

Inženjersko projektovanje

Prof. dr Darko Bajić
Mašinski fakultet Podgorica

darko@ucg.ac.me

FAZE PROCESA METODIČKOG KONSTRUISANJA

- Proces zavisi od vrste proizvodnje, tj. da li je proizvodnja prema narudžbama kupaca ili proizvodnja nezavisna od pojedinačnih narudžbi kupaca.
- Zavisno koja služba kompanije formuliše konstruktivne zadatke, razlikujemo sledeća područja konstrukcijske djelatnosti:
 - ▣ razvoj proizvoda,
 - ▣ rešavanje narudžbi kupaca,
 - ▣ razrada ponuda i
 - ▣ konstrukciju alata i uređaja.

RAZVOJ KONSTRUKCIJE PROIZVODA

- Analizom podataka koje skuplja služba marketinga, dolazi se do podatka o potrebama tržišta iz koje može proisteći potreba za razvojem konstrukciji proizvoda koji će se proizvesti serijski.
- Pri razvojnoj konstrukciji potrebno je riješiti niz pitanja.
- Odgovori na postavljena pitanja moraju biti dati u tzv. **listi zahtjeva**.



KONSTRUKCIJA PREMA NARUDŽBI KUPCA

- Karakteristika konstrukcije prema narudžbi kupca je da se na osnovu zahtjeva kupaca za svaki nastali problem traži odgovarajuće tehničko rešenje.
- Uopšteno otpadaju razvojni radovi principa rešenja.
- Ovakve vrste konstruktorskih radova počinju tehničkim rešenjem koje je dato u ponudačkoj dokumentaciji, a završavaju izradom proizvodne dokumentacije.

PONUĐAČKA KONSTRUKCIJSKA RAZRADA

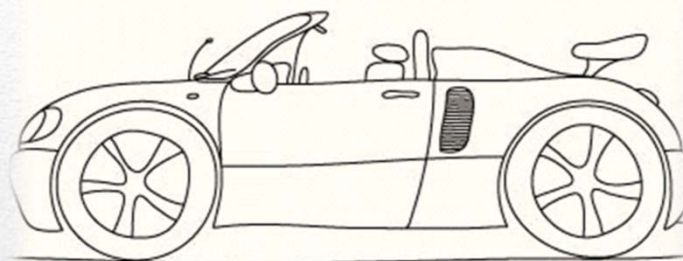
- Kao i kod konstrukcija prema narudžbi kupca i ponudačka konstrukcijska razrada **ne sadrži razvojne radove**, jer se upiti kupaca odnose pretežno na već postojeći proizvodni program.
- Ponuda se sastoji od tehničkog rešenja, cijene, roka isporuke i uslova prodaje.*
- U mnogim slučajevima odlučujući faktor je direktan kontakt kupca i proizvođača.
- Radni proces se odvija sa ciljem da se u što kraćem vremenu ponudi kupcu konstruktivno rešenje usaglašeno s njegovim željama. Samo rešenje razrađuje se od onog stepena na kojem se može sagledati mogućnost izrade i koji daje osnovu za određivanje cijene. Ponekad može rad na izradi ponudačke dokumentacije biti vrlo opsežan.

KONSTRUKCIJA ALATA I UREĐAJA

- Zadatak ove aktivnosti konstruktora je da pripremi konstrukcije potrebnih uređaja, alata, pa čak i specijalnih uređaja, koji će omogućiti izradu određenih dijelova, odnosno montažu.

PROCES MIŠLJENJA

- Proces mišljenja može teći kao:
 - svjestan,
 - podsvjestan i
 - nesvjestan proces.
- Pojedine sadržaje mišljenja nazivamo idejama.
- Neke ideje mogu biti namjerno dozvane u svijest, a neke leže duboko u podsvijesti i mogu se vrlo teško dozvati u svijest. I ove podsvjesne ideje djeluju na određeni način na mišljenje i ponašanje. Normalno je da ideje nisu izolovane, već da su povezane s drugim idejama i da čine *asocijacije ideja*.
- Aktiviranjem jedne ideje aktiviraju se i druge asociirane ideje. Više asociiranih ideja grade komplekse ideja.
- Drugi kompleksi potpuno automatski, bilo kakvog svjesnog uticaja, određuju tok vladanja (ponašanja).



- *Kao primjer utomatskog ponašanja može poslužiti upravljanje automobilom. Sve radnje u toku vožnje, kočenja, promjena stepena prenosa, upravljanje, uključivanje pokazivača pravca itd., odvijaju se automatski. Pri tome nije potreban nikakav svjestan lanac misli.*
- Ovaj kompleks većeg broja asociраних ideja, koji reguliše ponašanje prilikom vožnje, može biti svjesno modifikovan, npr. vožnja lijevom stranom.
- Spomenuta promjena ne savladava svaki pojedinac jednako dobro i jednako brzo.

SVJESNO MIŠLJENJE

- Razlikujemo dva načina svjesnog mišljenja:
 - ✓ Intuitivan način mišljenja predstavlja neposredno došlo saznanje. To je način mišljenja kada neko saznanje munjevito dopire u našu svijest, a ne može se objasniti kako se to dogodilo.
 - ✓ Diskurzivan način mišljenja predstavlja svjestan postepeni način mišljenja. Takvim načinom mišljenja obrađuje se postepeno problem koji se mora riješiti.
- **Intuicija može biti postaknuta diskurzivnim načinom mišljenja.** Time se povećavaju šanse da se do novih saznanja može doći intuitivnim putem.
- Važno je naglasiti da se na diskurzivni proces mišljenja može lagano uticati, dok se na intuitivni proces mišljenja uopšte ne može uticati.
- Nadaren i uspješan konstruktor mnogo puta intuitivno pronalazi rešenja teških problema.
- Rešenje, nakon faze traženja i razmišljanja, dolazi u svijest čijeg porijekla i izvora uopšte nije svjestan.
- Misao se tada razrađuje, mijenja i koriguje, dok rešenje problema ne dobije izgled mogućeg. Misao se rađa gotovo uvijek negdje u podsvijesti, a dobijena je na osnovu akumuliranog stručnog znanja i bogatstva nagomilanih iskustava. Najčešće je potreban samo mali impuls da se cijeli lanac ideja "izvuče" iz svijesti.

- **Nedopustivo je za kompaniju da se oslanja samo na intuiciju svojih konstruktora, a nijedna metoda konstruiranja ne smije i ne treba kočiti ovaj i ovakav proces mišljenja.**
- I sami konstruktori ne bi trebalo da dopuste da vlastitu kreativnost prepušte samo slučaju, odnosno više ili manje rijetkom nailasku dobrih ideja.
- Nedostaci potpuno intuitivnog načina rada:
 - Ⓢ prava ideja ne dolazi uvijek u pravo vrijeme,
 - Ⓢ dobra ideja se ne može iznuditi i
 - Ⓢ zbog postojećih konvencija i nekih vlastitih ubjeđenja, često se novi putevi mogućih rešenja uopšte ne prihvataju.
- Iako ne postoje metode koje apsolutno sigurno vode prema cilju, ima metoda koje povećavaju šansu za uspjeh.
- Ove metode služe za traženje i pronalaženje rešenja. Pri tome govorimo o heurističkim (otkrivačkim) metodama.
- Heuristika je nauka o metodama istraživanja novih spoznaja, vještina pronalaženja istine naučnih činjenica, saznanja, principa (misaono eksperimentisanje). Heuristički principi su korisni kao alat za metodički postupak, kao uputstvo za način mišljenja.
- *Heuristika je umjetnost traženja i pronalaženja ideja.*

LISTA ZAHTJEVA

- Za formulaciju zadatka bitnu ulogu ima **lista zahtjeva**.
- Zbog mogućnosti kasnijeg vrednovanja pojedinih varijanti rešenja, a i zbog olakšanja odluke, mora se utvrditi:
 - Koji **zahtjevi** moraju biti bezuslovno ispunjeni – uslov bez kojeg se nešto ne može zamisliti; zahtjev (zahtjevi) bez čijeg ispunjenja ne može biti prihvaćeno niti jedno rešenje (npr. podaci o učinku, kvalitetu)?
 - Koje **želje** prema mogućnostima moraju biti uzete u obzir?
- **Zahtjevi** i **želje**, koji proizilaze iz formulacije zadatka, grupišu se u kategorije:
 - količina,
 - kvalitet,
 - troškovi i
 - rokovi.
- Lista zahtjeva predstavlja interni popis zahtjeva i želja predviđenih za razvoj nekog proizvoda.
- Potrebno je unijeti minimalne zahtjeve, a željama se može udovoljiti uz eventualni pristanak korisnika da će troškovi nešto porasti. Ova podjela na zahtjeve (Z) i želje (Ž) važna je zbog kasnijeg vrednovanja.

Varijanta koja ne ispunjava zahtjeve (Z) ne može biti vrednovana.

Inženjersko projektovanje

Tok procesa razvoja proizvoda prema raznim autorima

ROTH
Zadatak

Faza formulisanja zadatka

FUNKCIONALNI TOK
IZRADA LISTE ZAHTJEVA

Funkcionalna faza

OPŠTA FUNKCIONALNA
STRUKTURA

FIZIKALNE, LOGIČNE
FUNKCIONALNE STRUKTURE

Faza oblikovanja

GEOMETRIJSKO-MATERIJALNO
OBLIKOVANJE
TEHNO-EKONOMSKO VREDNOVANJE

TEHNIČKO OBLIKOVANJE
PREMA ZAHTJEVIMA IZRADA

PAHL/BEITZ
Zadatak

Raščlanjivanje zadatka

RAŠČLANJIVANJE ZADATKA
IZRADA LISTE ZAHTJEVA

Koncipiranje

FUNKCIONALNA STRUKTURA
PRINCIP rešenja
TEHNO-EKONOMSKO VREDNOVANJE

Projektovanje

GRUBO OBLIKOVANJE
FINO OBLIKOVANJE
VREDNOVANJE

ZAVRŠNO OBLIKOVANJE

Razrada

UPOTPUNJAVANJE TEHNIČKE
DOKUMENATACIJE (PODLOGA)
PROPISI ZA MONTAŽU I TRANSPOTR
KONTROLA PODLOGA

VDI 222/1
Planiranje

Koncipiranje

RAŠČLANJIVANJE ZADATKA
IZRADA LISTE ZAHTJEVA

RAŠČLANJIVANJE GLAVNE FUNKCIJE
NA PARCIJALNE FUNKCIJE
KOMBINOVANJE
VARIRANJE
TEHNO-EKONOMSKO VREDNOVANJE

Projektovanje

PROJEKTOVANJE U MJERILU
TEHO-EKONOMSKO VREDNOVANJE
OPTIMIZACIJA

Razrada

OBLIKOVANJE POJEDINAČNIH
DIJELOVA KONTROLA
TROŠKOVA

RADIONIČKI CRTEŽI (crteži izrade)

- Da bi lista zahtjeva mogla poslužiti kao osnova za kasnije odluke, potrebno ju je što detaljnije obraditi i što prije kompletirati – LISTA ZAHTJEVA će u toku razrade biti dopunjena i korigovana.
- Lista zahtjeva sadrži ove grupe zahtjeva koje se odnose na TS:
 - ✚ Tehnička funkcija (**Fi**)
 1. **radna** (obrada, prerada ili transport);
 2. **energetska** (transformacija energije) ili
 3. **namjenska** (posebne namjene)
 - ✚ Radna svojstva (**Ri**) – željeni kvalitet izvršenja funkcije, način rukovanja i održavanja, pouzdanosti i bezbjednosti u radu, radnom vijeku, kapacitetu, nosivosti, pogonskoj snazi, itd.
 - ✚ Tehnologičnost (**Ti**) – mogućnost proizvodnje TS na ekonomski prihvatljiv način (proizvodnost TS).
 - ✚ Ekonomičnost (troškovi) (**Ei**) – TS sa što nižim troškovima proizvodnje u cilju postizanja max. razlike između tržišne cijene i troškova izrade.
 - ✚ Zahtjevi za odnos čovjek-proizvod (**Či**) – ergonomska svojstva definišu način upravljanja TS koji se projektuje: čovjek se što manje zamara, da se spriječe povrede, da se izbjegne moguće pogrešno rukovanje; broj izvršilaca je veoma važan podatak za korisnika (kupca).
 - ✚ Zahtjevi za kvalitet (**Ki**).
 - ✚ Izgled TS (**Ii**) – u uskoj vezi je sa funkcijom TS (automobil, aparati za domaćinstvo) koji mora biti uklopljen u okruženje.

- ✚ Održavanje (**O_i**) – kod TS kod kojih je potrebna redovna ili periodična inspekcija, intervencija zamjene pohabanih elemenata (pristup jednostavan)
- ✚ Transport (**Tr_i**) – za TS velikih gabarita kako iste transportovati do mjesta eksploatacije (tuneli i podvožnjaci na trasi transporta, osovinsko opterećenje puta.
- ✚ Pakovanje (**P_i**) - kod TS cijena pakovanja je proporcionalna cijeni proizvoda (skuplji proizvodi zahtijevaju posebno pakovanje).

Lista ukupnih zahtjeva (**U_i**) jednog proizvoda jednaka je uniji svih grupa zahtjeva koji nemaju istu važnost:

$$U = F \cup R \cup T \cup E \cup \check{C} \cup K \cup I \cup O \cup Tr \cup P$$



$$\begin{aligned}
 F &= F_1, F_2, F_3, \dots, F_a \\
 R &= R_1, R_2, R_3, \dots, F_b \\
 T &= T_1, T_2, T_3, \dots, F_c \\
 E &= E_1, E_2, E_3, \dots, E_d \\
 \check{C} &= \check{C}_1, \check{C}_2, \check{C}_3, \dots, \check{C}_e \\
 K &= K_1, K_2, K_3, \dots, K_f \\
 I &= I_1, I_2, I_3, \dots, F_g \\
 O &= O_1, O_2, O_3, \dots, O_h \\
 Tr &= Tr_1, Tr_2, Tr_3, \dots, Tr_i \\
 P &= P_1, P_2, P_3, \dots, P_j
 \end{aligned}$$

- Ako lista zahtjeva treba poslužiti kao osnova u kasnijoj fazi za odluke pri izboru rešenja, moraju se razlikovati pri zahtjevima tri stepena važnosti.
 - I. Da/ne zahtjev.** Takvi zahtjevi postavljeni za proizvod koji treba razviti moraju biti bezuslovno izvršeni. (Na primjer, bezkontaktni mjerač ugiba. Pitanje koje se ovdje postavlja glasi: je li princip mjerenja bezkontaktni ili ne). Isključuju se kao kriterijumi prije vrednovanja.
 - II. Tolerisani zahtjevi** sadrže jasno iskazane potrebne vrijednosti i dozvoljena odstupanja. Takvi tolerisani zahtjevi obuhvataju potrebne i idealne veličine. (Primjer: kod bezkontaktnog mjerača ugiba granica bi mogla imati nazivnu mjeru i u mikronima minimalno $1,5 \mu\text{m}$, idealno $0,1 \mu\text{m}$).
 - III. Želje** treba ispuniti prema mogućnostima. Neispunjavanje želja ne smije umanjivati vrijednost rešenja problema. Želje se mogu izraziti nazivnom mjerom i odstupanjem.
- **ŽELJE** i **TOLERISANI ZAHTJEVI** ne smiju biti korišćeni za kasnije vrednovanje mogućih varijanti rešenja
- Postoje posebne situacije kada neki zahtjev može biti označen kao želja, odnosno kao zahtjev.

Primjer: "Bilo bi dobro kad bi ivice livenog kućišta bile zaobljene,, – to je želja.
"U našem preduzeću zaobljujemo sve ivice,, – to je zahtjev.

- Bez obzira je li odabrano bilo kakvo rešenje, zahtjeve treba svrstati u kategorije:
 - ⊕ količina – obuhvata podatke o: broju, snazi, potrošnji, broju i veličini postavljenih zahtjeva i želja;
 - ⊕ kvalitet – obuhvata: dopušteno odstupanje kvaliteta, posebne zahtjeve (način izrade, način transporta);
 - ⊕ troškovi – obuhvataju: prihvatljive ili maksimalno dopustive troškove izrade, minimalnu cijenu, minimalne troškove.
 - ⊕ rokovi – obuhvataju: mrežni dijagram za međuodluke, rok izrade, rokove razvoja, rok isporuke.
- Da bi se olakšala izrada liste zahtjeva, možemo se koristiti funkcijama, odrednicama ili posebno priređenim upitnicima.
- Napomene i posebno priređeni upitnici djeluju asocijativno i pomažu da se ništa važno ne izostavi (tabela).

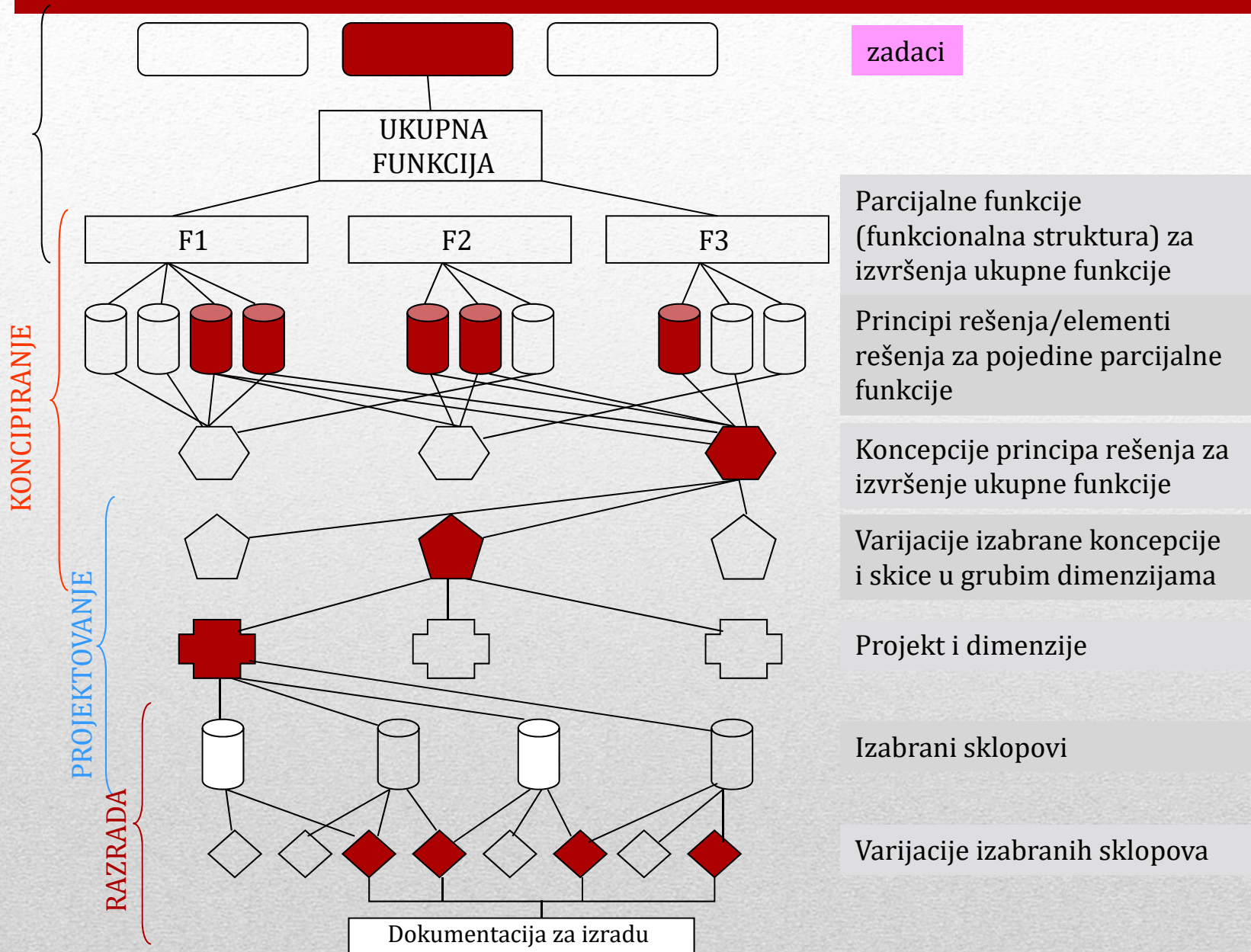
FUNKCIJE ZA IZRADU LISTE ZAHTJEVA PREMA KATEGORIJAMA

R.br.	Kategorija zahtjeva	Zahtjevi, želje, količina, kvalitet, troškovi
1.	Geometrija	veličina, visina, širina, dužina, prečnik, prostor, broj, smještaj, priključak, gradnja, proširenje
2.	Kinematika	vrsta uvijanja, smjer uvijanja, brzina, ubrzanje
3.	Sile	smjer djelovanja sila, veličine sila, učestalost, težina, deformacija, krutost, elastičnost, sile inercije masa, stabilnost, rezonanca
4.	Energija	snaga, iskorišćenost, gubici, trenje, stanje, pritisak, temperatura, zagrijavanje, hlađenje, priključna snaga, akumulacija, transformacija energije
5.	Materijal	tok materijala, transport materijala, fizikalna i hemijska svojstva ulaznog i izlaznog proizvoda, pomoćni materijali, propisani materijali (prehrambena industrija-zakon)
6.	Signali	ulazne i izlazne veličine, pokazane vrijednosti, pogonski i kontrolni uređaji
7.	Ergonomija	čovjek-uređaj, posluživanje, visina posluživanja, način posluživanja, oblikovanje, preglednost, komfor pri sjedenju, osvjetljenje, radna sigurnost, zaštite okoline
8.	Izrada i kontrola	ograničenja uslovljena proizvodnim uslovima: najveća dimenzija, najpovoljnija tehnologija, mogući kvalitet i tolerancija, mjerne i kontrolne mogućnosti, posebni propisi i postupci (MEST, ISO, JUS, DIN, ASME)

R.br.	Kategorija zahtjeva	Zahtjevi, želje, količina, kvalitet, troškovi
9.	Montaža i transport	posebni montažni uslovi i posebni transportni uslovi, ograničenje dizalicama, željeznički profil, putevi u odnosu na gabarit i težinu
10.	Eksploatacija i posluživanje	bučnost, trošenje, primjena i mogućnost plasmana, područje (uticaj atmosfere), sloboda u posluživanju, učestalost i vrijeme, posluživanje, boja, čišćenje, zamjena i održavanje, posebni sigurnosni uslovi
11.	Troškovi	maksimalno dozvoljeni troškovi proizvodnje, troškovi alata, amortizacija

REZIME

1. Koristi se karakteristikama za izradu liste zahtjeva i zapisa i utvrdi kvantitativne i kvalitativne zahtjeve koji se odnose na zadatak.
 - ❑ Postavlja sebi pitanja i utvrdi koji cilj mora zadatakom biti ostvaren. Koja svojstva mora imati rešenje zadatka?
 - ❑ Nastoj doći do dodatnih informacija.
 - ❑ Razgraniči tačno zahtjeve i želje.
 - ❑ Razgraniči, po mogućnosti, želje prema važnosti na one najvažnije, zatim na one ne tako važne i na one najmanje važne.
2. Sredi zahtjeve tako da među prve uvrstiš one glavne. Raspodijeli zahtjeve prema prepoznatljivim parcijalnim funkcionalnim i ugradbenim grupama ili prema glavnim karakteristikama.
3. Listu zahtjeva radi na odgovarajućim obrascima i raspodijeli ih svima onima koji na odgovarajući način sudjeluju pri realizaciji zadatka.
4. Izmjene i dopune neprestano unosi u listu zahtjeva.



- Dosadašnja praksa: **skicirano nekoliko projektnih varijanti, odlučivalo se za jednu od njih i odmah započelo s razradom.**
- *Nedostatak takvog postupka bio je u tome što je, odlučivši se odmah za određeni princip rešenja, potpuno sužen prostor za traženje daljih mogućih rešenja.*

PRIMJER:

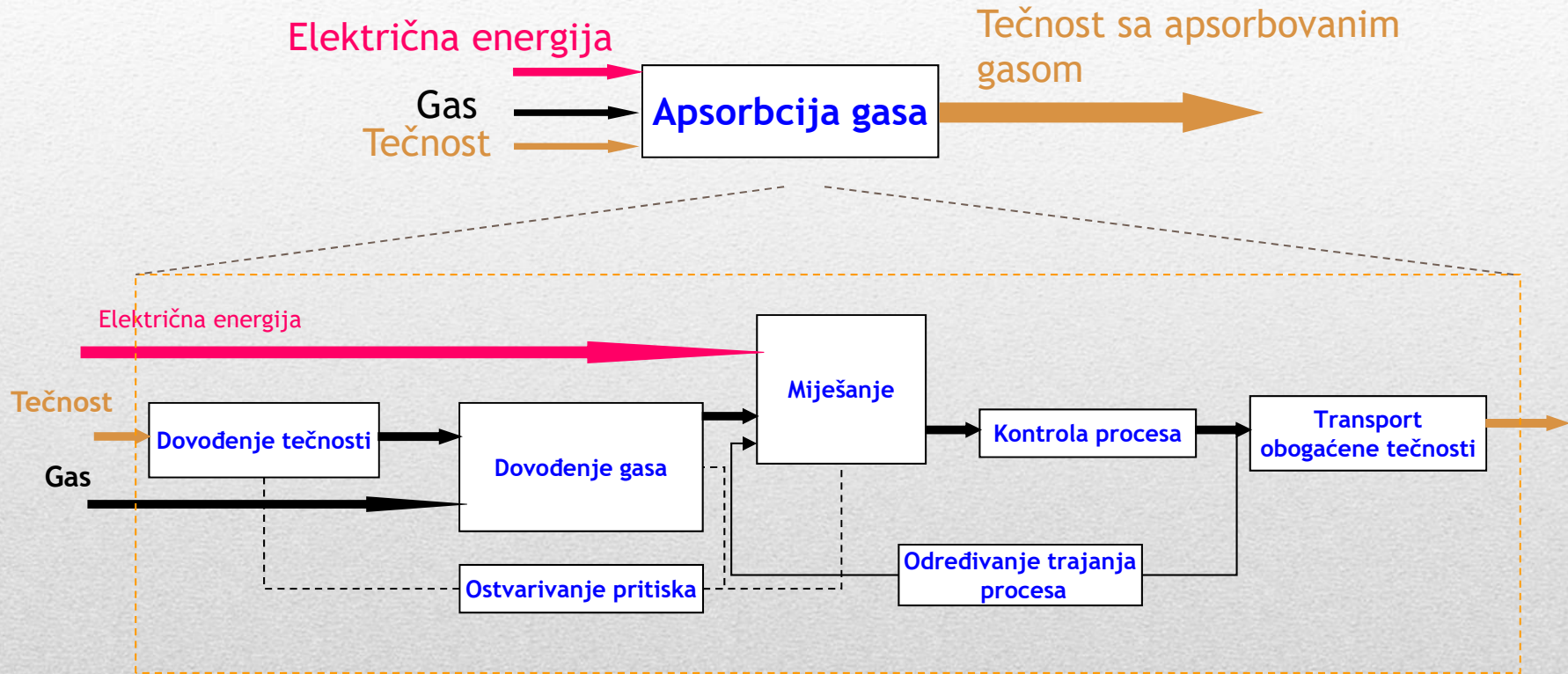
- **Apsorbpcija gasa i tečnosti vrši se pod povišenim pritiskom i uz intenzivno miješanje.**
- Formirati koncepcijsko rešenje postrojenja za apsorbciju gasa koji zadovoljava uslove definisane listom zahtjeva.

Korisnik		LISTA ZAHTJEVA Sistema za apsorbciju gasa	
D-zahtjev (demand) W-želja (wish)	D W	Zahtjevi	Zaduženje
	D	<p>1. Funkcija Apsorbpcija gasa miješanjem gasa i tečnosti pod povišenim pritiskom</p> <p>1.1. Tečnost</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zapremina $V= 1000$ l - Gustina $\rho= 850$ kg/m³ - Viskoznost $\nu= 0,008$ m²/s - Temperatura - <i>sobna</i> - Hemijske osobine: 	

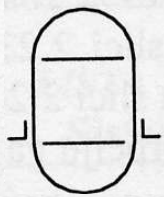
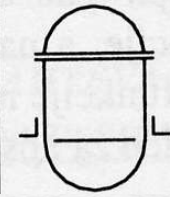
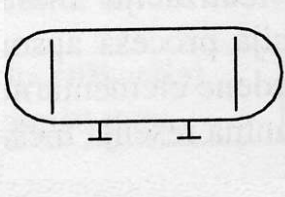
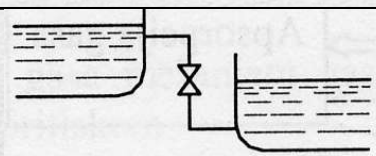
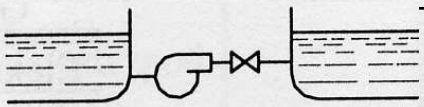
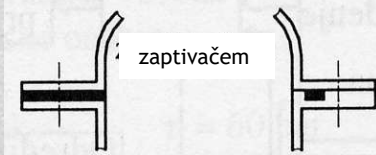
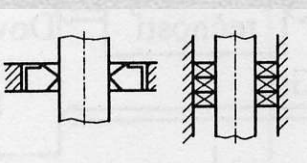
Inženjersko projektovanje

Korisnik		LISTA ZAHTJEVA Sistema za apsorbciju gasa	
	D w	Zahtjevi	Zaduženje
D-zahtjev W-želja	D	1.2. Gas - Pritisak $p= 60$ bar - Smješten u posudi sa stalnim pritiskom - Hemijske osobine: 2. Radna svojstva	
	D W W D	- Brzina miješanja je promjenljiva - Radni vijek 20 godina - Lako rukovanje - Visoka pouzdanost u radu	
	D D	3. Ergonomska svojstva - Komandni uređaji prema propisu - Bezbjedno rukovanje 4. Izgled: bez posebnih zahtjeva 5. Isporuka 6. Rok za izradu 7. Tehnološka svojstva 8. Ekonomska ograničenja-troškovi izrade:	

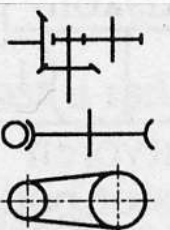

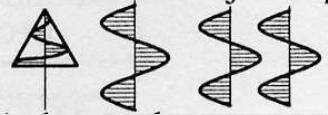
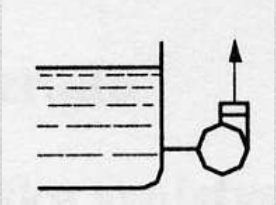
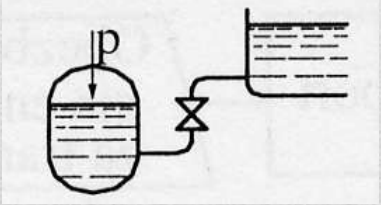
Struktura parcijalnih funkcija apsorbcije gasa



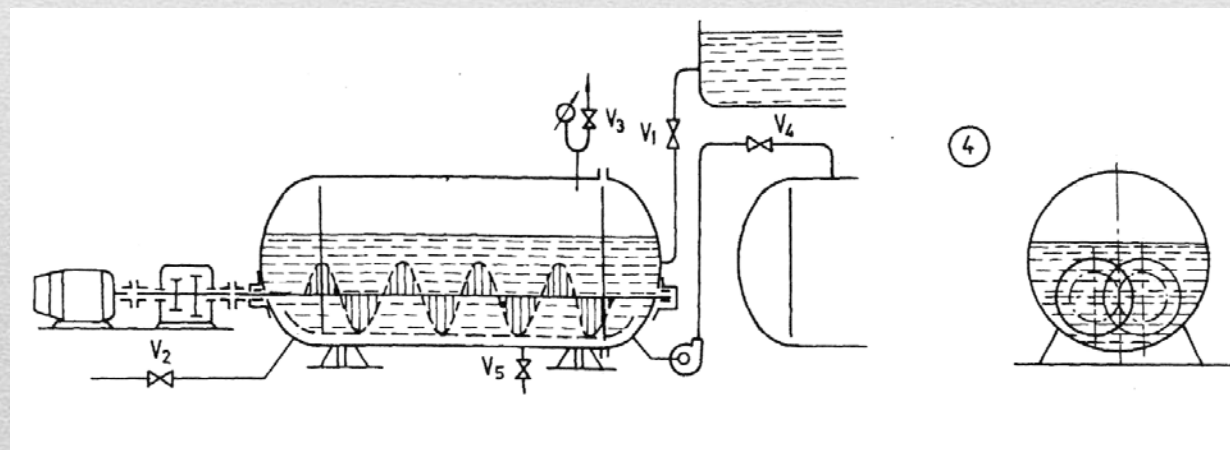
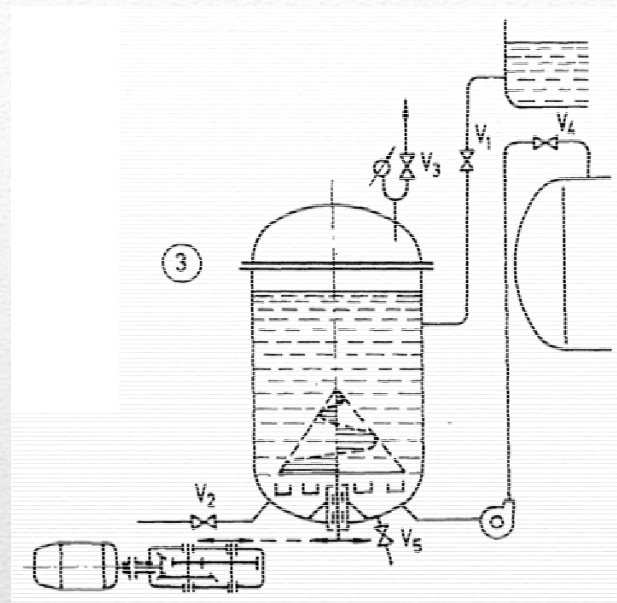
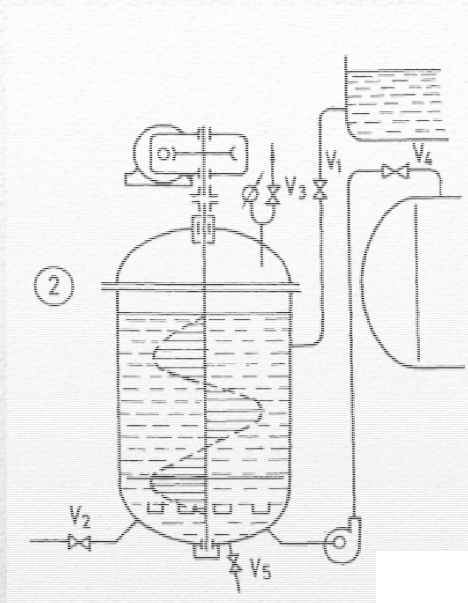
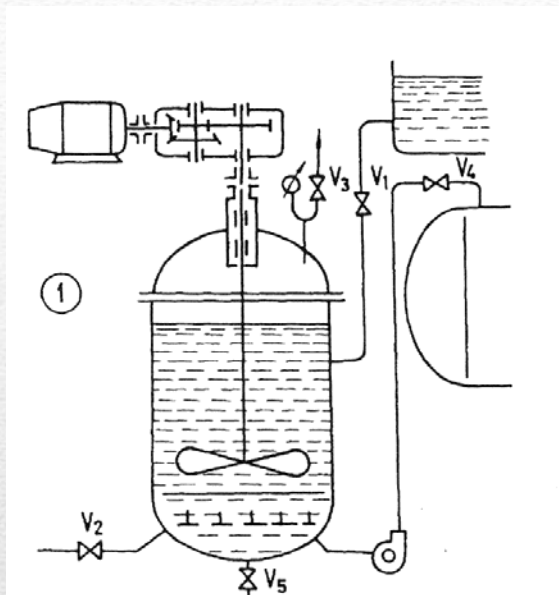
Inženjersko projektovanje

		Princip izvršavanja funkcije (PF) / Izvršilac funkcije (IF)			
1.	Zatvoren prostor pod pritiskom	PF	Sud pod pritiskom		
		IF	Vertikalni	horizontalan	Kosi
			Jednodjelni 	Dvodjelni 	
2.	Obezbjedenje protoka tečnosti	PF	Slobodnim padom	Pumpom	
		IF			
3.	Zatvaranje posude posle dovoda fluida	PF	Ručno		elektromagnetski hidraulični pneumatski
		IF	poklopac	ventil	
4.	Zaptivanje	PF	na dodiru dijelova posude	Na ulazu obrtnih dijelova u posudi	
		IF	 zaptivačem	 kombinovano	
5.	Obezbjedenje energije za miješanje	PF	Električni pogon		Ostale vrste pogona
		IF	Motor jednosmjerne struje sa promjenljivom ugaonom brzinom	Asinhroni motor sa ugrađenim varijatorom	

Pregled izvršilaca elementarnih funkcija miješanja

6.	Prilagođavanje obrtnog momenta i brzine	PF	Električnim varijatorom	Mehaničkim prenosnikom		Kombinovano električno i mehanički	Ostalo
		IF			zupčani pužni remeni lančani		
7.	Potiskivanje tečnosti	PF	Mehanički				sinhronizovanom dvostrukom
		IF	Lopaticama 	jednostrukom 	Zavojnomo površinom		
8.	Transport obogaćene tečnosti	PF	Pumpom		Vazduhom pod pritiskom		
		IF					

Varijantna rješenja sistema za apsorbciju gasa



Ventili za:

V_1 - tečnost

V_2 - gas

V_3 - atmosferski vazduh

V_4 - obogaćenu tečnost

V_5 - pražnjenje posude

Literatura:

E.Oberšmit: *Nauka o konstruisanju, metodičko konstruisanje i konstruisanje pomoću računara*, Zagreb 1985.godine

M.Ognjanović: *Razvoj i dizajn mašina*, Mašinski fakulte Beograd, 2007.

G.Pahl, W. Beitz, J.Feldhusen, K.H.Grote: *Engineering Design 3rd Ed.*, Springer-Verlag London, 2007.

M.Ognjanović: *Inovativni razvoj tehničkih sistema*, Mašinski fakulte Beograd, 2014.