UDK 62.002.2:681.3

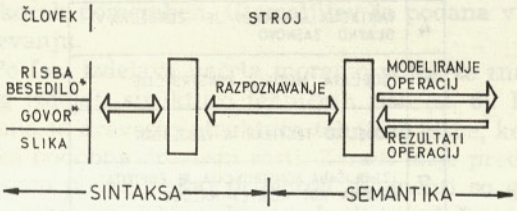
# Skiciranje v sodobnem konstrukcijskem procesu

## Analiza možnosti neposrednega vnašanja podatkov s skiciranjem v računalnik

JOŽE DUHOVNIK

## UVOD

Pojem »sodoben konstrukcijski proces« povezuje uporabo računalnika v konstrukcijskem procesu. Skiciranje kot možnost neposrednega vnašanja podatkov pomeni ob znani človekovi povezanosti v tehniškem svetu največjo stopnjo sodelovanja na ravni človek — stroj (sl. 1). Vnašanje podatkov je mogoče tudi z govorom, vendar je za tehnično oblikovanje izrazna možnost manjša. Z govorom težko natančno predstavimo zahtevo po spremembi detajla. Povezovanje besedila in govora na vhodu v računalnik pomeni povsem nov osnutek perifernih enot. Neposredno vnašanje podatkov s sliko na rastrskem zaslonu je mogoče, vendar omogoča le začetno vzpodbudo pri ustvarjanju v konstrukcijskem procesu. V tem sestavku se omejujemo le na možnost vnašanja s skiciranjem.




Slika 1

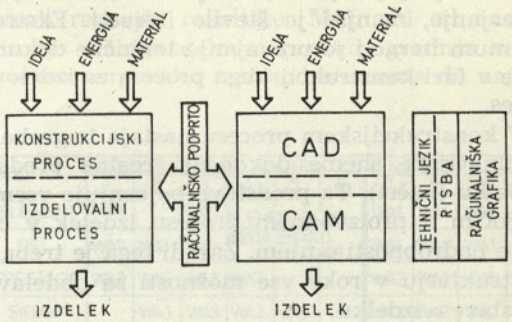
Računalnik mora omogočati na vhodni enoti vnašanje podatkov s skico. Skica je osnovna vzpodbuda pri tehničnem izražanju in če jo opremimo še z besedilom, predstavlja zapis človekovih misli. Enote računalnika morajo ta zapis razpoznavati, opredeljevati in z njim sestavljati ukaze za izvajanje ter rezultate v primerni obliki vračati. V primeru, da imamo celotno interakcijo tudi vzpostavljeno, lahko tako zasnovano procesiranje uporabljamo v konstrukcijskem procesu.

V delu konstrukcijskega procesa je obdelovanec geometrična predstava izdelka. Ta je v fazi snovanja ponazorjena s funkcijsko shemo, v fazi izdelave načrta predstavlja izdelek v celoti in specifične detajle, v fazi izdelave pa omogoča popoln vpogled v vse značilnosti izdelka. Geometrijska predstava izdelka v celotnem konstrukcijskem procesu opisuje in kaže naša spoznanja o končnem izdelku. Zaradi tega to geometrijsko predstavo izdelka postopoma, tako kakor zaznavamo svoja spoznanja, popravljamo, spreminjamo in zamenjujemo toliko časa, da je naša miselna predstava o končnem izdelku enaka ali pa zelo blizu geometrijski predstavi izdelka. Obdelovanec, geometrijsko predstavo izdelka, obdelujemo z rezultati preračunov, testov, raziskav, s poznavanjem standardov, izdelovalnega procesa, tržnih razmer ipd. Opisano delo lahko opravljamo na risalni deski ali z računalnikom. Če so izpolnjeni enaki pogoji, je rezultat enak. Samo čas, ki je izražen z enoto človek/leto, je praviloma krajši pri uporabi računalnika.

V sestavku so opredeljene faze konstrukcijskega procesa in naznačeni pomembni odseki za uporabo računalnika. Podrobneje so podane osnove za vnašanje podatkov s skiciranjem. Predložena je shema programskih enot za predstavljeno metodo računalniško podprtega konstruiranja, ki je s primerom snovanja zobniškega prenosnika predstavljena podrobneje. V sklepu sta opisani razlika med znanimi osnutki in možnost neposredne uporabe.

## KONSTRUKCIJSKI PROCES

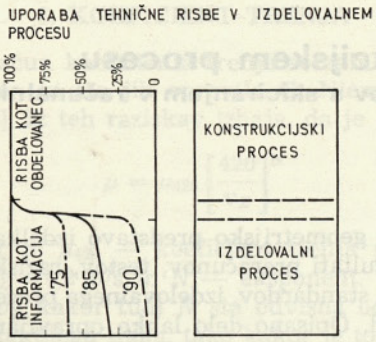
Proizvodni proces sestoji iz dveh delov: konstrukcijskega in izdelovalnega procesa (slika 2).




Slika 2

Vhod v proizvodni proces so ideja, energija in material, izhod je izdelek. Če v proizvodnem procesu uporabljamo računalnik, govorimo o računalniško podprtem proizvodnem procesu (CAD/CAM : CAP), ali če razlikujemo posamezne dejavnosti, imamo računalniško podprto konstruiranje (CAD) in ustrezno temu računalniško podprto izdelovanje (CAM). Ena od informacij v proizvodnem procesu je slika izdelka (fotografija, umetniška slika, načrt, perspektivna risba ipd.), ki ima pomembno vlogo pri predstavi izdelka.

Najpomembnejšo vlogo v proizvodnem procesu ima tehniška risba v vseh svojih oblikah; ona je tehnični jezik in jo pri uporabi računalnika imenujemo računalniška grafika. Tehnična risba v proizvodnem procesu spreminja svojo vlogo (sl. 3). V

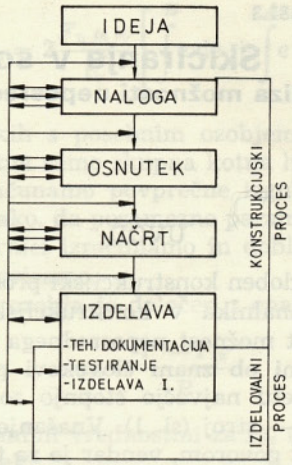



Slika 3

konstrukcijskem procesu zavzema mesto obdelovanca, medtem ko se v izdelovalnem procesu čedalje bolj pojavlja le kot informacija. Letnice na posameznih krivuljah naznačujejo ta spoznanja. Risbo v konstrukcijskem procesu obdeluje konstrukter z rezultati preračunov, testov, raziskav, poznavanjem standardov, izdelovalnega procesa, tržnih razmer ipd. To dejavnost opravlja konstrukter po določenem vrstnem redu. Konstrukcijski proces je po značaju iteracijski, zato je ta vrstni red večkrat ponovljiv. Število iteracij je vezano na stopnjo znanja sodelujočih v konstrukcijskem procesu in na gospodarski prostor. Kolikor je večja stopnja znanja, toliko večja je sposobnost lastnega popravka in večje število iteracij se praviloma izvaja. Bolj ko je gospodarski prostor zaprt, manjši so vzbujevalni mehanizmi za ustvarjanje, manjše je število iteracij. Ekstremni minimum iteracij je prevajanje tehnične dokumentacije v fazi konstrukcijskega procesa za izdelovalni proces.

V konstrukcijskem procesu nastaja iz grobe skice funkcijske sheme dokončna, realna predstava o izdelku (načrt). Ta predstava pojasnjuje vsem sodelujočim v proizvodnem procesu izdelek v celoti in vse nadrobnosti o njem. Zaradi tega je treba dati konstrukterju v roke vse možnosti za obdelavo te predstave o izdelku.

Konstrukcijski proces vključuje štiri faze [5]: nalogo, osnutek, načrt in izdelavo (sl. 4a). Osnovni osnutek te metode dela je, da v vsaki fazi delamo eno delo, obdelavo pa povezujemo z drugimi fazami prek informacijskega sistema, ki mora biti zaradi doslednosti obdelave ustrezno velik [1]. V fazi NALOGA definiramo nalogo na osnovi predstavljene ideje. Izdelek funkcijsko razdelamo v fazi OSNUTEK. Določamo mu skupno funkcijo na osnovi posameznih funkcij. V fazi NAČRT določimo izdelku obliko in oblikujemo tudi detajle. V sklepu konstrukcijskega procesa, v fazi IZDELAVA izdelamo vso tehnično dokumentacijo (delavniška dokumentacija, kosovnica, tehnološka dokumentacija ipd.), izdelamo prototip, opravimo testiranje in se odločamo za proizvodnjo. V primeru, da izdelujemo en izdelek, je ta prototip izdelek in testiranje opravljamo že v fazi snovanja (seveda le za neznane detajle).




Slika 4 a

| KORAK | KONSTRUKCIJSKI PROCES /PO GEORGE SANDOR-FLORIDA/ |
|---|---|
| 1 | NALOGA JE PRIMERJANA V LUČI VSEH USTREZNIH INFORMACIJ |
| 2 | INFORMACIJA JE IZBRANA IN NAREJENA JE NALOGA ZA FORMULACIJO KONSTRUKCIJSKEGA PROBLEMA |
| 3 | IZDELANI SO OSNOVNI OSNUTKI ALI PRVI OSNUTKI |
| 4 | VARIACIJA OSNUTKOV JE ZDRUŽENA V GLAVNO ZASNOVO |
| 5 | IZDELAVA MODELA KONSTRUKCIJE |
| 6 | MODEL JE TESTIRAN IN IZBOLJŠAN |
| 7 | IZBOLJŠANA KONSTRUKCIJA JE PREDSTAVLJENA KOT REŠITEV NALOGE |

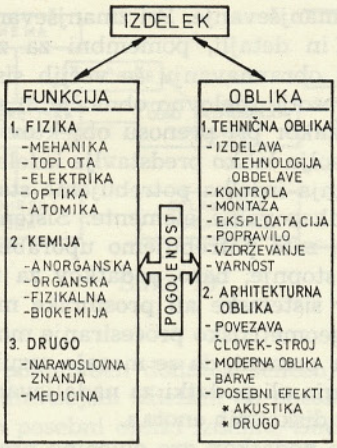
Slika 4 b

Oblika snovanja je tudi glavni spodbujevalec potreb po raziskovanju.

Metodo, ki je posebej znana v Ameriki, sta predstavila Sandor in Roth; po [6] ima sedem faz (sl. 4b). Značilno zanjo je poudarek izdelave in obdelave modela za celovitejše spoznavanje funkcije in oblike izdelka. Vseh sedem faz je na sliki razloženih in se zato v podrobnejši opis ne bomo spuščali.

V svetu obstajajo še drugi osnutki o konstrukcijskem procesu, vendar je vsem skupna vsebina: vsak vsebuje risbo, model in nekateri kot rezultat — prototip. Zaradi tega lahko sklenemo: konstrukcijski proces ima v osnovi štiri faze in izdelek mora izpolnjevati pogoje funkcije in oblike (sl. 5). To pomeni močno povezavo med fazama osnutek in načrt.

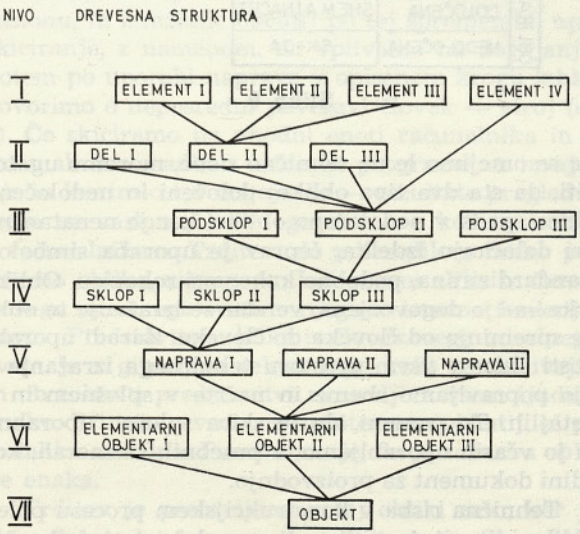
Funkcijo izdelka določajo fizikalne zakonitosti in njegova uporaba. Obliko določajo tehnične možnosti in arhitektura. Primer za funkcijo izdelka je npr. kmetijski stroj, ki mora ustrezati fizikalnim zakonitostim (mehaniki, toploti ipd.) pri tem pa mora biti uporaben (naravoslovno znanje). Tehnično obliko mu damo pri razmerah izdelave, meritev ipd.




Slika 5

Arhitektura se vključuje pri povezavi človek — stroj s sodobno obliko ipd. Uporabljano ime za obliko arhitekture te vrste je industrijsko oblikovanje. Če to spoznanje prenesemo nazaj v osnutek konstrukcijskega procesa, potem združeni fazi osnutek in načrt imenujemo ZASNOVA. V obdelavi izdelka ni spremembe, vendar je za računalniško obdelavo tak korak pomemben. Utemeljitev je podana v nadaljevanju.

Po fazi izdelava načrta moramo poleg že znanih nalog izdelati strukturo tehničnih risb (sl. 6). Imenujemo jo drevesna struktura tehnične risbe, ker je oblika podobna drevesni rasti. Zaradi lažje predstave bomo podali nekaj primerov. Elementi so gred, puša, rebro pri jekleni konstrukciji (v splošnem: en kos). Del je zobnik, sestavljen iz venca in pesta, jeklena konstrukcija v enem kosu, steber proizvodne hale (v splošnem: dva ali več kosov, sestavljenih




Slika 6

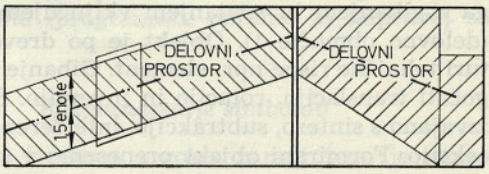
zaradi izdelovalnih razmer, vendar imajo skupno funkcijo). Podsklop je gred z ležaji in nasajena na jermenico po prvi ali drugi stopnji montaže (v splošnem: dve ali več funkcij). Sklop je zobniški prenosnik, ki ga vgradimo v napravo ali stroj (v splošnem: več funkcij). Naprava ali stroj je npr. stružnica, udarni drobilnik (v splošnem: ena kompleksna funkcija). Objekt je obdelovalni center ali prekladalnik za zaboje steklenic (v splošnem: dve ali več kompleksnih funkcij). Pri drevesni strukturi tehnične risbe so upoštevana načela modulne gradnje.

Najnovejši programski paketi za geometrijsko oblikovanje imajo načelo modulne gradnje upoštevan s tremi delovnimi območji (*W-orking A-rea*). Prvo delovno območje »WA 1« je nastajanje npr. elementa z elementarnimi telesi. Drugo delovno območje »WA 2« je nastajanje npr. delov ali sklopov z elementi. Tretje delovno območje »WA 3« je nastajanje npr. sklopov ali strojev z deli ali sklopi. Če združimo osnutek drevesne strukture tehnične risbe z izraznimi možnostmi geometrijskega modeliranja (npr. GEOMAP I ali GEOMAP III — uporaba predvidena proti koncu leta 1983), dobimo deset osnovnih možnosti za obdelavo (sl. 7a). Ker so imena delovnih območij v programskih paketih različno imenovana, smo uporabili posplošen izraz delovno območje. Na sliki lahko opazimo ločnico po šesti možnosti, ko postane po sliki 7b sistem tehnične risbe (posredno tehnične dokumentacije) divergenten. Delovni prostor pri obdelavi je širok, preširok za kakršnekoli resnejše rezultate. Možnosti od ena do šest imajo omejen delovni prostor, gradnja večjih kompleksov organsko raste od elementa do najbolj

| IME | | MOŽNOSTI IZDELAVE NAČRTOV GLEDE NA STOPNJE DSTD | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| I | ELEMENT | WA1 | | WA1 | ELEMENT IN DEL IMATA ENAKO VLOGO | | | WA1 | WA1 | WA1 | |
| II | DEL | WA2 | WA1 | WA1 | | | | WA1 | WA1 | WA1 | |
| III | PODSKLOP | WA3 | WA2 | WA2 | WA1 | | | WA2 | WA2 | WA1 | WA1 |
| IV | SKLOP | | WA3 | WA3 | WA2 | WA1 | | WA2 | WA2 | WA2 | WA1 |
| V | NAPRAVA | | | | WA3 | WA2 | WA1 | WA3 | WA3 | WA2 | WA2 |
| VI | ELEMENTAR. OBJEKT | | | | | WA3 | WA2 | | WA3 | WA3 | WA2 |
| VII | OBJEKT | | | | | | WA3 | | | WA3 | WA3 |

Opomba: WA1 - delovno območje 1
WA2 - delovno območje 2
WA3 - delovno območje 3

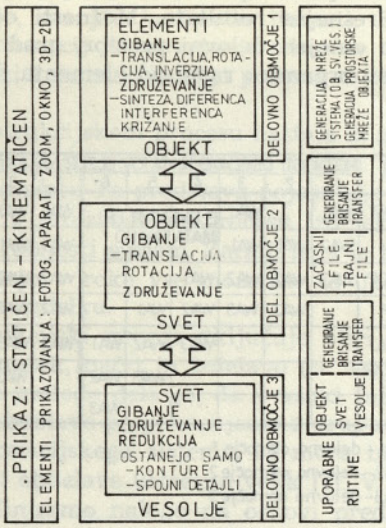
Slika 7 a




Slika 7 b

zahtevnih, kompleksnih naprav ali objektov. V tako omejenem delovnem prostoru je sistemsko vgrajena zahteva po majhnem številu načrtov za mnogo izdelkov. V divergentnem delovnem prostoru dobimo veliko število načrtov za veliko izdelkov. Ekstrem je za vsak izdelek nov načrt. V takem sistemu gradnja velikih kompleksov ni mogoča ali pa le ob izjemnem vlaganju človeškega dela, materiala in energije. Pri tretji možnosti imamo odstopanje v širini delovnega prostora zaradi enake vloge elementa in dela pri modulni gradnji.

Omenili smo programske pakete za geometrijsko modeliranje, zato si oglejmo njihovo strukturo in postavljene zahteve. Geometrijsko modeliranje preprosto pomeni ustvarjanje geometrijske oblike izdelka na grafičnem zaslonu ali drugi izhodni enoti računalnika. Geometrijsko modeliranje se v novejšem času ne izvaja več z mrežami na površini ampak s površinami samimi. Razlika je ta, da mrežna površina terja v povezujočih detajlih zgoščevanje mreže, medtem ko pri delu s površinami nastane povezujoč detajl s stikom površin samih. Avtor je imel možnost spoznati enega najbolj sodobnih sistemov za geometrijsko modeliranje na Univerzi v Tokyu v laboratoriju prof. Sata — Kimura in želi v tem sestavku podati le strukturo gradnje (sl. 8) in zahteve, ki jih predloženi osnutek konstrukcijskega procesa postavlja pred sisteme za geometrijsko modeliranje.

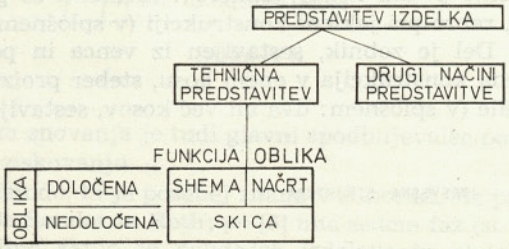



Slika 8

Osnova za geometrijski prostorski element, ki ga z gibanjem in spajanjem vključujemo v objekt (delovno območje 1). Objekt je po drevesni strukturi tehnične risbe npr. element. Gibanje mora omogočati translacijo, rotacijo in inverzijo. Spajanje je izvajano s sintezo, subtrakcijo, interferenco in intersekcijo. Formirani objekt prenesemo v svet (delovno območje 2) in ga postavimo ob druge objekte z gibanjem in spojimo. Če je svet širši, mu moramo omogočiti zmanjševanje. Pri zmanjševanju ostanejo le konture in detajli, pomembni za združevanje. Svetove pri obravnavanju še večjih sistemov prenašamo v vesolje (delovno območje 3) s podobnimi zahtevami kakor pri prenosu objektov v svet. Več svetov v vesolju lahko predstavlja izdelek. V celotni fazi nastajanja izdelka potrebujemo statične in dinamične prikazovalne elemente. Sistem mora biti prilagodljiv, zato potrebujemo uporabne rutine za posamezne stopnje, bazo podatkov za rezultate in podatke ter sistemske ali prostorske mreže. Vstop in izstop v geometrijsko procesiranje mora biti kontroliran, kar pomeni, da se morajo rezultati trenutnega izvajanja ali podatki za nadaljevanje pravilno zapisovati v diskovnih enotah.

Vnašanje podatkov gre običajno prek tastature. Pri tem nastajajo napake. Slika, ki se pojavlja ob modeliranju, ima povezavo pri vsakokratnem vnašanju podatkov le v našem miselnem svetu in ji po večkratni spremembi težko sledimo. Če te korake in vsakokratno trenutno vnašanje popisujemo na kosu papirja in s tem gradimo predstavo našega izdelka, je slednje nastajanje izdelka že lažje. Za vnašanje podatkov uporabljamo vhodno enoto digitalnik in opredelimo simboliko pri izražanju. S skiciranjem na navedeni vhodni enoti odpravimo vse napake pri vnašanju podatkov in dosežemo zelo popolno povezavo človek — stroj.

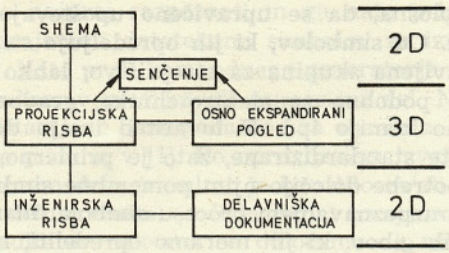
Pri tehnični risbi sta pomembna njena oblika in njen tip, zato moramo opredeliti te izrazne možnosti. Izdelek (sl. 9) lahko predstavimo s tehnično risbo ali drugimi oblikami (model, fotografija, ipd.).




Slika 9

Če se omejimo le na tehnično risbo, moramo ugotoviti, da sta dva tipa oblike: določeni in nedoločeni. Skica spada v nedoločeno obliko, ker je nenatančna pri določanju izdelka, čeprav je uporaba simbolov standardizirana, podobno kakor pri rokopisu. Oblika črke »a« je dogovorjena, vendar se izražanje te oblike spreminja od človeka do človeka. Zaradi uporabnosti skice v vsem prostoru tehničnega izražanja z njo popravljamo sheme in načrte v splošnem in v detajlih. To pomeni, da je skica splošno uporabna in jo včasih uporabljamo, v posebnih razmerah, kot edini dokument za proizvodnjo.

Tehnična risba v konstrukcijskem procesu poleg oblike spreminja tudi načine podajanja izdelka (sl. 10). Pri projekcijski risbi in osno ekspandiranem



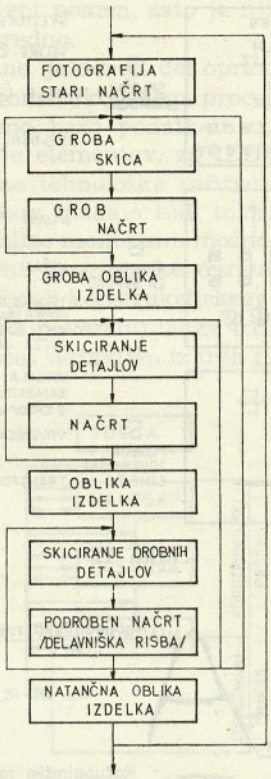

Slika 10

pogledu je pomemben dodatek senčenje, ki je zaželen pri zahtevnejših izdelkih ali posebej izraženih zahtevah po posebni obliki izdelka. Shemo uporabljamo v fazi osnutka za funkcijsko analizo, predstavlja pa izdelek z njegovimi funkcijami. Projekcijska risba je dober nadomestek za model in zato za predstavo o izdelku zelo pomembna. Osno ekspandirani pogled ima pomembno vlogo za razumevanje o sestavi izdelka pri vzdrževanju. Načrt (inženirska risba) je dvodimenzijska risba izdelka z dimenzijami. Delavniška dokumentacija je dvodimenzijska risba izdelka z vsemi dimenzijami in podatki za izdelavo. Pomembno je, da določimo projekcijsko risbo za izhodiščno predstavo o izdelku.

## SKICIRANJE KOT NEPOSREDNA POVEZAVA ČLOVEK — RAČUNALNIK

V primeru, če želimo obravnavati možnosti interaktivne povezave človek — računalnik, moramo najprej opredeliti možnosti povezav. Človek z očesoma gleda okolico in vtise prenaša v svoj miselni svet. Uho uporablja za zaznavo zvoka. Definiciji za našo obravnavo zadoščata. Eden od načinov podajanja teh zaznav je zapisovanje. Zapisovanje v tehničnem svetu pomeni skiciranje. Če omogočimo zaznavo neke spremembe z očesom, npr. sliko na zaslonu, in izražanje občutij po tej spremembi, npr. skiciranje, z namenom, da vplivamo na dogajanje, potem po uporabi naprave v opisanem krogu lahko govorimo o neposredni povezavi človek — stroj (sl. 1). Če skiciramo na vhodni enoti računalnika in v računalnik vgradimo ustrezne programe za izvajanje in kontrolo ter dogajanje — rezultate pregledujemo na zaslonu, lahko govorimo o konstruiranju z računalnikom. Trditev, da z besedilom lahko popišemo obliko, razumemo kot prenos slike iz človekovega miselnega sveta v njegovo izrazno funkcijo, govor. Predstavitev oblike iz človekovega miselnega sveta je z gibanjem telesa (npr. rok) zanesljivejša in ob celoviti predstavitvi razumljiva vsem ljudem enako. Pri tem seveda ne upoštevamo občutij, ki pa so lahko različna. Pomembno je, da je zaznava oblike enaka.

Trditev je postavljena v tej obliki zato, ker je skica kot podatek v procesu oblikovanja. Skico lahko zamenja še fotografija, umetniška slika ipd. Skico nato v konstrukcijskem procesu obdelujemo (sl. 11), tako da nastane najprej grob načrt. Ker ta ne zadošča, lahko s skiciranjem detajlov izdelamo načrt. Za natančne detajle spet iščemo pomoč s skiciranjem in v sklepu dobimo podroben načrt (delavniška dokumentacija), ta pa pomeni dejansko obliko končnega izdelka.

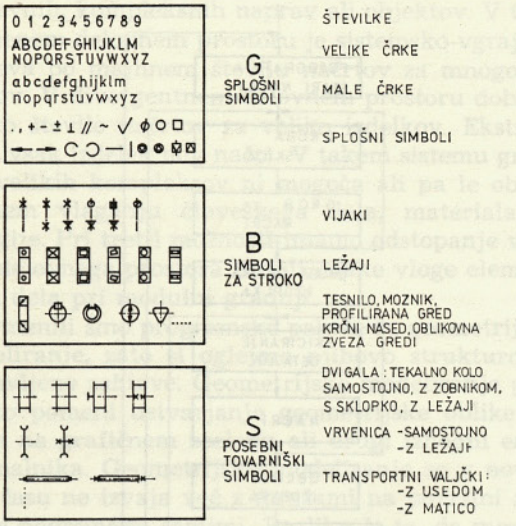



Slika 11

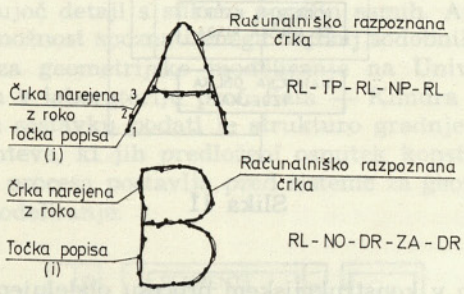
Opisani način dela imamo ob kakršnikoli pomoči strojev ali naprav v konstrukcijskem procesu. Za primerjavo navedimo primer konstruiranja za risalno desko. Najprej si zamislimo neko idejo in jo ob robu risalne ravnine skiciramo, nato pa v merilu prenesemo v risalno ravnino. Dobimo grob načrt. Za tem slede faze popravkov. Prenos v risalno ravnino v ustreznem merilu je ročno delo, vendar je za razumevanje prostorskih razmerij potrebno. Če to delo opravi računalniški postroj, bo človek samo napajal računalnik, predstavo v realnih razmerjih pa naj izdelajo izhodne enote računalnika. Za doseganje tega cilja moramo ob predstavljenem modelu konstrukcijskega procesa izdelati in predstaviti, kakšne enote (programske opreme in naprave) so potrebne.

### *Razpoznavanje simbolov*

Skica je izdelana z roko, zaradi tega je nenatančna. Simboli, ki to skico predstavljajo (besedilo, črte, posebni simboli) so standardizirani. Izdelati




Slika 12




Slika 13

moramo preglednico teh simbolov zato, da konstrukter ve, kaj pomenijo. Pri tem je pomembno, da simbol ni težak za razumevanje in v bistvu že precej podrobno opredeli element (sl. 12). Predlog na sliki 12 pomeni porazdelitev simbolov v tri osnovne skupine. Splošni simboli vsebujejo nekaj simbolov iz posameznih strok, vendar je njihova uporaba tako splošna, da se upravičeno upoštevajo v tej skupini. Od simbolov, ki jih opredeljuje stroka, je predstavljena skupina za strojništvo, lahko pa izdelamo podobno za elektrotehniko, gradbeništvo, tehnično kemijo ipd. V tovarnah imajo določene elemente standardizirane, zato je primerno, da za svoje potrebe določijo njim pomembne simbole.

Pri razpoznavalnem procesu simbola imamo več značilnih gibov, ki jih moramo opredeliti, nato pa za posamezne vrste simbolov izdelati datoteko. Pri vnašanju podatkov se izvaja sprotna primerjava s podatki v datoteki, identifikacija, nato se sestavi ukaz ali pomen, ki je za krmiljenje procesa pomemben. Podatki o popisu simbola (koordinate točk) se zaporedno registrirajo, nato se mora izdelati analiza tega popisa. Značilnosti zapisa so naslednje:

— ravna linija RL
— desna rotacija DR
— leva rotacija LR
— točka pregiba TP
— zavrtljaj ZA
— nedoločeno območje NO

Pri analiziranju podatkov potrebujemo še:

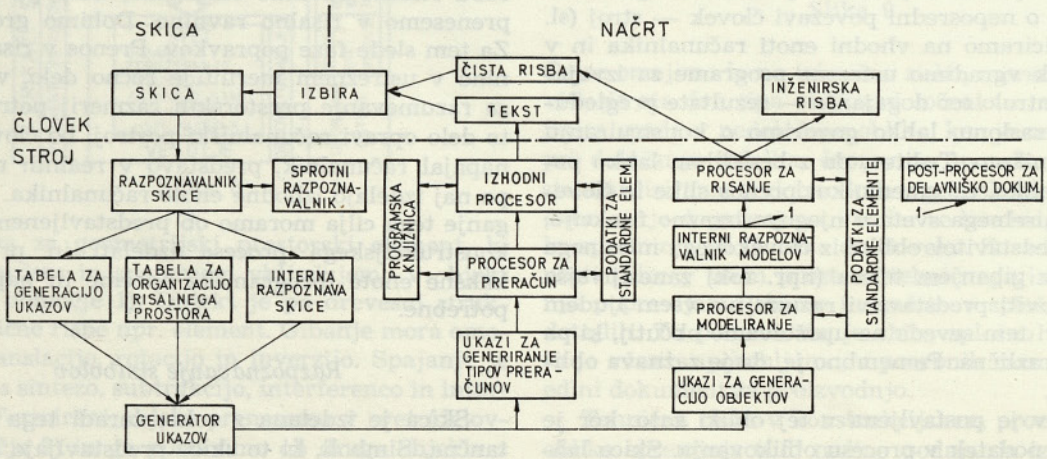
— ekstreme koordinatnih vrednosti EK
— nevidne poteze NP
— namerni dvig peresa DP
— nenamerni dvig peresa NP

Zapis simbolov ni nikoli natančno opredeljen, zato moramo računati, določiti neko srednjo vrednost zapisa. Za dovolj hitro metodo je uporabljen način srednje vrednosti štirih točk pri obsegu celotnega popisa. Za primer bomo predstavili opis prvih dveh črk abecede (sl. 13). Metoda za osnovne simbole je predstavljena v [3].

*Izvajanje programa*

Za celoten proces, ki ga vzbujamo s podatki s skiciranjem, potrebujemo programsko opremo.

Povezava enot programske opreme (sl. 14) je predstavljena z delovnimi področji izvajalcev. Zapis




Slika 14

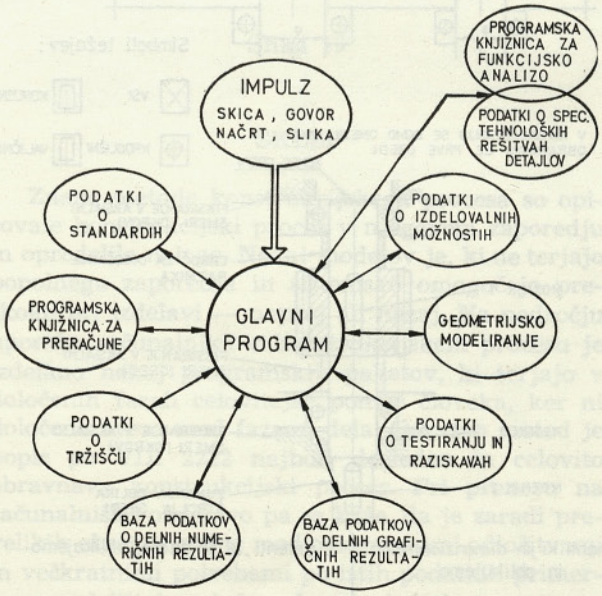
moramo najprej razpoznati in ga nato primerjati z že vgrajenimi datotekami simbolov za izvajanje ukazov. Nato prek komandnega generatorja usmerjamo proces v grafični ali numerični del. Na sliki so predstavljene baze podatkov za oba dela, utemeljitev je podana v [1]. Po opravljenem izvajanju v numeričnem delu (rezultat je besedilo in/ali v grafičnem delu (rezultat je čista risba) izvajamo selekcijo rezultatov oziroma se odločamo za nadaljnje korake pri skiciranju. Če smo sklenili delo v določeni fazi po sliki 11, lahko grafični rezultat — čisto risbo opremimo z besedilom, da dobimo načrt oziroma iz njega delavniško dokumentacijo.

Pri vnašanju podatkov s skico se dogaja, da je popis podatkov na skici prenasičen, skica postane nepregledna. Z izdelavo kopije na stopnji zadnje obdelave risbe lahko dobimo natančen posnetek stanja v merilu in od tu dalje gradimo naprej. To pomeni, da moramo podatke oziroma rezultate v tem procesu skico — natančno risbo — skico — natančno risbo . . . izdelovati v enakem merilu.

Potrebna programska oprema je določena (sl. 15) glede na zahteve konstrukcijskega procesa. Za izvajanje predložene metode je potrebna naslednja programska oprema:

— geometrijsko modeliranje,
— podatki o standardih,
— podatki o izdelovalnih možnostih,
— podatki o tržišču,
— preračuni (analitični in MKE),
— podatki o raziskavah in testiranju.

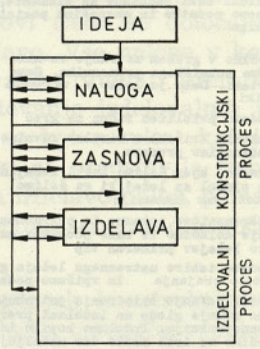
Za vnašanje in zapis podatkov na posameznih stopnjah obdelave potrebujemo še baze podatkov za delne rezultate na numeričnem in grafičnem delu procesiranja. Rezultati o raziskavah in testiranju imajo ekskluzivni pomen, zato je njihovo vnašanje običajno neposredno.




Slika 15

Poleg opisane, je deveti del opreme, ki pa je odvisen od faze konstrukcijskega procesa. Za ZASNOVO potrebujemo bazo podatkov za posamične in skupne funkcije elementov, za IZDELAVO pa potrebne specialne tehnološke rešitve detajlov. V to skupino podatkov spadajo tudi tolerance, ki so pomembne za analizo montažnih možnosti.

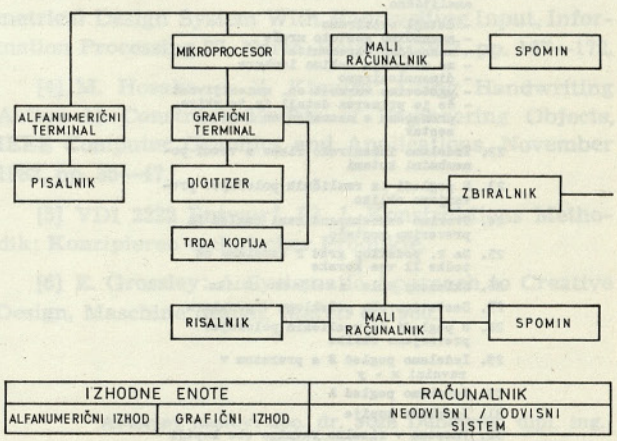
Iz predložene programske opreme in iz zahtev v posameznih fazah konstrukcijskega procesa (funkcija in oblika sta povezani) lahko trdimo, da je konstrukcijski proces sestavljen iz treh faz (sl. 16).




Slika 16

Pomembno je poudariti, da mora glavni program omogočiti dopolnjevanje baz podatkov za navedeno opremo ter dopustiti možnost ustvarjanja novih programov. Za lažje razumevanje tega načina konstruiranja je v prilogi sestavka podan primer za zobniški prenosnik. (Razpr. 1, sl. 18, 19).

Ob našteti programski opremi moramo imeti za celovito interakcijo med seboj ustrezno povezane naprave in stroje računalniškega postroja (sl. 17). V povezavah niso posebej predstavljeni povezovalni elementi (*interface* — vmesnik), ker je njihov sestav pri različnih opremah različen.




Slika 17

## Razpredelnica 1

1. Risalno ravnino opredelimo z merilom
2. Naznačimo valjasto obliko
3. Narišemo srednjici na približni razdalji in narišemo koto za medosno razdaljo
4. Vnesemo podatke o moči, številu vrtljajev prve gredi, prestavnemu razmerju in medosni razdalji
5. Izdelamo optimizacijo in trdnostni kontrolni preračun (program ZOB)

   $b = \begin{bmatrix} P \\ n_1 \\ i \\ a \end{bmatrix} \Rightarrow B$ standardizirati

   material
   varnost
   obdelava
   ipd.
6. Določena je celotna geometrija obeh zobnikov

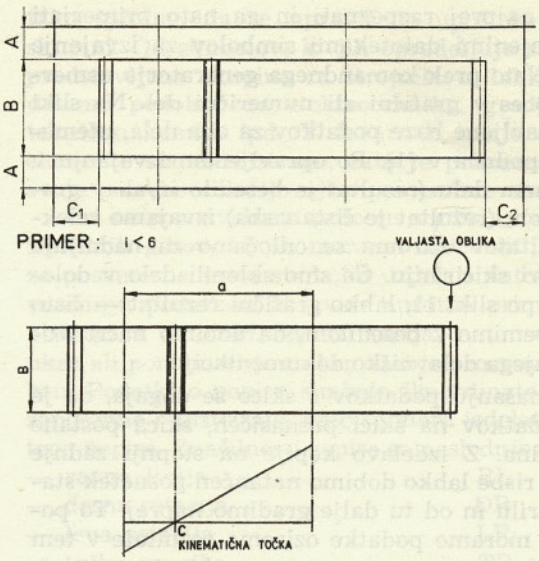
7a. V risalno ravnino vnesemo pomembne podatke in jih kotiramo

7b. Če imamo izdelan standardni element v grafični bazi podatkov za elemente, vnesemo podatke in naznačimo pozicijo zobnika

8. Določimo v grobem notranje ravnine okrova zobniškega prenosnika. Samo s črtami. Delo je lahko v valjasti obliki
9. Izvedemo približen račun za gred
10. Rezultate vrišemo v risalno ravnino in naznačimo premere
11. Na mestu, kjer želimo imeti ležaj, narišemo simbol za ležaj, ki ga želimo in kotiramo dimenzijo
12. Za obremenitve poznane iz preračuna za ozobje določimo iz baze podatkov za vrsto ležajev primeren tip
13. Izvedemo izbiro ustreznega ležaja glede na dobo trajanja in vpišemo podatek.

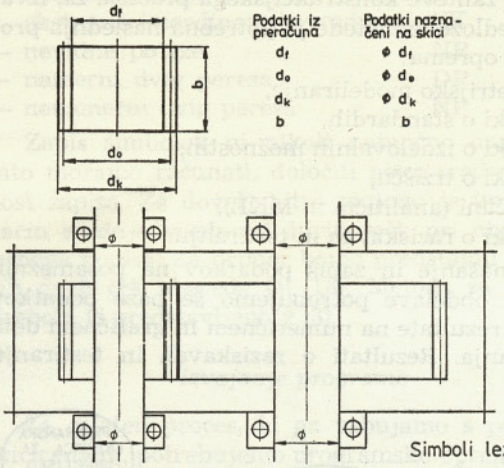
    Za nadaljevanje skiciranja potrebujemo to točno stanje glede na izdelani preračun in konstrukcijo. Izdelamo kopijo in jo položimo na isto mesto ter nadaljujemo z delom
14. Izračun moznika 1 opravimo s programskim paketom MOZNIK. Ob robu risalne ravnine skiciramo:

    MT =
    
    ..... simbol za moznik
15. Iz preračuna dobimo nestandardno dolžino, ki jo standardiziramo in z naznačeno lego na skici vnesemo geometrijo moznika v sestav.
16. Izdelamo preračun za moznik 2
17. Vnesemo podatke v skico oz. v sestav
18. Skiciramo simbol za tesnilo in naznačimo premer. Podatke za odbiro za izračun o ekscentričnosti (glede na ležaje in obdelave) razliko tlakov in vrtilne hitrosti vpišemo ob robu risalne ravnine
19. Točne mere so iz baze podatkov prenesene v sestav
20. Vse elemente oblike vnašamo s skiciranjem. Če pri tem opazimo neskladje z našo predstavo na skici in risbo na zaslonu, izdelamo kopijo in jo uporabimo za nadaljnje skiciranje
21. Izdelamo v posameznih prerezih kontrolni preračun s FEM ali analitično
    - detajl skiciramo
    - naznačimo gostoto mreže
    - naznačimo obremenitev
    - na displeju dobimo izobare
    - dimenzioniramo
    - ugotovimo varnost oz. zanesljivost
    - če je primeren detajl iz te skice, prenesemo z naznačenjem lege v sestav
22. Izdelamo inženirsko risbo z vsemi pomembnimi kotami
23. S pogledi iz različnih položajev preverjamo obliko
24. Tvorimo osnoekspandirani pogled in preverimo montažo
25. Za 2. podsklop gred 2 izdelamo od točke 11 vse korake
26. Sklenemo delo z valjasto obliko
27. Sestavimo oba podsklopa v prostoru
28. S pogledi iz različnih položajev preverjamo obliko
29. Izdelamo pogled B s prerezom v ravnini x - y
30. Izdelamo pogled A
31. Izdelamo kopije
32. Vnesemo v risalno ravnino obe kopiji
33. Naznačimo trodimenzijsko obliko
34. Začnemo z oblikovanjem okrova

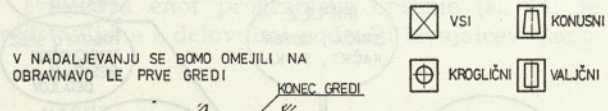



OPOMBA: Z „valjasto obliko" dobimo eno površino za skiciranje.

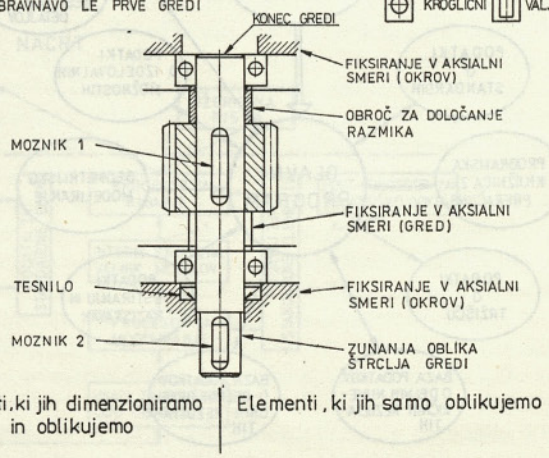
Za večjo uporabo se izdela standardni element - zobnik




Simboli ležajev:

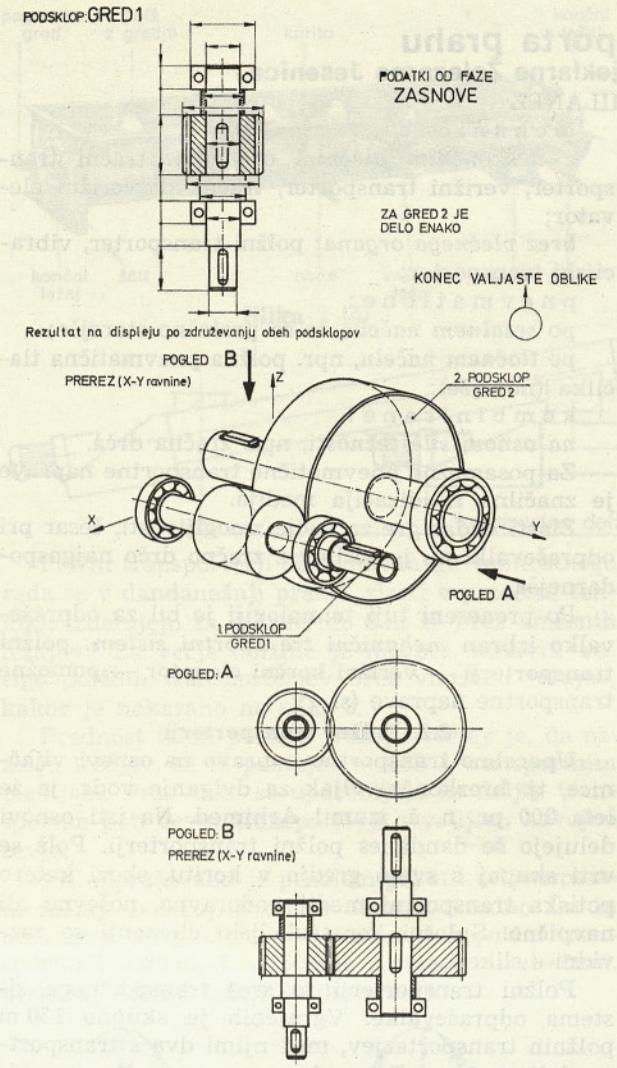



V NADALJEVANJU SE BOMO OMEJILI NA OBRAVNAVO LE PRVE GREDI




Elementi, ki jih dimenzioniramo in oblikujemo | Elementi, ki jih samo oblikujemo

Slika 18




Slika 19

## SKLEP

Znane metode konstrukcijskega procesa so opisovale konstrukcijski proces v njegovem zaporedju in opredelile naloge. Nekaj modelov je, ki ne terjajo popolnega zaporedja in sistemsko omogočajo preskoke pri izdelavi — naprej ali nazaj. Na področju uporabe računalnika v konstrukcijskem procesu je izdelano nekaj programskih paketov, ki terjajo v določenih fazah celovitejšo pomoč človeka, ker ni določena zveza med fazami dela. Od vseh metod je popis po VDI 2222 najbolj dosleden in celovito obravnava konstrukcijski proces. Pri prenosu na računalniško obdelavo pa se kaže, da je zaradi prevelikih obsegov nalog med posameznimi odločitvami in večkratnimi potrebami po istih podatkih primerno opredeliti le tri faze konstrukcijskega procesa, ki pa terjajo enako opravljeno delo.

Skiciranje kot možnost vnašanja podatkov v računalnik bistveno zmanjšuje napake pri vnašanju in človeka postavlja le v vlogo ustvarjalca. Možnosti in osnove vnašanja podatkov so bile izdelane v [3], vendar je celovita uporaba v konstrukcijskem procesu bila še nedoločena.

Povezava programske opreme je določena in s tem je podana možnost za izdelavo in dodelavo posameznih programskih enot. Predstavljena je oblika interacijskega postopka v konstrukcijskem procesu z uporabo vseh potrebnih podatkov za obdelavo risbe izdelka kot obdelovanca. Menimo, da je risba glavni izdelek konstrukcijskega procesa in pri nadaljevanju v izdelovalnem procesu pomeni le informacijo. Na osnovi risbe se določajo vsi potrebni podatki za izdelavo. Vse naloge v konstrukcijskem procesu, definiranje funkcij, preračun, testiranje, raziskave, upoštevanje izdelovalnih pogojev, standardov, tržišča se kot rezultat kažejo na določeni obliki izdelka, ki ga predstavlja risba. Računalnik je uporabljen za izdelavo nalog, pomaga z informacijami in na izhodnih enotah omogoča natančno risanje.

Predloženi osnutek konstrukcijskega procesa z uporabo računalnika omogoča popolno dokumentacijo v vseh korakih in v vseh fazah, ne da bi pri tem uporabljali posebne naprave. Za celovito informacijo dela v tako zasnovanem konstrukcijskem procesu je to zelo pomembno.

## LITERATURA

[1] J. Duhovnik: Računalniško podprto konstruiranje, Poročilo o raziskovalni nalogi, RRS-PoRS 03-2132-782/81, Ljubljana 1981.

[2] J. Duhovnik: Računalniško podprto konstruiranje, Poročilo o raziskovalni nalogi, RSS 03-2132/82, Ljubljana 1982.

[3] M. Hosaka — F. Kimura: An Interactive Geometrical Design System With Handwriting Input, Information Processing 77, North-Holland, 1977, pp. 167—172.

[4] M. Hosaka — F. Kimura: Using Handwriting Action to Construct Models of Engineering Objects, IEEE Computer Graphics and Applications, November 1982, pp. 35—47.

[5] VDI 2222 Entwurf, Bl. 1, Konstruktions Methodik; Konzipieren technischer Produkte.

[6] E. Grossley: A Systematic Approach to Creative Design, Maschine design, March 6, 1980.

Avtorjev naslov: doc. dr. Jože Duhovnik, dipl. ing.
Fakulteta za strojništvo,
Ljubljana