ALEKSANDAR I. NEDUČIN

NIS – Inženjering, Novi Sad

STRUČNI RAD

338.523.1/.3:338.984:657.471/.478

OSVEŽIMO NAŠE ZNANJE PROCENA TROŠKOVA, PLANIRANJE I PRAĆENJE PROJEKTA

Inženjeri projekta investitora i inženjering kuće angažovane na njegovoj realizaciji, imaju tri cilja pred sobom: završetak posla, utrošak vremena u granicama planiranog i utrošak materijalnih sredstava u okviru planiranog budžeta projekta. Da bi se odgovorilo ovim zahtevima, potrebno je organizovati permanentno praćenje projekta u svim njegovim aspektima. To podrazumeva prvo izradu procene troškova kojima je projekt opterećen od početka do kraja, plana odvijanja svih relevantnih aktivnosti u ugovorenom periodu vremena, a zatim redovno praćenje i izveštavanje o utrošku vremena i sredstava tokom odvijanja projekta. Ukoliko su evidentirana prekoračenja, pristupa se odgovarajućim korektivnim akcijama. Preciznost procene je veoma važna, pogotovo kada se nudi i potom izvodi projekt "pod ključ". Prekoračenje planiranog i roka i budžeta projekta, uzrokuje između ostalog (odložen ulazak proizvoda na tržište, tehnološko zaostajanje) i kašnjenje početka povrata uloženih investicionih sredstava. U radu su prezentirane metode procene i praćenja projekta koje se koriste u respektibilnim svetskim inženjering kućama.

Prilikom realizacije jednog projekta i za investitora i za inženjering firmu koja je angažovana ili da projekt preko projektovanja, nabavke opreme i materijala i izgradnje isprati do kraja, ili da obavi poslove investitora u pojedinim segmentima, od najveće je važnosti pustiti postrojenje u pogon u planiranom vremenu i po planiranoj ceni. Da bi se to postiglo, sem izbora kompetentnih izvođača, i za projektovanje i za građevinske, mašinske, instalaterske i dr. radove, kao i isporučilaca opreme, neophodno je preduzeti i niz predradnji. Relevantne inženjering kuće su i organizaciono i kadrovski opremljene za jedan kontinualan posao praćenja i kontrole projekta, vremenskog i troškovnog. Putem redovnih izveštaja i sastanaka koje one pripremaju, rukovodstvo investitora je permanentno u toku svih faza odvijanja projekta i, ukoliko njegova dinamika odvijanja (u smislu neplaniranog trošenja vremena i trošenja materijalnih sredstava) pokaže tendenciju izmicanja kontroli, preduzimaju se hitne korektivne akcije. Investitor ne mora da ima, i u principu nema veliki adiministrativni aparat za praćenje realizacije projekta, ali je preko svojih odgovarajućih službi obavezan da verifikuje određena tehnička rešenja i dokumente koja mu prezentira inženjering kuća, jer je to preduslov da se ide dalje, u sledeće aktivnosti projektovanja, nabavke ili izgradnje.

Kontrola troškova nije skupa, a može da obezbedi značajne uštede. Kašnjenje završetka projekta može biti fatalno i u smislu zastarevanja tehnologije primenjene u ugovorenom postrojenju, i u smislu nemogućnosti finansiranja projekta do kraja ako su neplanirana prekoračenja troškova iscrpla planirani budžet. Smatra se da svaka godina zakašnjenja završetka projekta uzrokuje pomeranje prelomne tačke ("break even pont"), odn. momenta u kome je ukupan trošak proizvodnje jednak ukupnom prihodu, za četiri godine. Da bi se kontrolisali troškovi treba kontrolisati vreme. Ovome je posvećena i posebna disciplina inženjeringa, tzv. "Cost engineering".

Poslove procene troškova na jednom projektu obavlja organizaciona jedinica (sektor, odeljenje) za procenu, koja ili pripada komercijalnom delu preduzeća ili sa sektorom za kontrolu projekta (kontrola troškova i planirnje i praćenje utroška vremena) čini jednu celinu.

PROCENA TROŠKOVA

Procena troškova ("cost estimation" li izvedena složenica costimaton" u angloameričkoj literaturi) opreme, materijala i rada na njihovoj montaži, kao i troškova same izgradnje jednog kompleksnog procesnog postrojenja tipa rafinerijskih, petrohemijskih ili hemijskih postrojenja uopšte, podrazumeva veoma odgovoran i složen posao. Potrebna je u prvom redu da bi se ocenila izvodljivost jednog investicionog poduhvata i shodno tome odlučilo da li se sa njegovom realizacijom kreće ili ne. Ako je odgovor pozitivan, neophodno je u fazi izrade ponude od strane inženjering firme za izgradnju kompletnog postrojenja, pogotovo ako je zahtev iz tendera da se ponudi ceo posao za fiksnu cenu ("ključ u ruke"). od kompetentnosti ljudi iz sektora za procenu troškova inženjering firme zavisi da li će, i ako će, koliko profit ostvariti, ili će poslovati sa gubitkom. Jednom dobijen budžet projekta, kao zbir svih troškova kojima će on biti opterećen, permanentno se prati tokom realizacije projekta kroz instituciju praćenja troškova ("cost control"). U proceni troškova se polazi od publikovanih informacija, cena sa sličnih projekata, od svojih internih podataka koji se posle svakog izvedenog projekta odlažu u arhivu, ili od prispelih preliminarnih ponuda proizvođača. Međutim, da bi se moglo krenuti sa procenama, proces mora već biti razrađen u toj meri da se stručnjacima za procenu obezbede grubi dijagrami procesa ("process flow diagram") i osnovni podaci za svaki pojedinačni komad opreme. Da bi se ilustrovala važnost pravilne procene opreme, treba reći da za većinu hemijskih i petrohemijskih postrojenja vrednost same opreme iznosi 20–35% njihove ukupne vrednosti [1]. Nivoi preciznosti (detalj-

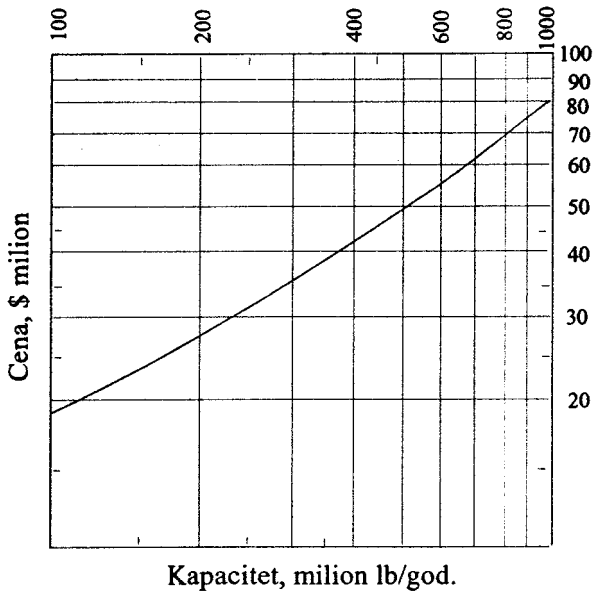
Adresa autora: A.I. Nedučin, NIS–Inženjering, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad
Rad primljen: Septembar 24, 1999
Rad prihvaćen: Januar 17, 2000

nosti) procene vrednosti kompletnog postrojenja tokom izrade projektne dokumentacije od faze izrade studija izvodljiosti preko faze nuđenja (odgovara na poziv na nuđenje firmama sa tzv. kratke liste ili prijava na objavljeni tender) do izrade same dokumentacije i izgradnje postrojenja, postaju sve viši i precizniji. Pošto se projekt mora realizovati u određenom i ugovorenom periodu vremena, to se u obzir moraju uzeti, sem same cene, još i faktori kao što su eskalacija cena, carina, porezi, nepredviđeni izdaci ("comtingency"), cena kreditiranja.

Razlikujemo sledeće nivoe procene tzv. kapitalnih troškova, izraženih u procentima tačnosti u odnosu na stvarni iznos:

red veličina 40–50% [2]	
studijska	25–40
preliminarna	15–25
kontrola projekta	0–15
detaljna	5–10
red veličina 40% [3]	
studijska	25
preliminarna	12
definitivna	6
detaljna	3
red veličina 50% [4]	
studijska	30
budžetska	20
kontrola projekta	10
čvrsta	5

Procena na nivou reda veličina se radi za potrebe izrade studija izvodljivosti. Podaci potiču od ranije izgrađenih postrojenja. Formiranju se dijagram kapaciteta postrojenja – cena i na bazi tako rađenog dijagrama se određuje cena za aktuelno postrojenje. Na slici 1 je dat primer određivanja cene etanolskog postrojenja. Smatra se da ovakva procena zadovoljava kada su u pitanju



Slika 1. Cena u zavisnosti od kapaciteta za etanolsko postrojenje
Figure 1. Cost vs. capacity for ethanol plants

standardna postrojenja (sumporna i azotna kiselina, amonijak, energane, rashladna postrojenja). Iz dobijene vrednosti postrojenja je isključena priprema terena.

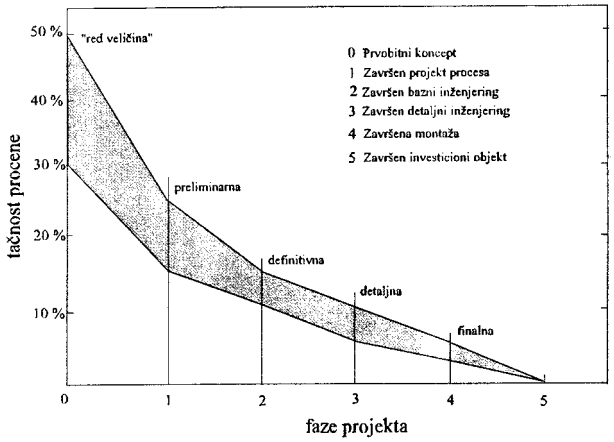
Kada se počne ozbiljno razmišljati o izgradnji postrojenja, pristupa se izradi tzv. studijske procene, i to pre nego što se znatnija suma utroši u istraživanje tržišta. Često služi kao osnova za izbor procesa.

Preliminarna (faktorska, budžetska) procena se radi kada je koncept procesa urađen, kada su utvrđeni lista opreme, procesna šema, preliminaran raspored postrojenja. Ukupni direktni troškvi (materijal, rad) postrojenja se određuju putem primene određenog faktora na ukupnu cenu opreme, a ukupni indirektni troškovi (osiguranje, inženjering i dr.) na bazi primene faktora na ukupne direktne troškove.

Procena na nivou kontrole projekta zahteva još više proračuna i podataka, kao što su dijagram zacevljenja i instrumentacije (P & I), procesne šeme, geodetski podaci.

Detaljna (čvrsta) procena se radi kada je detaljni inženjering već uveliko u toku. Podloge za nju su, osim napred navedenih dokumenata, još i toplotni i materijalni bilansi, opšte specifikacije, projekti temelja, jednopolna šema, odobreni: lista opreme, dijagrami zacevljenja i instrumentacije, osnovni gantogram: inženjering, nabavke opreme i izgradnje.

Zavisnost između stepena napredovanja projekta i navedenih kategorija procene [5] je data na slici 2.



Slika 2. Tačnost procene u odnosu na faze projekta
Figure 2. Accuracy of estimates relating to project definition

PROCENA VREDNOSTI OPREME

Procena vrednosti opreme se vrši direktno preko krivih troškova opreme. Tako dobijene cene se koriguju određenim faktorima, u zavisnosti od tipa opreme i vrste materijala od koga je ona izrađena. Za kolonu sa podovima na pr., postoje u literaturi podaci za tri osnovne vrste podova (sitaste, zvonaste, ventilske). Međutim, korelacije koje upoređuju njihove operativne karakteristike u smislu njihovih troškova ugrađivanja, su vrlo retke. Gatri [6] je odredio faktore kojima se, množeći nabavnu ce-

nu podova može analizirati efekt primene svakog od ovih podova. Bazna cena koja uključuje cenu samih podova, držača, fitinga, izrade, funkcija je prečnika kolone i visine dela kolone koji sadrži podove:

$$BC = C \times X$$

gde su:

BC – osnovna cena

C – konstanta koja zavisi od prečnika kolone

X – visina kolone

Autor metode, inače jedan od rodonačelnika ove discipline, uzima u obzir vrstu materijala, visinu prostora između podova i vrstu poda. Faktori Fm, Fs, Ft koji karakterišu ove ri promenljive, očitavaju se iz tabela, te je konačno cena podova:

$$C = BC (Fm + Fs + Ft).$$

Cena kolone se očitava iz dijarama na koji se nanosi prečnik i visina kolone (uključuje i danca i revizione otvore). Ova vrednost se koriguje zatim faktorima materijala, izrade i pritiska. Konačna cena, koja uključuje i instrumentaciju, bojenje, izolaciju, priključne cevovode i temelje, dobija se povećanjem prethodne (očitane sa dijagrama) cene za 4–4,2 puta. Ove cene se mogu dobiti i pomoću drugih postupaka datih u literaturi [7]. Gatrijev doprinos proceni troškova je u tome što je razradio metodologiju modula – postrojenje se deli na module u kojima je grupisana slična oprema. Za svaki modul pojedinačno se izračunava faktor, i zatim se moduli sabiraju dajući cenu postrojenja.

Za pojedina postrojenja postoje posebne procene. Za destilacione kolone sa podovima, apsorpcione kolone sa punjenjem, pripadajuće platforme i stepenice su, na bazi analize 200 kolona određene korelacije [8], kao i za horizontalne i vertikalne posude pod pritiskom uopšte [3, 9]. Zatim za gasne apsorbere [10], izmenjivače toplote i rezervoare [11], centrifugalne ventilatore [12], sisteme za kontrolu aero–zagađenja (ackenat je stavljen na sledeću glavnu opremu: filtri, Venturijevi skruberi, elektrostatički taložnici, termički i katalitički uređaji za spaljivanje, baklje) [13–16].

Još skoro pre pola veka su se težine posuda određivale grafičkim putem, na osnovu prečnika i visine posude i debljine zida [17] pa se njihova cena određivala iz drugih dijagrama, koristeći se dobijenom težinom kao parametrom. Uopšte, za posude, rezervoare i prcesnu opremu se cena može utvrditi na bazi njihove težine, koristeći se činjenicom da širok spektar opreme ima približno istu cenu po jedinici težine. Ovo se sa sasvim zadovoljavajućom pouzdanošću (ako drugi podaci o ceni nisu u tom momentu dostupni) može koristiti u procenama tipa "red veličina".

Što se materijala izrade tiče, mora se naći optimalno rešenje koje će zadovoljavati neophodne mehaničke karakteristike i uslove sigurnosti. Skupi konstrukcioni materijali obezbeđuju manje troškove održavanja, za razliku od jeftinijih koji vode češćim havarijama i većim troškovima održavanja.

Strane inženjering kuće imaju svoje interne metode za procenu troškova, razvijene na statistici kojom se završava svaki projekat pre arhiviranja. Određuju se cene po m^2 za izmenjivače toplote, po kilogramu za posude pod pritiskom itd. Publikuju se i priručnici [18] u kojima se daju cene svih vrsta procesne opreme preko krivih zavisnosti cena – snaga motora (kompresori, pumpe, mešalice), cena–prečnik (posude pod pritiskom), cena–broj komada opreme (čelične konstrukcije) itd. Bez toga je jedino merodavno ažuriranje cena kod proizvođača opreme i izvođača radova.

PROCENA VREDNOSTI CEVOVODA

U vrednosti procesnog postrojenja se cevovodi smatraju veoma važnom stavkom, jer njihova vrednost ide i do 80% od vrednosti nabavljene opreme ili 20% od ulaganja u osnovna sredstva [19].

Procena troškova nabavke cevovoda se po jednoj od metoda radi na osnovu procesne šeme, a preko indeksa cevi l_p [20]. Naime, na osnovu broja linija između glavne procesne opreme (L_f) i broja komada glavne procesne opreme (M) se određuje ukupna cena (materijal i rad) cevovoda, i to kao procenat od cene nabavljene glavne opreme, po formuli:

$$C\% = 11 \times (l_p)^{1,6}$$

gde je $l_p = L_f / M$

U principu se troškovi zacevljenja utvrđuju ili na bazi procenta ukupnih troškova opreme (u zavisnosti od toga da li se u postrojenju prerađuje tečna ili čvrsta supstanca, ili da li je u pitanju postrojenje određenog tipa kao etilensko, termički ili katalitički kreking i dr.) ili kao procenat cene određene opreme (kolona, izmenjivač, posuda, kompresor). Potcenjena vrednost prečnika cevi znatno uvećava operativne troškove, a procenjena vrednost nabavnu cenu. Dužina cevovoda i kompleksnost sistema (broj ventila i fitinga) diktiraju njegovu ekonomiku i pretpostavlja se da su cena cevi i pad pritiska u jednoj sekciji cevovodnog sistema proporcionalni vrednostima za ceo sistem. Za stišljive fluide, gde ukupni pad pritiska ne prelazi 10% od vrednosti apsolutnog pritiska na početku sistema, primenjuje se sledeća formula:

$$Ct = 0,674\, H\, [\, 4,25\, (D^2 + 51,15)^{1/2} - 20,42\,]\, X + [2,084\, Q^{2,84}\, \mu^{0,16}\, \rho^{0,84}\, YK\, (1,098 + 0,245\, D^{1/2})/ /(1,423\, 10^8)\, D^{4,84}\, E]$$

gde su:

Ct – sadašnja vrednost cevovodnog sistema \$/-stopa

H – faktor cene koji obuhvata projektovanje, nabavku opreme i administrativne troškove, i iznosi 2,0

D – unutrašnji prečnik cevi, inč (1 inč = 2,54 cm)

X – cena materijala za cev unutrašnjeg prečnika od 2 inča, \$/stopa (1 stopa = 12 in = 30,48 cm)

Q – operativni protok, galoni/minut

m – viskoznost fluida, cP

r – gustina fluida, lb/ft^3

Y – broj radnih sati godišnje

K – cena energije, $/kWh

E – stepen efikasnosti pumpe ili kompresora

Troškovi propratnog grejanja (para, struja) se takođe mogu odrediti na nivou preliminarne procene, preko proračuna gubitka toplote izolovane cevi [22].

FAKTORI

Naravno, ne postoji linearna zavisnost između kapaciteta postrojenja i njegove cene. Troškovi opreme ne rastu linearno sa veličinom, jer količina metala koji se koristi za izradu je više u zavisnosti od površine nego od zapremine posude. Fabrikacija većeg komada opreme obično uključuje iste operacije kao i kada se prozvodi manji komad, ali svaka operacija ne traje toliko puta duže (cev od 2" se ne pravi dva puta duže od cevi od 1"). Ni cena inženjeringa, crtanja i nabavke opreme ne raste u značajnijoj meri sa povećanjem kapaciteta. Trošak porudžbine 5 ili 10 tona čelika je isti.

U slučaju kada su poznati cena i kapacitet jednog postrojenja, a potrebno je odrediti cenu istog postrojenja različitog kapaciteta, koristi se metod tzv. "eksponent šest desetina" iz pedesetih godina:

Cena postrojenja A = Cena postrojenja B (kapacitet postr. A / kapacitet postr B.)^{0,6}

ili log–log dijagram kapacitet–cena dobijen na bazi vrednosti iz ove formule. Preporučuje se da se koristi samo ako nema dostupnih informacija o ceni. Takođe, smatra se da ne bi trebalo da se koristi ako se radi o desetostruko većem kapacitetu od onoga za koga je cena poznata, a treba imati u vidu kod korišćenja da su postrojenja slična po tipu konstrukcije, materijalu izrade, operativnim temperaturi i pritisku.

U međuvremenu su određeni eksponenti za niz vrsta opreme [23]:

1. opštu (mešači, centrifuge, peći, reaktori, turbine itd.)	0,68
2. izmenjivači toplote	0,68
3. duvaljke, kompresori, pumpe	0,63
4. rezervoari, posude, kolone	0,63
5. zaštita okoline (tretman otpadnih voda, mulja)	0,82

Lang [24] je analizirajući 14 vrsta postrojenja došao do cene procesnog postrojenja preko proizvoda zbira cena osnovne opreme i faktora koji iznosi 4,74 za postrojenje sa fluidima, sa fluid/čvrsto 3,63 a za postrojenja koja obrađuju čvrstu sirovinu 3,10. Langov faktor podrazumeva isporučenu opremu, za razliku od većine drugih koji uzimaju za osnovu cenu na paritetu fabrike isporučioca. U tom slučaju se mora na osnovnu cenu dodati trošak prevoza opreme do krajnjeg kupca. U ovu cenu su uključeni temelji, montaža postrojenja, zacevljenje, građevinski radovi. Dalje razrađujući ovakav pristup proceni, Kran [25] je ukupnu cenu postrojenja odredio množeći (kao i Lang) zbir cena osnovne opreme sa faktorom granice postrojenja ("battery limit") i dodajući tom proizvodu cenu pomoćnih postrojenja. Inače, ulaganjem u granicama postrojenja se smatraju ulaganja u:

a. primarnu opremu (kolone, skladišni rezervoari za međuprodukte, reaktori, izmenjivači toplote, peći, pumpe)

b. sekundarnu opremu (platforme, čelična konstrukcija, cevi, ventili, građevinski objekti, instrumentacija, elektro instalacije)

c. građevinske radove i montažu (priprema terena, temelji, montaža opreme, putevi)

d. najam opreme za montažu (dizalice i dr.), privremene objekte, takse, osiguranja, transport opreme i nepredvidene troškove tokom izgradnje (štrajkovi, loše vreme, tehničke izmene koje utiču na rok završetka itd.)

Ulaganja u objekte van granica postrojenja ("off sites") čine ulaganja u skladišne rezervoare za gotove proizvode, postrojenja za proizvodnju pare, električne energije, procesnu i rashladnu vodu, komprimovan vazduh, baklje, instalacije za prirodni gas, ulje za loženje, potrebne za nesmetan rad u granicama postrojenja (tzv. pomoćna postrojenja), radionice, garaže, laboratorije, sistem za tretman otpadne vode, sistem otpadne vode. Svi cevovodi koji spajaju postrojenja u granicanma postrojenja i pomoćna postrojenja i cevni mostovi takođe spadaju u objekte van granica postrojenja (poznata i kao "outside battery limit" za razliku od "inside battery limit") [26].

Faktorska procena se radi uglavnom u preliminarnoj fazi inženjeringa i zbog mogućnosti izostavljanja (zaboravljanja) neke od važnih stavki, na ime nepredviđenih troškova se dodaje 10–50%.

Za petrohemijsku industriju je Salem [27] analizirajući 68 tipičnih postrojenja odredio vrednost ukupnih, kapitalnih ulaganja (zbir iznosa ulaganja u osnovna i obrtna sredstva) preko materijalnog bilansa sirovine i njene cene.

Grafičke metode za procenu vrednosti postrojenja su dali Zevnik i Buhanan [28] i Viola [29]. Tako su, kapitalna ulaganja ("capital investment") po funkcionalnoj jedinici u korelaciji sa godišnjim kapacitetom postrojenja (zasnovan na prosečnom protoku) i faktorom kompleksnosti, u zavisnosti od ekstremnih vrednosti temperature, pritiska i konstrukcionog materijala [28]. Kod Viole [29] ona su u funkciji osnovnih operativnih koraka u postrojenju koji mogu, a ne moraju da budu identični osnovnoj opremi, godišnjem nivou proizvodnje i opet, faktoru kompleksnosti. Obe metode spadaju u grupu procena jediničnih operacija, koje se zasnivaju na principu da slične jedinice imaju sličnu pomoćnu opremu i prema tome sličnu cenu.

U IFP–u (Institute Francais du Petrol) smatraju da, uopšteno govoreći, kapitalna ulaganja u transformaciju sirovine u dati proizvod iznose 0,7 stepen kapaciteta postrojenja [30].

INDEKSI

Često puta je potrebno doći do objektivne cene neke opreme ili postrojenja u vrlo kratkom periodu vremena. Ako još i imamo vrednost iste ili slične opreme/postrojenja od ranije, putem indeksa, a po formuli:

$$Cd = Cp\ (Id/Ip)$$

gde su:

Cd – cena na današnji dan

Cp – cena poznata iz nekog prethodnog perioda

Id – indeks danas

Ip – indeks iz perioda iz koga potiče cena

brzo dolazimo do traženog podatka. Ipak, smatra se da se prilična tačnost postiže na ovaj način ako cena nije starija od deset godina. Najpoznatiji su Marshall i Swift Equipment Cost Indexes (objavljuju se u časopisu Chemical Engineering), Chemical Engineering Plant Cost Indexes (Chemical Engineering), Engineering News–Record Construction Cost Indexes (Engineering News Record i Nelson Refinery Construction Cost Index (The Oil and Gas Journal). Bazna godina za prvi od navedenih indeksa je 1926, za drugi 1957–1959, za treći 1913/1949/1967 i za poslednji 1946. godina. Chemical Engineering Plant Cost Index je baziran na četiri glavne komponente koje su ponderisane na sledeći način:

Oprema, mašine, oslonci	61%
Montaža i instalaterski radovi	22%
Izgradnja i građevinski materijal	7%
Inženjering i nadzor	10%

Vrednosti najčešće korišćenih indeksa su u poslednjih nekoliko godina [31]:

	Chemical Engineering Plant Cost Index	Marshall & Swift Equipment Cost Index
1993.	358,2	964,2
1994.	368,1	993,4
1995.	381,1	1.027,5
1996.	381,7	1.039,2
1997.	386,5	1.056,8
1998.	389,5	1.061,9
1999. (I. kvartal)	388,0	1.062,7

RASPODELA TROŠKOVA NA PROJEKTU

Za ceo projekt, raspodela ulaganja u osnovna sredstva ("Fixed Capital Investment") se u proseku kreće u sledećim granicama:

	opseg (%)	prosečno (%)
Direktni troškovi:		
primarna oprema	20–40	22,8
montaža opreme	7,3–26	8,7
instrumentacija, ugrađena	2,5–7	3,0
cevovodi, ugrađeni	3,5–15	6,6
elektroinstalacije	2,5–9	4,1
građevinski objekti	6–20	8,0
priprema terena	1,5–5	2,3
pomoćna postrojenja	8,1–35	12,7
zemljište	1–2	1,1
Indirektni troškovi:		
inženjering i nadzor	4–21	9,1
izgradnja	4,8–22	10,2
naknada za izgradnju	1,5–5	2,1
nepredviđeni troškovi (oluje, poplave, greške u proceni, promene cene)	6–18	9,3

U odnosu na ulaganja u osnovna sredstva, raspodela troškova na inženjering i usluge je:

	opseg (%)	tipično (%)
Inženjering	1,5 – 6,0	2,2
Crtanje	2,0 –12,0	4,8
Nabavka	0,2 – 0,5	0,3
Obračun, praćenje troškova	0,2 – 1,0	0,3
Putni troškovi	0,1 – 1,0	0,3
Reprodukcija i komunikacije	0,2 – 0,5	0,2

Kod crtanja, kao velikog utroška vremena na projektu, uzima se da ono čini 50% vremena koje se utroši u kancelariji, u sedištu firme ("home office") za razliku od utroška vremena na gradilištu. Crtanje predstavlja skup sledećih aktivnosti: izrada koncepta, samo crtanje, distribucija crteža i komentar odgovarajućih sektora, unošenje komentara, verifikacija crteža, opet unos eventualnih komentara, odobrenje i distribucija revidovanih crteža. Aktivnosti u kancelariji (sedištu firme) čine inženjering sa svim svojim tehničkim disciplinama i nabavka opreme, a troškove sedišta opterećuju još i troškovi poslovanja, reprografije, putni troškovi.

Raspodela sati crtanja po glavnim disciplinama izgleda na sledeći način [32]:

cevovodi 35 – 40%	posude 5 – 7%
građevinski 18 – 20%	podzemni deo 2 – 4%
elektro 9 – 12%	instrumentacija 6 – 8%
model 5 – 6%	rekvizicije i opšte 8 – 10%

Sati potrebni na gradilištu se dobijaju na bazi sati u sedištu firme, množenjem sa 6 – 10 u zavisnosti od tipa projekta, tipa konstrukcije, lokacije i sl.

Početni obrtni kapital, druga komponenta ukupnih, kapitalnih ulaganja, iznosi 10 – 20% od ukupnih ulaganja.

Da bi se olakšala procena određenih troškova, na osnovu iskustvenih pokazatelja su uvedena tzv. "pravila palca" (rule of tumb). Neka od njih su navedena u nastavku:

– godišnji troškovi održavanja postrojenja u rafinerijskoj i petrohemijskoj preradi obično iznose 3–4% njegove investicione vrednosti u granicama postrojenja [33],

– nosači cevi variraju od 3–5% vrednosti cevi [34],

– montaža cevi iznosi 40–50% od ukupne vrednosti instalisanih cevovoda, a materijal i rad na izolaciji 15–25%,

– troškovi puštanja postrojenja u pogon se kreću od 5–20% ukupnih troškova projektovanja i izgradnje postrojenja [35].

ISKUSTVO U PROCENI TROŠKOVA U NAŠOJ ZEMLJI

Dok za procenu troškova nabavke opreme i materijala nisu razvijeni postupci i metodologija rada uopšte, u našoj literaturi je u oblasti procene troškova usluga u unvesticionoj izgradnji prva bila tzv. "Plava knjiga" [36] i zatim Priručnik za obavljanje konsultantskih usluga [37]. U potonjem su vrlo detaljno definisane usluge (svrha i sadržaj) u domenu početnih aktivnosti u investicionom procesu (prikupljanje i obrada informacija, istraživanje i snimanje postojećeg stanja i dr.), izrade investicionih programa, izrade tehničke dokumentacije, nadzora i praćenja investicija i ostalih usluga (geodetski radovi, izrada vodoprivredne osnove itd.).

Urađene su tabele u kojima su navedeni norma–sati za svaku klasu pojedinačne aktivnosti (odn. usluge) u zavisnosti od ukupne investicione vrednosti objekta, i tabele sa procentima od ukupne investicione vrednosti za svaku uslugu, opet u zavisnosti od klase i ukupne investicione vrednosti. Klasa za tehnološku projektnu dokumentaciju je određena na osnovu sledećih kriterijuma:

– broj tehnoloških bilansnih operacija,

– udeo nestandardne i nekataloške opreme u postrojenju,

– karakteristike rada i nivoi regulacije,

– nivo udela sopstvene tehnologije,

a za mašinsku, građevinsku i elektro dokumentaciju je kriterijum složenost objekta koji se projektuje.

Danas je u upotrebi priručnik za procenu troškova usluga [38], koji se nastavlja na tradiciju prethodnih, ali je i proširen procenom vrednosti proporcionalno povećanih procesnih postrojenja (uvećanjem odnosa kapaciteta sa odnosom indeksa cena, u funkciji određenog eksponenta za određeno postrojenje). Usluge su i dalje detaljno opisane, a cene se određuju na osnovu tabela u kojima se za nekorigovanu investicionu vrednost, u zavisnosti od klase složenosti projekta (odn. objekta) daju ili norma sati ili procenti od ukupne investicione vrednosti. Tabele su rađene za vreme stabilne nacionalne valute (1 DEM = 1 DIN) što omogućava lakše preračunavanje i upoređivanje. Uz tabele su za svaku uslugu dati i dijagrami: nekorigovana investiciona vrednost u 1000 DEM – norma–sati i nekorigovana investiciona vrednost u 1000 DEM – procenti. Za interpolaciju i ekstrapolaciju pri utvrđivanju normativa rada u tabelama su dati i odgovarajući koeficijenti.

Korekcija ukupne investicione vrednosti zbog uticaja porasta cena se obavlja po formuli:

$$Vs = V/x \quad i \quad x = 100/i$$

gde su:

Vs – stvarna (korigovana) investiciona vrednost na osnovu koje se utvrđuju norma–sati odn. procenti

V – nekorigovana investiciona vrednost

x – koeficijent korekcije stvarne investicione vrednosti

i – prosečni godišnji indeks porasta cena građevinskih radova, zanatskih radova i opreme u odnosu na 1994. godinu (1994 = 100), utvrđen prema podacima Saveznog zavoda za statistiku.

Ukupna investiciona vrednost, koja služi kao parametar za utvrđivanje normativa po navedenom priručniku, obuhvata:

– građevinske objekte visoko– i niskogradnje u okviru objekta koji se projektuje, uključujući i pripadajuće instalacije,

– opremu i instalacije koje ulaze u sastav objekta, sve u montiranom stanju,

– unutrašnje instalacije za napajanje postrojenja tehnološkim i energetskim fluidima i elektroenergijom, uključujući i podstanice, sve u montiranom stanju, a ne obuhvata:

– energetska postrojenja (trafo stanice, kotlarnice i kompresorske stanice),

– energetske razvode,

– infrastrukturu i ostale objekte u industrijskom krugu koji se nalaze van projektovanih objekata.

KONTROLA TROŠKOVA

Zadatak kontrole troškova je da na bazi realno definisanog budžeta projekta kontroliše, analizira, izveštava i predviđa sve direktne i indirektne troškove u toku realizacije projekta. Trend neplaniranog trošenja treba uočiti na vreme, kako bi rukovodstvo projekta blagovremeno preduzelo primerene korektivne akcije. Projekt se mora realizovati u ugovorenom roku, bez rasipanja osnovnih resursa, vremena, materijala i energije.

Po urađenom budžetu projekta se pristupa izradi sistema kodiranja ("code of accounts") po kome će se identifikovati svaki trošak dodeljen opremi, materijalu i uslugama. Oprema i materijal iste ili slične prirode su klasifikovani pod istim kodom kako bi se olakšali: kontrola, statistika projekta i kontrola napredovanja projekta. Tokom odvijanja projekta dostavljaju se kopije svih rekvizicija, narudžbi i njihovih revizija grupi za praćenje i ona ih upoređuje sa ranije urađenim specifikacijama i/ili procenama. Ako postoje razlike, izveštaj o tome se odmah dostavlja rukovodiocu projekta. Praćenje troškova čovek/sati na inženjering poslovima je takođe sastavni deo kontrole troškova. U "NIS – INŽENJERING"–u su, primera radi, definisane sledeće klase opreme:

01. oprema i aparati pod dejstvom plamena
02. obrada voda
03. rashladni tornjevi
04. reaktori
05. kolone
06. izmenjivači toplote
07. vazdušni hladnjaci
08. posude i aparati pod pritiskom itd.

a unutar klase 01 npr.:

0110 peći za zagrevanje i pregrejavanje pare

0111 kabinske peći sa vertikalnim cevnim snopovima

0112 kabinske peći sa horizontalnim cevnim snopovima

0113 cilindrične peći sa vertikalnim cevnim snopovima

0114 cilindrične peći sa helikoidalnim cevnim snopovima

0120 reakcione peći (sa svojim podgrupama)

0130 ostale peći

0140 spaljivači

0150 kotlovi za pomoćne fluide

0160 kotlovi za proces itd.

Sa napredovanjem projekta se postavljeni budžet ažurira i novim cenama, dobijenim iz prispelih ponuda proizvođača opreme. Prilikom realizacije ponuda upoređuju se i glavne tehničke karakteristike ponuđene opreme, sa onom koja je u fazi izrade procene uzeta u postupak.

Praćenje troškova je uobičajeno u fazi izgradnje postrojenja i montaže opreme, ali s obzirom na raspodelu troškova po osnovnim fazama realizacije projekta [39]:

– preliminarni projekt	2%
– detaljni (glavni) projekt	13%
– nabavka opreme i materijala	55%
– izgradnja	30%

očigledno je da ono mora početi daleko ranije. Kontrola troškova, s obzirom na efekte koje daje, nije skupa. Smatra se da rigorozna i detaljna kontrola ne bi smela da pređe 0,5% ukupne cene projekta [40].

Priču za sebe predstavljaju promene u projektu. Kontrola promena mora biti permanentna i rigorozna, jer one redovno povećavaju troškove projekta i prolongiraju rok njegovog završetka. Moraju stoga biti detaljno obrazložene i opravdane sve promene da bi se prihvatile, overile i postale deo projektne dokumentacije.

Na osnovu izdatih rekvicizicionih lista, narudžbi i revizija narudžbi analizira se konzistentnost sa urađenom procenom.

Prva porudžbina cevnog materijala se zasniva na situacionom planu postrojenja i Dijagramu cevovoda i instrumentacije ("P & I") i plasira se kada su oni završeni sa 75%. Druga je kada je crtanje cevovoda odmaklo sa 30–35% (ili izrada modela sa 50–60%), a treća kada je skoro završeno crtanje izometrika (95% crteža) [41]. Elektro materijal se prvi put definiše otprilike u isto vreme kada i cevni materijal (situacioni plan i preliminarna trasa kablova), a drugi put kada su urađeni konačna trasa kablova i konačna lokacija osvetljenja.

Za kabast materijal ("bulk", "commodities") koji uključuje cevi, fitinge, čelične konstrukcije, elektromaterijal, instrumentaciju, izolaciju, koristi se metoda "uzorkovanja" svake dve nedelje da bi se uporedila dobijena vrednost sa procenjenom [42]. Za cevi su potrebni podaci dužina ravne cevi, broj ventila i kolena, ukupna težina linije. Za čelične konstrukcije su to težina platformi kolona i posuda, dužina penjalica i težina cevnih mostova.

Da bi se značaj kontrole troškova shvatio na pravi način, na način koji joj i pripada u realizaciji jednog, pogotovo velikog i skupog projekta, treba reći da dobro urađena procena troškova može biti marginalizovana neadekvatnom kontrolom troškova u toku odvijanja projekta. S druge strane, dobra kontrola može smanjenjem troškova nadoknaditi efekte loše urađene procene troškova na početku.

PLANIRANJE I PRAĆENJE UTROŠENOG VREMENA

Gantov dijagram je razvijen još dvadesetih godina ovog veka. Jasan je, jednostavan, može se koristiti za prikazivanje napredovanja projekta, ali nije upotrebljiv za prikazivanje međuzavisnosti pojedinih aktivnosti i za ažuriranje, kao ni za projekte sa većim brojem aktivnosti. Od tehnika mrežnog planiranja, osnovne su metoda kritičnog puta (CPM odnosno "Critical Path Method") i PERT–a ("Project Evaluation and Review Technique"). Osnovna razlika između njih je da se kod prve svakoj aktivnosti pridružuje jedno vreme trajanja, a kod druge tri (optičko, verovatno i pesimističko).

S obzirom na prednosti i mane Gantove metode i metoda mrežnog planiranja, smatra se najopravdanijim ako se koriste istovremeno obe metode efektivnog planiranja. Kombinacija ovih tehnika, uključujući i histograme i "S" krive, danas je omogućena zahvaljujući sofisticiranim softverskim paketima za vođenje projekta.

Vreme pripreme mreže jednog projekta je funkcija prirode i tipa projekta i stepena detaljnosti do koga se u mreži želi ići. Spisak aktivnosti se određuje na više načina: slučajnim ili sistematskim prikupljanjem, ispitivanjem stručnjaka ili otkrivanjem aktivnosti tokom same izrade mrežnog plana.

Osnovni Plan projekta treba da se u prvoj verziji pojavi već u fazi nuđenja inženjering posla. Tada se znaju okvirna vremena isporuke glavne procesne opreme (standardne i nestandardne) i broj čovek/sati inženjeringa, dužine izgradnje i montaže. Prilikom stupanja ugovora na snagu, ovako razvijen osnovni plan biva upućen učesnicima na realizaciji projekta na dopunu i usaglašavanje. Inženjer za planiranje, član tima tokom trajanja projekta, usvaja eventualne primedbe tokom pregovora, revidira planove ostalih učesnika i radi definitivan plan projekta. To će biti podloga za kasnije određivanje stepena napredovanja projekta. Karakteristični datumi koji se unose u ovaj plan su [43]:

– odobren koncept procesa,

– odobren dijagram cevovoda i instrumentacije,

– odobren situacioni plan,

– datumi nabavke i isporuke opreme sa kritičnim vremenom isporuke,

– datum isporuke "kabastog" materijala po procentima,

– početak izgradnje,

– završetak temelja,

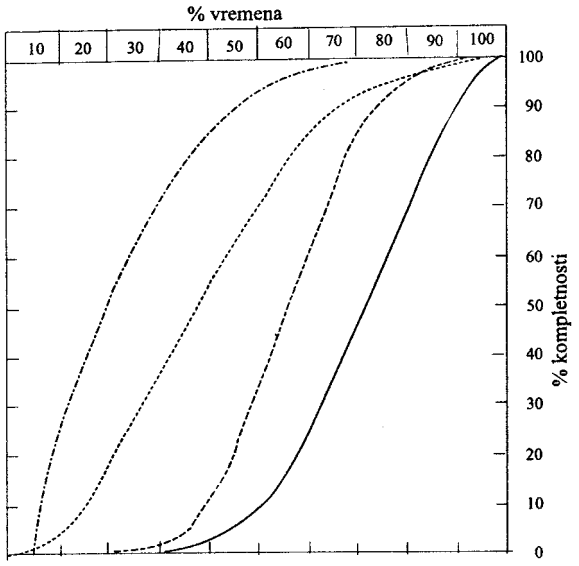
– završetak montaže čeličnih konstrukcija itd.

Praksa je i da se rade kao tri nezavisna plana: plan inženjeringa, nabavke opreme ("procurement") i izgradnje.

Inženjering "pokriva" aktivnosti projektovanja odnosno detaljnog inženjeringa u svim njegovim segmentima (proces, mašinska oprema, instrumentacija, elektro, građevinski, arhitektonski, čelična konstrukcija, izolacija, bojenje). Nabavka opreme podrazumeva kupovinu, relaps (praćenje i kontrola rokova izrade opreme i dokumentacije), inspekciju (tokom izrade opreme i njen finalni kvantitativni i kvalitativni prijem) i transport. Izgradnja je skup svih aktivnosti na samoj izgradnji (građevinski radovi) i montaži (mašinski, instalaterski) sve do tzv. mehaničke kompletnosti postrojenja, na koju se nastavljaju prethodne radnje pre puštanja u pogon ("precomissioning"), ispitivanje individualnih sistema ("comissioning") i samo puštanje postrojenja u pogon.

Integracijom ova tri plana se formira Osnovni Plan Projekta ("Master Project Shedule"), prikazan na slici 3, gde je dodata još i kriva isporuke materijala [44]. Pri tome se polazi od dve pretpostavke:

a) trajanje inženjeringa uobičajeno ne prelazi 65% od ukupne dužine trajanja projekta i



Slika 3. Tipičan Osnovni Plan Projekta, gde krive predstavljaju (s leva na desno) aktivnosti:
– nabavka opreme
– inženjering
– isporuka materijala
– izgradnja
Figure 3. Typical Master Project Schedule and curves representing respectively:
– procurement
– engineering
– material delivery
– construction

b) izgradnja (ne računajući pripremu terena na lokaciji novog postrojenja) ne počinje pre nego što protekne 30% dužine trajanja projekta [45, 46].

Najčešće se Osnovni Plan Projekta radi tako da se na ordinatu nanosi procenat kompletnosti, a na apscisu period vremena od stupanja ugovora na snagu do planiranog roka završetka, podeljen na vremenske jedinice (obično je to po mesec dana) u kojima se ažurira realizacija projekta. Investitoru se dostavljaju redovno izveštaji o napredovanju projekta koji najčešće pokrivaju jednomesečni rad, ili kako je to već Procedurom koordinacije projekta međusobno dogovoreno i ugovoreno između glavnog ugovarača i investitora.

Kriva, kojom se grafičkim putem prikazuje odnos kumulativnog utroška čovek/sat, procenta kompletnosti ili troškova prema vremenu, najčešće ima oblik slova "S". Gotovo svaki projekt se karakteriše usporenijom realizacijom svojih aktivnosti na početku, skoro konstantnom, pojačanom dinamikom rada u narednom periodu, i opet usporenijim privođenjem kraju. Svakako da različite instalacije imaju različite S–krive, ali zaključeno je da razlike nisu značajne, da ne iznose više od 6–10%, tako da se može smatrati i zakonom S–krive [47].

Da bi se dobila S–kriva za praćenje napredovanja, potrebno je odrediti tzv. "relativne težine" svake aktivnosti na bazi odnosa broja potrebnih čovek/sati za posmatranu aktivnost prema ukupnom planiranom broju čovek/sati potrebnom za završetak celokupnog projekta (računato zbirno za sve aktivnosti). Množenjem "relativne težine" svake aktivnosti sa planiranim stepenom gotovosti u svakoj jedinici vremena (mesec dana) i sabiranjem po vertikali tako dobijenih procena gotovosti svake aktivnosti u odnosu na projekt u celini, dobija se planirani procenat gotovosti celog projekta u posmatranoj jedinici vremena.

Vrednovanje fizičkog napredovanja aktivnosti odnosno stepena gotovosti je dato kroz sledeće primere:

Izrada temelja za izmenjivač toplote [48]	
– ugrađivanje podložnog betona	5%
– postavljanje oplate	35%
– postavljanje armature	55%
– ugrađivanje ankera	70%
– ugrađivanje armiranog betona	95%
– završni radovi	100%
Nabavka izmenjivača toplote [49]	
– priprema rekvizicije	0–24%
– izdavanje rekvizicija za upit	25%
– razrada–realizacija ponuda	26–54%
– razrada–realizacija ponuda (predata investitoru)	55%
– priprema narudžbe	56–69%
– izdata rekvizicija	70%
– revizija crteža isporučioca	70–100%

te se može preko "relativnih težina" izvesti sledeći procenat gotovosti:

Ako je cena posmatranog komada opreme (izmenjivač toplote) 1 milion dinara, a ukupna vrednost opreme koja treba da se nabavi 10 miliona dinara, "relativna težina" posmatranog komada opreme u odnosu na svu opremu je jednaka 10. Ako se planira da u posmatranom periodu vremena aktivnost nabavke ovog izmenjivača bude u fazi realizacije ponuda predate investitoru na overu (što iznosi 55% gotovosti nabavke), to je planirani procenat njene gotovosti jednak: 0,55 x 10 = 5,5%. Isto se radi za svu ostalu opremu, i sabiranjem njihovih procenata gotovosti nabavke dobija se planirani procenat gotovosti nabavke za ceo projekat.

Ponavljanjem ovog postupka od prve do poslednje jedinice vremena realizacije projekta za inženjering i izgradnju, dobija se planirana S–kriva projekta.

Na isti način, preko "relativne težine" i ostvarenog stepena gotovosti (fizičkog napredovanja) određuje se za svaku jedinicu vremena ostvareni procenat gotovosti svih aktivnosti koje se odvijaju u tom periodu, i na osnovu njihovog zbira ostvareni procenat gotovosti projekta u celini. Upoređenjem ove dve S–krive (planirane i ostvarene) stiče se uvid u dinamiku napredovanja projekta.

Osim ovog kumulativnog načina predstavljanja, u obliku gantograma se radi detaljan plan projekta. U njemu su pojedinačno prikazani segmenti projekta i takođe se prate planirano–ostvareno.

Mrežni dijagram nakon obrade, koristeći se jednim od paketa programa za mrežno planiranje, daje kritični put (gde produženje trajanja svake od aktivnosti na tom putu izaziva produženje projekta u celini) i zazore (broj vremenskih jedinica za koji aktivnost može da "klizi" a da ne izazove produženje roka projekta). Svakoj aktivnosti su pridružena najranija i najkasnija vremena početka i završetka i zavisnosti od aktivnosti koje joj prethode ili se na nju nastavljaju. Na kritičnom putu su, u principu, vremena isporuke glavne opreme koja ima duge rokove isporuke i veliku vrednost.

Čest je slučaj prilikom izgradnje pojava tzv. "sindroma 90%", kada poslednjih 10% planiranog trajanja projekta izazove znatna povećanja utrošenih čovek/sati i planiranog vremena, a do tog momenta su i utrošena sredstva i vreme bili u granicama planiranog [50]. Izbegava se prikazom realnih utrošaka sati, neopterećenog optimizmom. Budući da je projekat pri kraju, bez striktnog praćenja svakog utrošenog sata (i adekvatne reakcije odnosno korektivne akcije) projekat se može oteti kontroli.

Glavni i odgovorni za funkciju praćenja vremena i troškova na realizaciji jednog projekta je koordinator za kontrolu projekta, koji je direktno odgovoran direktoru projekta. Koordinatoru su pak odgovorni inženjer za planiranje i inženjer za kontrolu troškova. Direktor projekta odobrava korektivne akcije ili po blagoremeno uručenoj tendenciji prekoračenja vremena i troškova (znači na vreme) ili kada je do samog prekoračenja već došlo. Od vrste zaključenog ugovora zavisi na čijoj strani će biti težište vođenja posla u smislu praćenja vremena i troškova, investitora ili glavnog ugovarača (inženjering kuće). Ako je ugovoren posao po fiksnoj ceni, investitor će biti minimalno uključen u ove aktivnosti, jer je rizik na strani glavnog ugovarača. Kod ugovora u kome se nadoknada glavnom ugovaraču vrši prema stvarno nastalim troškovima (čiji je intres da se potroši što više) odgovornost investitora i njegovih službi za praćenje je daleko veća [51].

ZAKLJUČAK

U radu su prezentirane metode procene troškova i planiranja i praćenja realizacije projekata, razvijene u svetskim inženjering kućama. U našim uslovima, podaci o ceni, neophodni u prvom redu pri izradi ponuda, svode se na ažuriranje cena proizvođača opreme i materijala i izvođača radova, što je i najtačnije ali i najduže i traži kontinualan dotok informacija. Metode brze procene opreme u našoj tehničkoj literaturi nisu objavljene. Objektivan razlog za to može biti u našim specifičnim tržišnim uslovima, izrazito inflatornoj privredi u pojedinim periodima, nedovoljno razvijenoj industriji opreme za procesnu industriju.

Što se tiče procene usluga (izrada tehničke dokumentacije, nadzor, geodetski radovi i druge usluge u okviru investicione izgradnje) postoji dobro razrađena metodologija u našoj praksi.

Praćenje realizacije projekta nije razvijano/razvijeno delom i zbog toga što se u investicioni poduhvat kod nas kreće i kada nisu obezbeđena materijalna sredstva da se on izvede u jednom dahu do kraja, nego se ona sukcesivno prikupljaju tokom izvođenja. Ako presahnu, čeka se dok se ne prikupe za nastavak. Terminiranje aktivnosti i njihovo praćenje kako u smislu vremena potrebnog za izvođenje tako u smislu troškova koji joj se pridružuju tokom života projekta ima malo smisla u takvim uslovima. Cilj ovog članka je bio da se ukaže na uštede koje je moguće ostvariti na projektu striktnim poštovanjem usvojene metodologije procene troškova opreme, materijala i radova i procedure praćenja realizacije projekta.

LITERATURA

[1] Uppal K.B., "Cost estimating made simple", Hydrocarbon Proccesing, September 1997, 168–c.
[2] Desai M.B., "Preliminary cost estimating of process plants", Chemical Engineering, July 27, 1981.
[3] Pikulik A., Diaz H.E., "Cost estimating for major process equipment", Chemical Engineering, October 10, 1977, 106.
[4] Perry R., Chilton C., Chemical Engineers Handbook, 5th edition, McGraw–Hill Company, 1974.
[5] Kerridge A.E., "Contingency, risk and sensitivity analysis", Hydrocarbon Processing, December 1982, 56.
[6] Guthrie K.M., "Capital Cost Estimating", Chemical Engineering, March 1969, 114.
[7] Douglas J.H., Ind. Eng. Chem. Fundam., **16** (1977) 131.
[8] Mulet A., Corripio A., Evans L., "Estimate osts of distillation and absorbtion towers via correlation", Chemical Engineering, December 28, 1981, 77.
[9] Mulet A., Corripio A., Evans L., "Estimate cost of pressure vessels via correlations", Chemical Engineering, October 5, 1981, 145.
[10] Vatavuk W.M., Neveril R.B., "Costs of gas absorbers", Chemical Engineering, October, 1, 1982, 135.
[11] Corripio A., Chrien K., Evans L., "Estimate cost of heat exchangers and storage tanks via correlations", Chemical Engineering, January 25, 1982, 125.
[12]

Vatavuk W.M., Neveril R.B., "Estimating cost of fans and accessories", Chemical Engineering, May 18, 1981, 171.
[13] Vatavuk W.M., Neveril R.B., "Estimating cost of air–pollution control systems", Chemical Engineering, October 6, 1980, 165.
[14] Vatavuk W.M., Neveril R.B., "Factors for estimating capital and operating costs", Chemical Engineering, November 3, 1981, 157.
[15] Vatavuk W.M., Neveril R.B., "Estimating size and cost of pollutant capture hoods", Chemical Engineering, December 1, 1980, 111.
[16] Vatavuk W.M., Neveril R.B., "Estimating size and cost of dustwork", Chemical Engineering, December 29, 1980, 71.
[17] Delamater H.J., "Determine Vessel Weights Graphically", Petroleum Refiner, July, 1955, 157.
[18] Page J.S., "Conceptual Cost Estimating Manual", Gulf Publishing Co., 1984.
[19] Peters M.S., Timmerhaus K.D., "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", McGeaw–Hill Book Co., 1980, 170.
[20] Sokullu E.S., "Estimating Piping Costs From Process Flowsheets", Chemical Engineering, February 10, 1969, 148.
[21] Culler D.W., "Pipe–sizing Economics", Chemical Engineering, May 28, 1984, 113.
[22] Lonsdale J.T., Mundy J.E., "Estimating pipe heat–tracing costs", Chemical Engineering, November 29, 1982, 89.
[23] Remer D., Chai L., "Design Cost Factors for Scaling–up Engineering Equipment", Chemical Engineering Progress, August 1990, 77.
[24] Lang H.J., Chemical Engineering, 54(10), (1947) 117.
[25] Cran J., "Improved factored method gives better preliminary cost estimates", Chemical Engineering, April 6, 1982, 23.
[26] Anderson F.V., Stone & Webster Engineering Corporation: "Plant Layout", John Wiley & Sons, Inc., 1982, 23.
[27] Salem A., "Estimate capital costs fast", Hydrocarbon Processing, September 1981, 199.
[28] Zevnik F.C., Buchanan R.L., "Generalized Correlation of Process Investment", Chemical Engineering Progress, 59(2), (1963) 70.
[29] Viola J.L., "Estimate capital costs via a new, shortcut method", Chemical Engineering, April 6, 1981, 80.
[30] Trambouze P. "Reactor Scale–up Methodology", Chemical Engineering Progress, February 1990, 23.
[31] Chemical Engineering, May,1999.
[32] FOSTER WHEELER Proces Plant Division: "Home office control".
[33] IFP, "Manual of Economic Analysis of Chemical Processes", Mc Graw Hill Book Co.,1981, 45.
[34] Kerridge A.E.,"Hard–dollar estimating", Hydrocarbon Processing, February 1992, 135.
[35] Baasel W.D., "Preliminary Chemical Engineering Plant Design", Elsevier, 1977, 363.
[36] Cijene i uvjeti za obavljanje investicijskih usluga, Koprojekt, Zagreb, 1974, 1977.
[37] Barbić J., Priručnik za obavljanje konzalting usluga u investicijskoj izgradnji, Koprojekt, Zagreb, 1983.
[38] Bogner M., Petrović A. "Procena usluga u investicionoj izgradnji", SMEITS, Beograd, 1995.
[39] Harrison F.L., "Advanced Project Management", Gower Publishing Co., 1983, 233.
[40] Chemical industry News, November 1980.
[41] FOSTER WHEEELER: Cost Control Procedure.
[42] TECHNIP: Cost Control Procedure.
[43] Kerridge A.E., "For quality, define requirements", Hydrocarbon Processing, April 1990, 103.
[44] Kerridge A.E., "Check project progress with Bell and S curves", Hydrocarbon Processing, March 1979, 189.
[45] Kerridge A.E., "Use fast–track schedule", Hydrocarbon Processing, November 1990, 75.
[46] Kerridge A.E., "How to develop a project schedule", Hydrocarbon Processing, January 1984, 133.
[47] Stallworthy E.A., "Developments in project cost control", Engineering and Process Economics, 4 (1979) 29.
[48] PETROLINVEST: Opšti Protokol Sistema Vođenja Projekta.
[49] LUMMUS: Project Management.
[50] Kerridge A.E., "Control project costs effectively", Hydrocarbon Processing, February 1980,127.
[51] Awwal A.S., Kansal S., "Examining EPC contracts", Hydrocarbon Processing, May 1999, 69.

SUMMARY

COST ESTIMATION, PLANNING AND PROJECT CONTROL

(Refresher topics)

Aleksandar I. Nedučin
"NIS – INŽENJERING", Novi Sad, Narodnog fronta 12

Engineers in charge of project realization, from both the client and engaged engineering firm, work under three objectives: complete the job, stay on schedule and keep within the budget. In order to meet those requirements, permanent project control in all its aspects is more than necessary. It encompasses, first of all, a cost estimation that the project is burdened from the very beginning to the mechanical completion, a schedule of all relevant activities in the course of the contracted period and then project follow–up and reports on time spent and outlays in accordance with project progress. If reports present an excess in time and expenditures, the appropriate corrective actions should be taken. Estimation precision is very important in particular when a "turn key" job is offered and then executed. Any project higher–than–anticipated budget and falling behind schedule cause among others (postponed product entrance on the market and its uncompetitively high price) a delay in the calculated return on investment. This paper deals with estimation and project control methods used in respectable engineering firms.

Key words: Engineering • Project control • Planning • Cost control •
Ključne reči: inženjering • praćenje projekta • planiranje • kontrola troškova •