитете, које чине истородне машине међусобно заменљиве (то би нпр. биле групе стругова, бушилица, глодалица,...). Овде се јавља и проблем тзв. "уских грла". "Уско грло" је машина која је искоришћена у потпуности (ради без престанка). Проблем "уског грла" се отклања организационим и



инвестиционим мерама, односно бољом расподелом рада између машина и улагањем у куповину нових машина.

Методе за мерење степена коришћења капацитета

Методе се деле на:

- 1) континуалне и
- 2) МТЗ (метода тренутних запажања).

1) Континуалне методе - најчешће одговарајућим инструментима за регистровање рада/нерада: инструмент региструје само стање рада/нерада, али не и узрок. Осим тога инструмент је углавном веома скуп, а не сме се ни занемарити способност радника да обмане инструмент.

2) МТЗ (Метода Тренутних Запажања): представља статистичку методу која процентуално оцењује да ли машина ради или не, уз узроке и објашњења зашто машина није радила.

Постоје три фазе у овој методи:

1. припрема снимања,
2. снимање и
3. анализа снимљених резултата.

Појединачни степен коришћења капацитета: $\eta_{p1} = \frac{n(+)}{n} \cdot 100[\%]$, за први дан (однос броја плусева и укупног броја опажања); ради се онолико појединачних степена коришћења капацитета колико је и дана посматрања.

Просечан степен коришћења капацитета посматране машине: $\bar{\eta}_p = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_{pi}}{m}$, где је m-број дана посматрања.

Кумулативни степен коришћења капацитета:

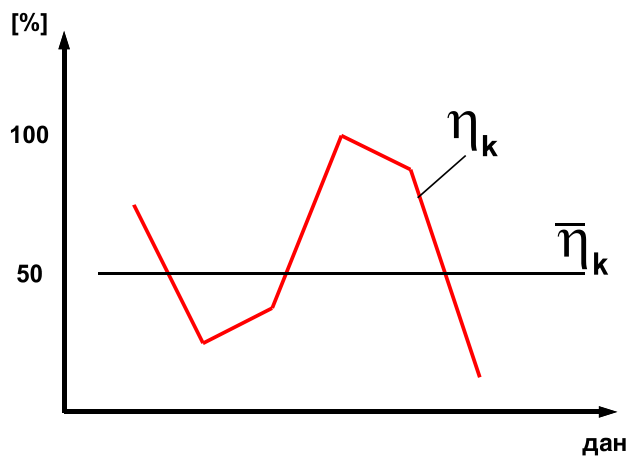
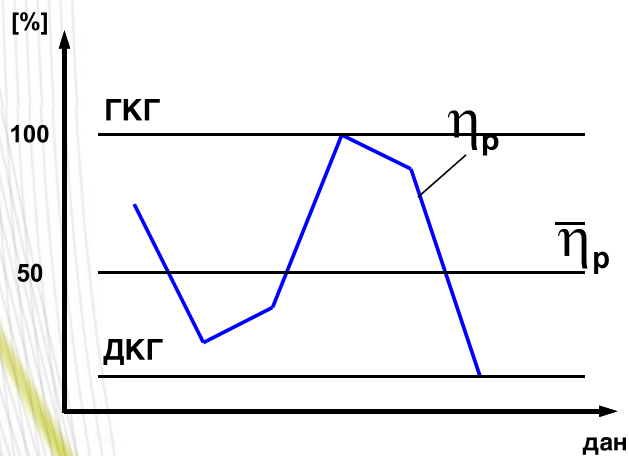
$$\eta_{k1} = \frac{n_1(+)}{n_1} \cdot 100[\%]$$

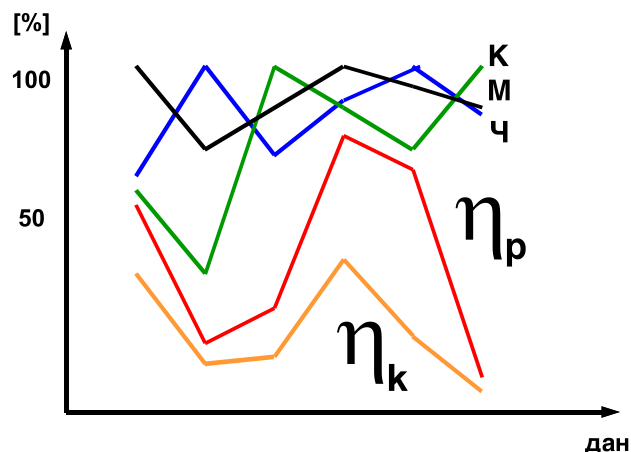
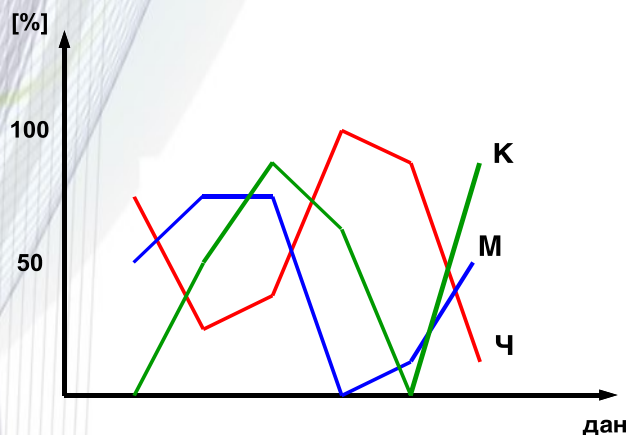
$$\eta_{k2} = \frac{n_1(+)+n_2(+)}{n_1+n_2} \cdot 100[\%]$$

.....

$$\eta_{km} = \frac{n_1(+)+\dots+n_m(+)}{n_1+\dots+n_m} \cdot 100[\%]$$

Графичка интерпретација:





Групни дијаграм се може дати и у некој другој погодној форми.

Битно је одредити и **контролне границе** за појединачни степен коришћења капацитета:

Горња контролна граница: $ГКГ = \bar{\eta}_p + 3 \cdot \sigma \cdot \bar{\eta}_p$

Доња контролна граница: $ДКГ = \bar{\eta}_p - 3 \cdot \sigma \cdot \bar{\eta}_p$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\eta_{p1} - \bar{\eta}_p)^2 + \dots + (\eta_{pm} - \bar{\eta}_p)^2}{m}}$$
, тзв. **стандардна девијација**.

Уколико се догоди да неке вредности пробијају срачунате границе, онда треба наставити снимање све док све вредности не уђу у оквир граница. Могу се установити и **локалне контролне границе**, које важе за сваку појединачну тачку и обично се обележавају малим словима (гкг, дкг).

Искуство показује да су најчешћи губици везани за кварове машине и људски фактор.

МТЗ је погодна јер је често јефтинија од континуалних, покрива више радних места, обука није компликована, унапред је познат степен поузданости, максимално су заступљени компјутери.

Организација обезбеђења материјала за производњу

За обезбеђење материјала треба узети у обзир:

- 1) Велики асортиман производа – велика количина материјала и резервних делова,
- 2) Неуједначена потреба у материјалима/производима током времена,
- 3) Симултан рад -ради се на више машина да би се добио један производ, односно мора се сачекати да једна машина заврши па да се тек онда пређе на другу,
- 4) Тешкоће на тржишту репро-материјала – неопходно је правовремено се информисати о понуди,
- 5) Финансијска ограничења и трошкови.

Производња може бити:

- i. Према плану – прави се дугорочни план у ком су одступања сасвим вероватна, што је негативна појава, али практично неизбежна.
- ii. Према наруџби – производња за унапред познатог купца, а може се десити да произвођач или нема материјал или да су му залихе превелике па се онда јавља проблем чувања толиког материјала.
- iii. Комбинација – ово је случај који се сматра најповољнијим јер се планирање онда врши према потребама купаца.

Захтеви за успешну производњу:

1. Обезбеђење материјала,
2. Минимални трошкови производње.



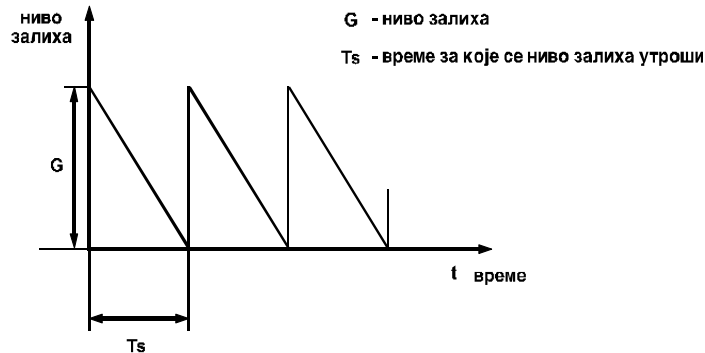
Најчешће се у пракси користи **оптимизација обезбеђења материјала** што подразумева испитивање карактера потрошње материјала и услове складиштења.

Карактер потрошње материјала:

- Континуално – без прекида током производње и
- Дисконтинуално – са прекидима током производње да би се допремио материјал.

Модел за залиха:

1)



Укупни трошкови: $C = \left(\frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot G \cdot T_s + C_s \right) \cdot \frac{R}{G}$, где је редом: C_1 - трошкови складиштења једне јединице материјала, C_s - трошкови складиштења једне наруџбине, R – тражња, тј. количина производа (или материјала) коју предузеће треба да испоручи (или набави, ако се ради о материјалу) за дато време.

Период за испуњење захтева једне наруџбине је T_s .

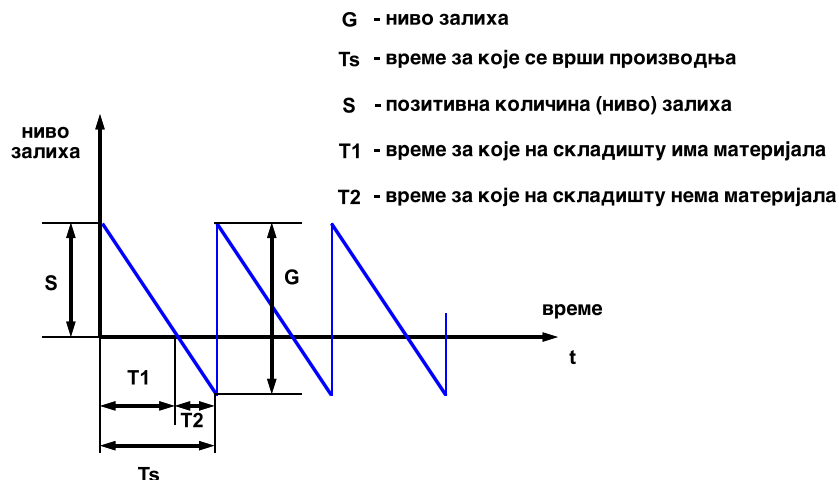
$$\frac{T}{T_s} = \frac{R}{G} \Rightarrow T_s = \frac{T \cdot G}{R}, \text{ а овде се } R \text{ односи на материјал.}$$

Оптимална количина залиха: $G_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_s \cdot R}{C_1 \cdot T}}$ (комада)

Минимални трошкови:

$$C_{min} = \sqrt{2 \cdot C_1 \cdot C_s \cdot R \cdot T} \text{ (новчаних јединица)}$$

2)





$$\frac{T_1}{S} = \frac{T_s}{G} \Rightarrow T_1 = \frac{T_s \cdot S}{G}$$

$$\frac{T_2}{G-S} = \frac{T_s}{G} \Rightarrow T_2 = \frac{T_s \cdot (G-S)}{G}$$

C2 су трошкови недостатка материјала,

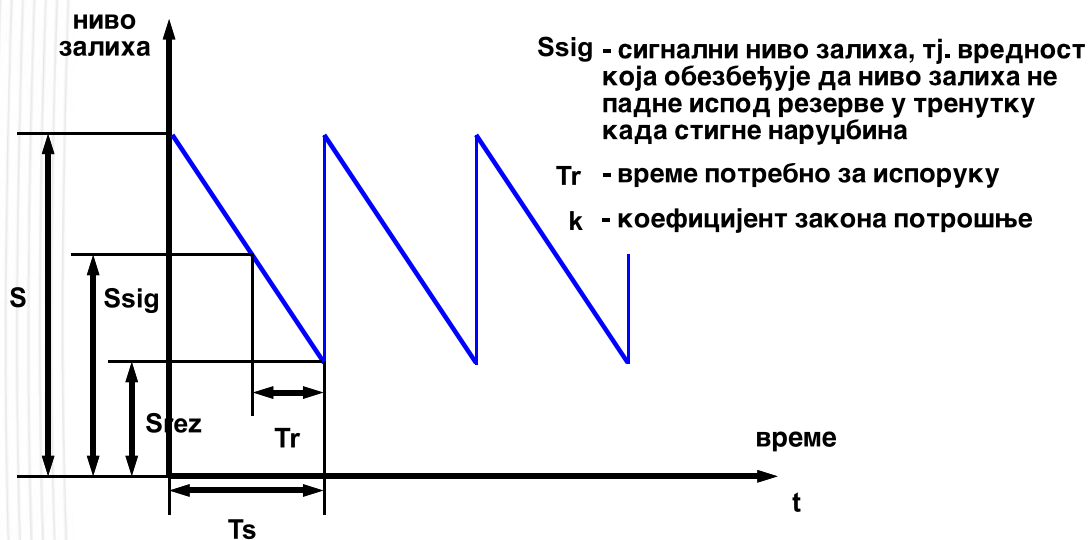
$$\text{Укупни трошкови : } C = \left(\frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot S \cdot T_1 + \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot (G-S) \cdot T_2 + C_s \right) \cdot \frac{R}{G}$$

$$\text{Оптимална количина коју треба наручити: } G_{\text{opt}} = \sqrt{2 \cdot \frac{C_s}{C_1} \cdot \frac{R}{T}} \cdot \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_2}}$$

Оптимална количина материјала на залихама:

$$S_{\text{opt}} = \sqrt{2 \cdot \frac{C_s}{C_1} \cdot \frac{R}{T}} \cdot \sqrt{\frac{C_2}{C_1 + C_2}}$$

$$\text{Минимални трошкови: } C_{\text{min}} = \sqrt{2 \cdot C_1 \cdot C_s \cdot R \cdot T} \cdot \sqrt{\frac{C_2}{C_1 + C_2}}$$



Уопштено:

$$S_{\text{sig}} = S_{\text{rez}} + T_r \cdot k$$

Складишта материјала:

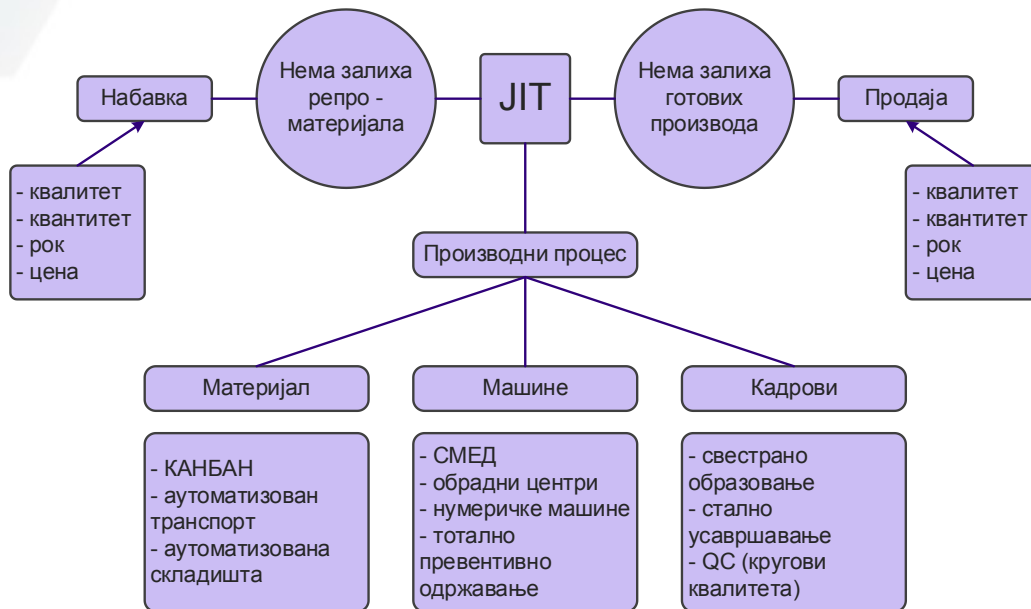
- i. За репродукциони материјал (улазно у односу на околину),
- ii. За готове делове (улазно у односу на околину),
- iii. Међускладиште (складиште интерног карактера) и
- iv. За готове производе (излазно у односу на околину)

Савремени концепти обезбеђења материјала

Машинско инжењерство у пракси - Индустријско инжењерство



JUST-IN-TIME је концепт који подразумева производњу „тачно на време“, како би се одговорило потребама тржишта. Сам термин значи временски добро планирано. Принцип је уведен да би се остварио идеал: производња без залиха.



Увек се тежи **континуираном процесу** од операције до операције, чак и тамо где то није посебно наглашено (помоћу трака, конвејера, покретних пултова, итд.).

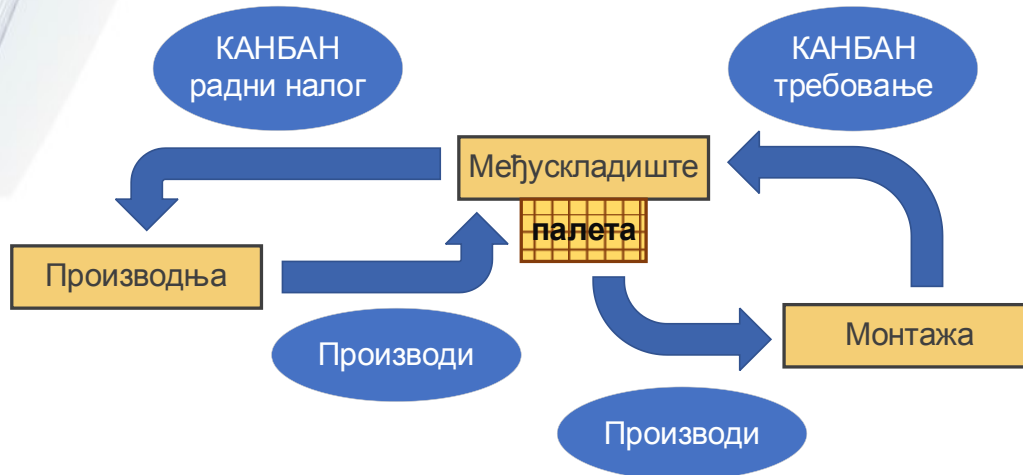
Тотално превентивно одржавање је битно да би се избегли застоји у раду.

Кадрови треба да буду обучени за рад на више машина, и то не само истородних већ и разнородних (нпр. и брушење и глодање и бушење,...); што се тиче **усавршавања кадрова**, они би требали бар 7-10 дана годишње да проводе на стручним усавршавањима.

QC (Quality Circles) кругови квалитета. Радници дају предлоге унапређења производње.

КАНБАН – средство за остварење JIT-а, које се **дефинише** преко:

- **КАНБАН** **требовања** и
- **КАНБАН** **радног налога.**



Канбан се заснива на раду по наруџбини.

КАНБАН често функционише између произвођача и коопераната, великопродаје и малопродаје, штанда и залиха, ...

Организација обезбеђења производње алатима

Алати могу бити:

По намени:

- Производни
- Контролни.

По степену стандардизације:

- Стандардни
- Специјални.

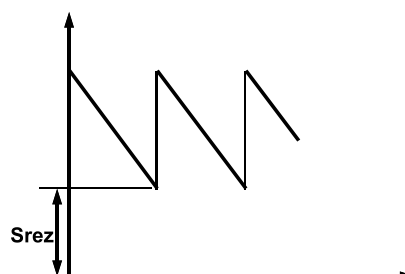
- Мери се потрошња алата да би се одредила потребна количина алата, $K_A = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \eta_i \cdot k$, где је редом q_i – годишњи обим производње, η_i – коефицијент трошења алата по једном комаду материјала и k – коефицијент који узима у обзир радне услове.

Свако радно место мора бити снабдевано следећим врстама алата:

- Стандардни (за опремљеност радног места),
- Потрошни,
- Специјални (мерни алати и томе слично).

Радник путем књиге задужује алате, односно уписује шта је узео. За потрошне алате користе се често металне маркице, када се на место алата оставља маркица са нпр. бројем радника, или се користе и табле са подацима о томе ко је шта задужио.

У уобичајеној употреби је резервни модел залиха алата:





Основне операције са алатима су **оштрење, реглажа и поправке**.

Праћењем алата може е практично прати и читава производња.

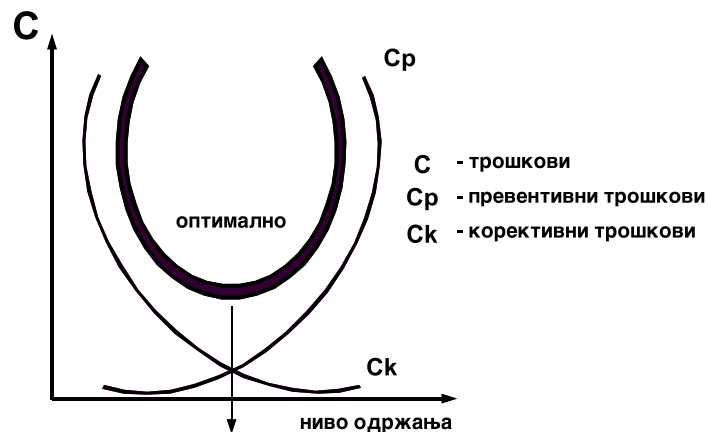
Организација одржавања машина

Одржавање машина је **обезбеђење радне способности** машине сходно њеним техничко-експлоатационим карактеристикама у предвиђеном времену трајања.

Одржавање може бити:

- **Корективно** – кварови се поправљају онда када се јаве и
- **Превентивно (или планско-превентивно)** – систематски се прате могући узрочници нерада машине и отклањају се превентивно, да би се спречили већи кварови.

Како расте ниво превентивног одржавања, тако битно расту и **трошкови**, па је често неопходно вршити оптимизацију између превентивног и корективног одржавања.



Посебан тип превентивног одржавања је **одржавање по стању**, када се врши обавезно одржавање делова после одређеног времена.

Превентивни трошкови у највећем броју случајева зависе од расположивих финансија.

Превентивно одржавање обухвата следеће активности:

- Чишћење и заштита од корозије,
- Подмазивање,
- Преглед и замена делова,
- Мале оправке,
- Средње оправке и
- Генерални ремонт.

По времену и висини финансија одржавање је:

- Текуће
- Инвестиционо – овде спадају средње и генералне оправке.

Циклус одржавања машине је скуп активности који се обавља између два генерална ремонта, и најчешће обухвата **прегледе, подмазивања, чишћења** и слично.

Генерални ремонт би требао да се врши бар једном годишње на лицу места (у предузећу), или у одговарајућем **ремонтном заводу**.

Служба одржавања може бити:



- ❖ Централизована или
 - ❖ Децентрализована, а ово зависи од **система одржавања, структуре и броја машина**, као и од **просторне дислоцираности објеката**.
 - ❖ Комбинација претходних представља теоријску могућност, али није обавеза.
- Корективни систем одржавања тежи већој децентрализацији, што је природна последица тога да се корективно одржавање обавља у ходу, односно онда када се нешто догоди без претераног утицаја управе.

Информациони подсистем одржавања

Документација која је услов за увођење неког система одржавања може бити:

- I. Техничка документација – обезбеђује податке о **техничким детаљима машине** (склопови, подсклопови,...),
- II. Упутство за одржавање – даје опис свих **активности на одржавању** неке машине (код нас је чест случај да овај део документације недостаје) и
- III. Машинска карта – обавезно садржи:
 - ◆ назив машине,
 - ◆ инвентарски број,
 - ◆ годину производње,
 - ◆ годину уградње,
 - ◆ снагу,
 - ◆ максимални број обртаја, и
 - ◆ назив произвођача.

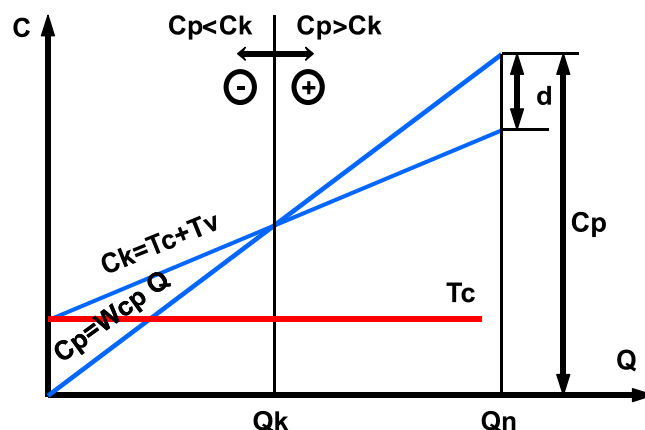
Документација која је основ за функционисање неког система одржавања може бити:

- I. Ремонтни картон – даје податке о свим **интервенцијама** на машини; овај део документације је зато неопходно стално ажурирати,
- II. Извештај о извршеним прегледима – представља неопходан услов за **планско-превентивни систем**; помоћу овог документа се може превентивно деловати на плану **заштите, подмазивања, генералних ремонта** и сл., и
- III. Радни налог – издаје се тек после обављеног снимања стања.

Q-C дијаграм

Суштина овог дијаграма је да се на једном месту графички представе и **цена продаје и цена коштања у зависности од обима производње**.

$C_p = W_{CP} \cdot Q$, где је W_{CP} јединична цена продаје, а Q је обим производње. На дијаграму је Q_k критични обим производње, тј. место где су цена продаје и цена коштања једнаке, а Q_n је обим производње за неки временски период (обично годину дана); $C_p > C_k$ значи да је пословање са **губитком**, а $C_p < C_k$ значи да је пословање са **добитком**.

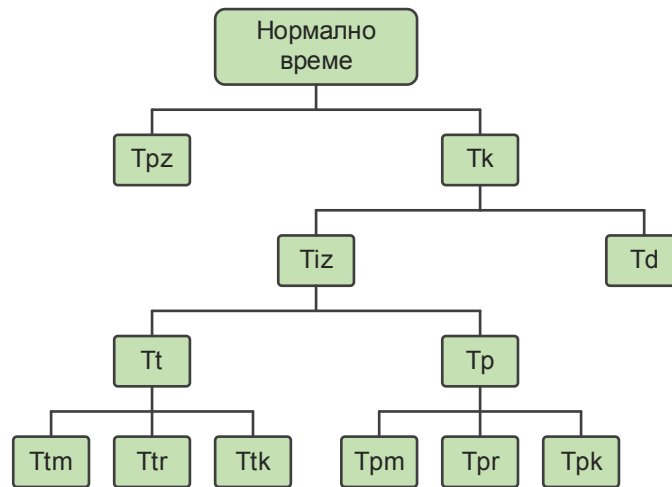




МЕРЕЊЕ РАДА

Нормално време је време потребно за обављање одређене операције при чему радник мора да има одређену **квалификованост**, морају бити испуњени одређени **радни услови** (мисли се углавном на ниво буке, светлости и сл.) као и **квалитет обављеног задатка** који мора да одговара прописаним захтевима.

Структура нормалног времена:



Трз - припремно-завршно време

Тк - време по комаду

Тиз - време израде

Тд - допунско време

Тт - технолошко време

Тр - помоћно време

Ттм - технолошко-машинско време

Ттр - технолошко-ручно време

Ттк - технолошко-комбиновано време

Трм - помоћно-машинско време

Трр - помоћно-ручно време

Трк - помоћно-комбиновано време

Нормално време је одавде:

$$T = \frac{T_{pz}}{n} + T_k = \frac{T_{pz}}{n} + T_t + T_p + T_d = \frac{T_{pz}}{n} + T_{tm} + T_{tr} + T_{tk} + T_{pm} + T_{pr} + T_{pk} + T_d,$$

где је n-број комада.

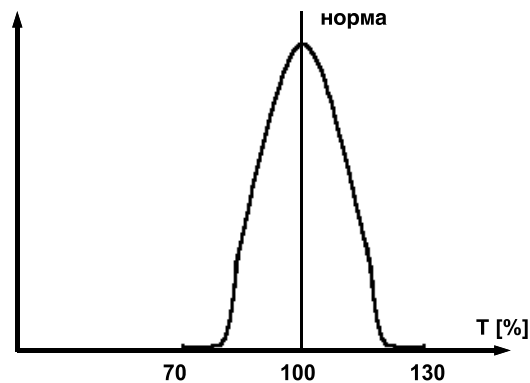
Време се **одређује**:

1. **прорачуном** и
2. (а) **снимањем** или
(б) **унапред задатим временима**.

Прорачуном се углавном одређује **технолошко-машинско** и **помоћно-машинско** време, а **снимањем** се најчешће одређује **припремно-завршно** време по комаду, **технолошко-ручно**, **технолошко-комбиновано** и **допунско** време.



Најчешћи је случај да се посматра **серијска/масовна производња** јер само за њу има смисла и исплативо је вршити детаљна проучавања.



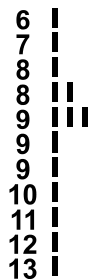
За прорачун је: $T = \frac{N_B}{N_{NB}} \cdot t$, где је N_B оцена брзине радника, $N_{NB} = 100$ оцена нормалне брзине, и t време трајања операције.

Тако је нпр. за $t = 10[s]$ и $N_B = 110 \Rightarrow T = \frac{110}{100} \cdot 10 = 11[s]$, па се зато мора усвојити нова норма од 11 секунди за дату операцију.

У пракси се описује време које представља нормалну брзину, па се тако нпр. каже да је нормална (просечна) брзина хода човека неких $4,8[km/h]$, или да се нормална брзина може изразити тако што се поделе 52 карте за игру у 30 секунди, и томе слично.

Методe снимања:

- ❖ **метода просечне вредности:** израчунава се аритметичка средина трајања операција, тј. $T = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$, где је n број снимања.
- ❖ **метода највећих фреквенција:** нормално време је снимљено време са највећом фреквенцијом. Нпр. за једну операцију снимљена су редом следећа времена (у одговарајућим јединицама): 6,7,8,8,9,9,9,10,11,12,13. На основу тога се формира дијаграм за фреквентност времена где се јасно уочава да је 9 временских јединица најчешће време и оно се појављује три пута током мерења. Зато је фреквенција $f = 3$, и $T = 9$ (временских јединица, нпр. секунди).



- ❖ **Michelin-ова метода:** заснива се на низу снимљених података о временима потребним за једну операцију, али се онога пута елиминишу екстремна времена, а норма се одређује по обрасцу $T = \frac{T_{min} + T_{sr}}{2}$. Тако се, за већ наведени списак времена 6,7,8,8,9,9,9,10,11,12,13 одмах елиминишу вредности 6 и 13 као екстремне, а остала времена се групишу у три дела: минимална – 7,8,8, средња

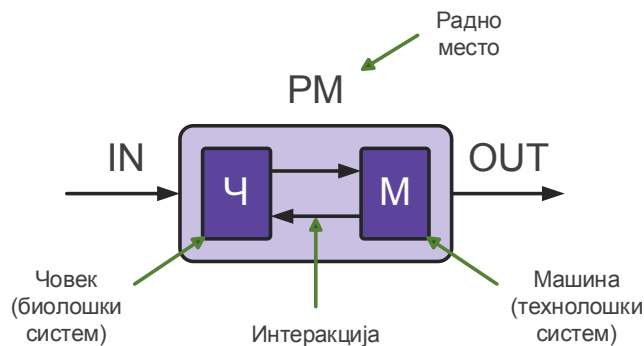


– 9,9,9 и максимална – 10,11,12. Сада је употребом формуле резултат $T = 8.333$ (временске јединице). Очигледно је да је овај резултат мањи од оног који се добије коришћењем методе највећих фреквенција, па се зато и каже да је Michelin-ова метода **погоднија за послодавца** а метода највећих фреквенција **погоднија за радника**.

- ❖ **Метода Тренутних Запажања (МТЗ):** потпуно аналоган приступ примење за мерење капацитета машина. Може се користити само у сврху одређивања допунског времена.

Проучавање рада

Проучавање рада се бави детаљнијим проучавањем **човека, машине, предмета рада, материјала, алата, начина рада и радних услова** у процесу рада.



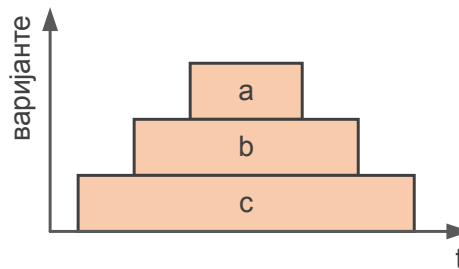
Ергономија као наука се бави **прилагођавањем** рада човеку и човека раду са циљем **хуманизације** рада.

Из праксе се дошло до закључка да је углавном много лакше прилагодити рад човеку него човека раду. Прилагођавање рада човеку ипак није сасвим лак поступак, зато што треба ускладити и **физичке** и **менталне аспекте** рада. Тако ергономија мора да буде и **мултидисциплинарна** и **интердисциплинарна**, односно мора да бухвата више области у себи, а такође мора и да прожима више дисциплина и да их повезује.

Услови рада могу бити:

- **микроматски** – посматра се **микромат радног места**, односно температура, влажност ваздуха и струјање ваздуха на радном месту.
- **бука и вибрације** – коришћење разноврсних уређаја проузрокује појаву буке и вибрација на радним местима. Ове појаве су штетне и за раднике на тим радним местима, а и за њихову околину. Зато се и овде дају табеларни подаци о допуштеном нивоу буке на радном месту у децибелима.
- **зрачење** – многи уређаји одају ултраљубичасто, рендгенско и радиоактивно зрачење, које је генерално штетно за људе. Зато се и за овакве појаве морају дати строги табеларни подаци о дозвољеној количини зрачења на радном месту, а по потреби (рецимо у специјализованим медицинским установама и неким институтима) радници се морају редовно и подвргавати систематским мерењима нивоа зрачења у организму.

Анализа производног циклуса



Мерење временског трајања појединих варијанти циклуса зависи од тога, шта се усваја као показатељ производне односно половне активности. као најзначајнији показатељи релевантни за циклус активности јављају се:

- (a) Обзиром на **степен коришћења производних потенцијала**, производни циклус је време које протекне од прве до последње операције при изради неког производа,
- (b) Обзиром на **ангажована обртна средства**, производни циклус је време које протекне од набавке до продаје и
- (c) Обзиром на **степен коришћења пословних потенцијала**, производни циклус је време које протекне од идеје до праћења производа у експлоатацији или чак и до завршног одлагања/складиштења.

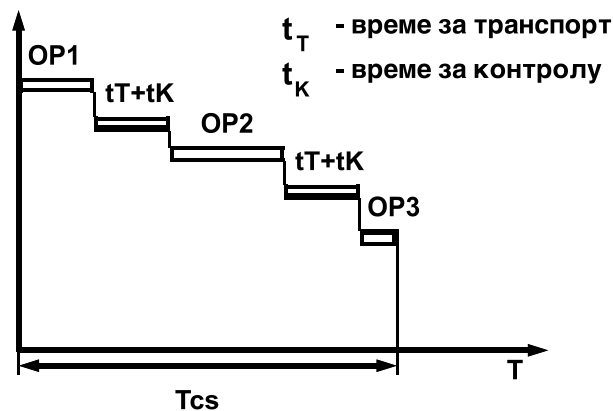
Основни циљ је свакако то да производни циклус траје што краће, а уобичајена структура тог времена је:

- ❖ **Производно** које се потом дели на **технолошко и нетехнолошко** и
 - ❖ **Непроизводно**, тј. време када нема активности (кварови, фактор човек, ...)
- Технолошко време – време које се утроши на обављање операција на машинама.
Нетехнолошко време – време које је потребно за транспорт и контролу.

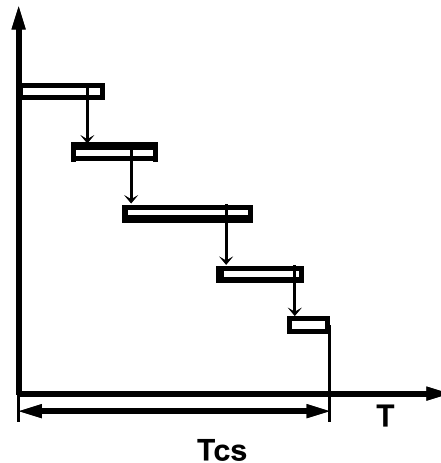
Коефицијент протока је: $k = \frac{T_{CS}}{T_t}$, односно количник стварног трајања циклуса (као збира производног и непроизводног времена) и технолошког времена. Представља **меру успешности синхронизације** активности током остваривања производних процеса за одговарајући тип производње. Обично је $k \geq 1$, а $k = 1$ само онда када нема никаквих временских губитака. Код нас је ситуација у том погледу доста лоша, а примера ради, у металопрерађивачкој индустрији је код нас чак $k = 30 \div 50$.

Редослед тока операција: ток операција може бити: **узастопни, паралелни и комбиновани**.

- i. Узастопни (линијски) ток операција: на једном радном месту се обаву операција на свим комадима, па тек онда они прелазе на друго радно место.



- ii. Паралелни ток операција: сваки комад по завршетку претходне операције прелази на наредну.



Укупно време потребно за целу серију је краће код паралелног него код узастопног тока операција.

- iii. Комбиновани ток операција: суштински је ово паралелни ток операција, али прилагођен тако да се избегне основни недостатак, а то је чекање машине.

Менаџмент и систем квалитета

Пословни систем које има за циљ да оствари профит, опстане и обезбеди развој на домаћем и светском тржишту као императив мора узети квалитет. Систем квалитета је процес који карактерише крај прошлог и почетак овог века доносећи нови однос према купцима, околини а пре свега у процесу рада у организацијама, стављајући јасно до знања чиме је и чиме ће успешно пословање у будућности бити детерминисано.

До сада није познато било шта у историји модерног пословања око чега је остварена тако брза и чврста сагласност и теоретичара и практичара производње, организације и управљања, као што се десило у погледу постизања сагласности око тога да је квалитет далеко најважнији услов успешности и дуговечности сваког тржишног субјекта, те због тога и не може имати алтернативу.

Разлог овакве експанзије квалитета могао би бити доказ пораслог квалитета укупног живота и наравно, квалитета у производњи и потрошњи као "подскупа" претходно поменутог квалитета, што би било једно виђење. Други аспект би био управо потреба да се квалитетом надмаши "неквалитет", што вероватно чини другу страну приче о истом. Тиме се употпуњује теза да "квалитет све више постаје филозофска, а све мање инжењерска категорија".

Данас концепт система квалитета битно детерминише сва дешавања у оквиру предузећа. Бројна је литература која обрађује овај феномен. У овом поглављу биће размотрени они аспекти система квалитета који у овом тренутку имају кључни утицај на пословање предузећа.

Тотално управљање квалитетом – TQM

За постизање светске класе производње најефикаснија решења нуди концепт тоталног управљања квалитетом (TQM) као системски и систематски приступ сталном унапређењу и побољшању производа и услуга. Настао је у Јапану као последица примене 14 Демингових принципа:

1. Креирати конзистентност циљева и унапређења,
2. Усвајање нове филозофије,
3. Смањити утицај инспекција,
4. Прекинути са куповином на бази цене као основе за одлучивање,
5. Стално унапређивање,
6. Обезбедити сталност обучавања,
7. Обезбедити "лидерство",



8. Радити без страха/опасности,
9. Рушити баријере између сектора,
10. Елиминисати слогане, натписе и циљеве радника,
11. а) Елиминисати радне стандарде (радне квоте),
б) Елиминисати управљање према квотним циљевима,
12. а) Рушити баријере међу радницима,
б) Рушити баријере између "плавих" и "белих" мантила,
13. Успоставити обавезујуће програме обуке и самопроверу за менаџмент,
14. Укључити све да раде на процесима трансформације.

За TQM можемо рећи да је менаџерски концепт према коме предузеће врши стално побољшање свог функционисања и тако утиче на побољшање производа (услуга), водећи рачуна о потребама и очекивањима купаца. Побољшање функционисања предузећа се схвата као трансформација предузећа. Као најважнији утицај на повећање квалитета у организацијама које спровode TQM истиче се способност менаџмента да мотивише запослене на квалитет и његов утицај на конкурентску способност компаније.

TQM је циљ који треба да достигне организација тако да је систем менаџмента квалитетом само пут ка TQM-у.

Менаџмент информациони системи

Менаџмент Информациони систем (МИС) можемо дефинисати као рачунарски информациони систем који је циљно оријентисан на обезбеђење подршке управљању и руковођењу у пословним системима. Менаџмент информационе системе делимо према степену аутоматизације на:

- неаутоматизовани информациони системи,
- управљачки информациони системи, који подржавају доношење рутинских одлука, углавном на нивоу оперативног управљања,
- системи за подршку одлучивању, који подржавају доношење сложених и тешких одлука,
- експертни системи, који решавају проблеме врхунских експерата,
- извршни системи на нивоу стратешког управљања
- хибридни системи,
- вештачка интелигенција.

Према нивоима у организационој структури, МИС делимо на:



Системи за подршку одлучивању пружају помоћ при доношењу одлука на свим нивоима одлучивања, али су од посебног значаја за више нивоа. За разлику од управљачких информационих система, који углавном олакшавају хоризонталне информације протока, системи за подршку одлучивању подржавају



вертикалне информационе токове и тако потпомажу интеграцију информација које се користе на различитим организационим и управљачким нивоима. Они олакшавају синтезу информација из појединих подсистема за стратешко одлучивање и доприносе аутоматизацији стратешког планирања и предвиђања.

Под **експертним системима** подразумева се реализација рачунарски базиране вештине неког експерта чија је основа у знању и у таквом облику да систем може да понуди интелигентан савет или да преузме интелигентну одлуку о функцији која је у поступку. Експертни систем поседује и карактеристику да на захтев верификује своју линију резонувања, тако да директно обавештава кориснике који постављају питање.

Најчешће се знање у експертним системима представља преко продукционих правила, у облику: IF (стање система) THEN (следи акција/закључак).

Правила се састоје из два дела: IF (ако) и THEN (онда). У IF делу правила се налази један или више исказа на основу којих се изводе закључци. Ови искази се називају премисе. Ако правило садржи више премиса онда су оне повезане неком логичком операцијом. Логичке операције могу бити И (AND), али се често може наћи и ИЛИ (OR) и НЕ (NOT). THEN део правила такође садржи исказе, али се они зову закључци. Принцип функционисања: ако су премисе из IF дела правила тачне (ако их има више потребно је да укупан логички израз буде тачан) онда су и закључци из THEN дела правила тачни. Поступак повезивања продукционих правила назива се оланчавање. Оланчавање може бити унапред и уназад.



Архитектура експертног система

Мреже закључивања

Системи засновани на правилима у експертним системима могу бити јако сложени. Проширењем система, расте и број правила. Људи углавном воле да имају јасну слику о проблему који решавају. Када се чворови грана користе за представљање премиса и закључака правила, а гране користе за представљање логичких веза између њих настају мреже закључивања. Због стварања прецизних слика о самој природи проблематику широку примену имају у биологији, медицини и генетици. Пример једне мреже закључивања представљен је на слици 3..



Слика 3. Пример мреже закључивања