Dr Slobodan Vukićević,
profesor, dipl. inž.
Dr Milan Sretenović,
profesor, dipl. inž.
Mr Milorad Vidović,
dipl. inž.

TEHNOLOŠKO PROJEKTOVANJE NOVIH SKLADIŠTA ZA UBOJNA SREDSTVA

Rezime:

Proces tehnološkog projektovanja skladišta za UbS (ubojna sredstva) jedan je od najsloženijih zadataka kada je reč o procesima projektovanja. Respektujući značaj tehnološkog projektovanja, posebno kada je u pitanju efikasnost i ekonomičnost logističkih sistema, u ovom radu je prezentirana metodologija i postupci razvoja novih skladišta za UbS.

Prikazano je pet osnovnih faza procesa tehnološkog projektovanja skladišta za UbS: analiza zadate strukture UbS, definisanje optimalne strukture skladišnih objekata, definisanje optimalnih tehnologija realizacije manipulativnih procesa, optimizacija transportnih lanaca i procesa raseljavanja.

Ključne reči: tehnološko projektovanje, ubojna sredstva, skladišta, algoritam procesa.

TECHNOLOGICAL DESIGNING OF NEW STOREHOUSES FOR MUNITIONS

Summary:

The process of technological designing the storehouses for munitions is one of the most complex tasks in the fields of designing. With paying full respect to the significance of technological designing, particularly concerning the efficiency and economy of logistical systems, in this article are presented methodology and stages of development of new storehouses for munitions.

Five major phases of the process of technological designing of a storage area have been presented: analysis of the given structure of munitions, definition of the optimal structure of the storage area elements, definition of the optimal techniques for the realization of manipulation processes, optimalization of transport chains and of the process of displacement.

Key words: technological designing, munitions, stores, process algorithm.

Uvod

Svaki proces predstavlja kvantitativnu ili kvalitativnu promenu, pri čemu pojam promene ima opšte značenje. U zavisnosti od toga o kakvim se promenama radi, procesi mogu biti vrlo različiti. Njihova karakteristika je da se odvijaju u nekom sistemu, i

da njihov tok realizuje zadatke koji se postavljaju pred sistem.

Efektivnost realizacije zadataka u nekom sistemu može biti različito uspešna, u funkciji od strukture sistema i upravljanja sistemom. Otuda optimizacija realizacije ovih zadataka predstavlja osnovni cilj čije je rešavanje vrlo značajno.

Ostvarenje ovog cilja nije uvek jednostavno i često zahteva angažovanje intelektualnog rada, u okviru aktivnosti na projektovanju procesa, pri čemu je i projektovanje takođe proces. Jednu od najznačajnijih faza projektovanja procesa predstavlja tehnološko projektovanje.

Tehnološko projektovanje skladišnih, pretovarnih i transportnih sistema predstavlja jedan od najkompleksnijih zadataka iz dometa projektovanja uopšte, što je rezultat činjenice da logističke sisteme karakterišu višedimenzionalnost i prisustvo velikog broja po prirodi različitih elemenata, materijalnih i informacionih tokova. Pored toga, funkcionisanje skladišnih, pretovarnih i transportnih sistema, posebno onih kod kojih se procesi u sistemu realizuju na način različit od optimalnog, povezano je sa veoma visokim troškovima. Praksa tehnološkog projektovanja logističkih sistema, posebno skladišnih kompleksa uopšte, pa i u VJ, unekoliko demantuje iznete tvrdnje, s obzirom na to da se ovom problemu, po pravilu, prilazi fragmentarno, parcijalnim rešavanjem pojedinih segmenata problema. Na taj način direktno se utiče na smanjenje efikasnosti ovih sistema i na povećanje logističkih troškova.

Tehnološko projektovanje skladišnih, pretovarnih i transportnih procesa ima za cilj definisanje rešenja koje u konkretnim uslovima omogućava najcelishodnije funkcionisanje projektovanog sistema. Tako utvrđeno rešenje, u zavisnosti od niza uticajnih faktora, može biti optimalno ili pripadati kategoriji zadovoljavajućih rešenja.

Struktura procesa tehnološkog projektovanja

Kompleksnost logističkih sistema i praktični značaj koji ima celishodno i racionalno funkcionisanje ovih sistema, upućuju na potrebu i aktuelnost

definisanja konzistentnog metodološkog pristupa formiranju tehnološkog rešenja. Sistemski pristup, priroda i karakter problema, kao i dostignuti nivo spoznaje o metodama, načinima i postupcima rešavanja problema upućuju na primenu sistemskog pristupa kao osnovnog metoda. Pri tome, sistemski pristup se, u svojoj suštini odnosi na:

- sistematizaciju aktivnosti u procesu rešavanja problema,
- razmatranje objekta realne stvarnosti kao sistema sastavljenog od uzajamno povezanih elemenata,
- izgradnju modela sistema i ispitivanje karakteristika realnog sistema na njegovom modelu.

Sistemski pristup, kao temelj logističke koncepcije i savremena filozofija izučavanja i rešavanja problema, upućuje na proces tehnološkog projektovanja kao aplikaciju osnovnih koraka metoda systemske analize. Osnovni koraci sistemskog pristupa su: formulacija problema, prikupljanje i analiza informacija, razvoj potencijalnih rešenja, modeliranje sistema i ocena rešenja.

Saglasno ovim postavkama, najznačajnije faze, koje, u suštini, čine okosnicu procesa projektovanja skladišnih, pretovarnih i transportnih procesa (slika 1), su:

- izbor elemenata sistema (resursa),
- utvrđivanje načina upravljanja i organizacije u sistemu,
- modeliranje i dimenzioniranje elemenata sistema,
- uklapanje izabranih elemenata sistema u tehnološke celine i njihovo dalje uklapanje u širi sistem,
- formiranje potrebnih podloga ostalim projektantima i izvođačima, čiji je rad neophodan za pokretanje procesa.

Navedeni koraci, u sklopu tehnološkog projektovanja, čijom se realizacijom formira tehnološko rešenje, mo-

gu se sprovesti tek pošto se prethodno utvrde zadaci koji se postavljaju pred sistem. Utvrđivanje ovih zadataka nije

čela tehnološkog projektovanja na razvoj racionalnih rešenja skladišta za čuvanje UbS. Kompleksnost procesa

Sl. 1 — Struktura procesa tehnološkog projektovanja

lako, jer oni često predstavljaju više-dimenzionalne veličine. Da bi se mogli na zadovoljavajući način opisati, moraju se, na određenom nivou agregacije, raščlanjavati na elementarne delove koji se dalje nazivaju *tehnološkim zahtevima*. U postupku identifikacije tehnoloških zahteva stepen apstrakcije treba da bude toliko nizak da se nijedan, za odvijanje procesa relevantan zahtev ne ispusti iz vida, jer bi, u suprotnom, izostalo projektovanje elemenata sistema (*tehnoloških elemenata*) koji ga realizuju, čime bi i sam proces bio ugrožen.

Imajući to u vidu, u okviru tehnološkog projektovanja, u procesu razvoja rešenja mogu se razdvojiti dve osnovne međusobno zavisne logičke celine (faze) od kojih svaka sadrži određene specifičnosti, a to su identifikacija i analiza tehnoloških zahteva, i formulacija tehnološkog rešenja.

Specifičnosti tehnološkog projektovanja skladišta za UbS

Posebno značajan i, po svojoj prirodi, veoma kompleksan problem predstavlja proces aplikacije izloženih na-

projektovanja ovih skladišta proizilazi iz činjenice da se radi o sistemima sa veoma složenom strukturom. Naime, reč je o kompleksima koje sačinjavaju:

— prijemno-otpremni punkt sa površinama za prijem i čekanje vozila i saobraćajno manipulativnim površinama,

— mreža internih saobraćajnica koje povezuju skladišne objekte u kompleksu,

— manipulativne površine ispred objekata,

— skladišni objekti sa odgovarajućim sredstvima i opremom,

— transportna i manipulativna sredstva kojima se realizuju transportni i pretovarni zahtevi.

Funkcionisanje skladišta za UbS povezano je i sa odvijanjem specifičnih procesa koji se realizuju, kako u miru, tako i u ratnim uslovima. Reč je, pre svega, o procesima prijema, slanja, manevra i raseljavanja UbS koji su karakteristični jedino za ovu kategoriju skladišnih sistema. Problem je utoliko složeniji što se radi o skladištima za smeštaj i čuvanje materija koje pripadaju KLASI 1 opasnih

materija. Ta činjenica utiče na potrebu ostvarenja adekvatnog nivoa bezbednosti i to, kako u pogledu zahteva za očuvanje zahtevane količine i asortimana UbS, tako i u pogledu bezbednosti okruženja.

Može se zaključiti da je tehnološko projektovanje skladišnih sistema za UbS veoma složeno, jer treba da realizuje bezbedno i racionalno funkcionisanje svih procesa. U procesu projektovanja sa jedne strane, razrešavaju se dileme u pogledu mogućih varijantnih rešenja, a sa druge definišu zahtevi ostalim projektantima, s obzirom na to da u konačnom formiranju rešenja učestvuju stručnjaci različitih profila. *Tehnološko projektovanje skladišta UbS treba shvatiti kao zajedničku kariku koja treba da poveže projektante građevinskog dela i instalacija, stručnjake za tehnologiju skladištenja, pretovara i prevoza, i stručnjake koji će kasnije rukovoditi eksploatacijom.*

Postupci tehnološkog projektovanja skladišta za UbS

Imajući u vidu prezentiranu strukturu skladišnih kompleksa za UbS, može se zaključiti da se tehnološkim projektom ovog sistema moraju definisati rešenja za veliki broj podsistema i definisati sledeće osnovne tehnologije:

- tehnologija prijema i slanja UbS,
- tehnologija skladištenja i manipulacije,
- tehnologija realizacije transportnih lanaca u miru,
- tehnologija raseljavanja i manevra UbS ukoliko je to predviđeno.

Praktična realizacija procesa projektovanja može se predstaviti na način kao na slici 2. Algoritmom su obuhvaćene samo ključne faze procesa pro-

jektovanja, pri čemu se u okviru svake realizuje čitav niz metodoloških koraka.

Prva faza podrazumeva analizu zahtevanog asortimana UbS radi utvrđivanja homogenih klasa, tj. onih koje zahtevaju isti postupak utvrđivanja bezbednosnih rastojanja i isti način čuvanja. Istraživanja koja su realizovana tokom izrade niza projekata skladišnih kompleksa, pokazala su da primena nove klasifikacije UbS predstavlja jednu od osnovnih pretpostavki racionalnog projektovanja, gradnje i rekonstrukcije ovih sistema. Do tada je primenjivanja regulativa definisala jedinstvenu opasnost svih vrsta UbS i četiri grupe kompatibilnosti sa aspekta skladištenja. Međutim, prema klasifikaciji UN koja je, kao osnov, korišćena u procesu izrade tehnoloških projekata, definisane su četiri grupe opasnosti i dvanaest grupa kompatibilnosti. Način proračuna potrebnih bezbednosnih rastojanja takođe je promenjen s obzirom na to da su, primenom nove klasifikacije, definisane grupe različite po načinu dejstva i opasnosti koju predstavljaju u zavisnosti od objekata u kojima se nalaze. Primenom navedenog sistema klasifikacije stvoreni su uslovi za znatno smanjenje potrebnih bezbednosnih rastojanja između skladišnih objekata.

Pored klasifikacije UbS sa aspekta vrste opasnosti, u ovoj fazi potrebno je pristupiti i analizi ostalih karakteristika zadate strukture materija predviđenih za skladištenje. To se, pre svega, odnosi na analizu karakteristika pojavnog oblika i ostalih karakteristika koje su značajne za čuvanje i manipulaciju. Rezultat analize treba da dâ odgovore o mogućim mestima racionalizacije pojavnog oblika UbS i da, na osnovu primene odgovarajućih matematičkih modela, omogući dalju homogenizaciju ovih materija i u pogledu stepena opasnosti.

Druga faza postupka tehnološkog projektovanja skladišnih komplek-

sa, koja obuhvata definisanje optimalne strukture objekata, realizuje se na osnovu sagledavanja zahteva koji su generisani u procesu analize. Proces definisanja optimalne strukture skladišnih objekata sadrži nekoliko osnovnih metodoloških koraka koji podrazumevaju:

— izbor tipskih skladišnih objekata,

— optimizaciju strukture skladišnih objekata, u okviru čega se definišu broj i vrsta objekata za određenu homogenu grupu UbS, kao i potrebna bezbednosna rastojanja između njih,

— definisanje tehnologije skladišnih procesa (način slaganja i manipulacije).

Izbor objekata predstavlja veoma važan korak u okviru koga se, imaju-

Sl. 2 — Osnovni algoritam procesa tehnološkog projektovanja

ći u vidu konstruktivne, bezbednosne i smeštajne karakteristike, opredeljuje za tip objekta koji će se koristiti u skladištu. Praksa korišćenja objekata tipa M i S pokazala se, već na osnovu preliminarne analize, kao izrazito neracionalna i neekonomična. Naime, poređenjem investicija neophodnih za izgradnju skladišnih kompleksa sa objektima tipa S i objektima prekrivenim zemljom tipa U, došlo se do zaključka da su kompleksi sa objektima tipa U znatno jeftiniji. Kako ovaj tip objekata pruža znatno bolje bezbednosne uslove za čuvanje UbS, logično je da njegovo korišćenje predstavlja najracionalnije rešenje. Zbog toga su, u toku realizacije tehnoloških projekata za VJ, upravo ovi objekti kod skladišnih kompleksa koji se grade kao novogradnja, eliminisali sve ostale tipove objekata. Međutim, tokom daljih istraživanja uočene su mogućnosti optimizacije u tipskim objektima za UbS. Uočeno je da se određenim modifikacijama mogu znatno poboljšati smeštajne karakteristike i mogućnosti gradnje ovih objekata.

Suština ideje sastojala se u drugačijem poimanju osnovnog oblika objekta, na osnovu čega je položaj vrata, umesto na čonoj strani, u pravcu ose, premešten na bočnu stranu (slika 3).

Na taj način, gradnjom *tunelskog ulaza*, ekscentrično postavljenog, dobijeno je potpuno novo rešenje koje, u odnosu na prethodno, ima sledeće prednosti:

- formirana su modularna polja različite dužine (pogodna za skladištenje masovnih i UbS u malim količinama),

- postavljanjem radnog prolaza upravno na uzdužnu osu objekta maksimalno se koristi raspoloživa zapremina,

- manipulativni rad sredstava pri realizaciji procesa uskladištenja i iskladištenja mnogo je manji nego u konvencionalnim objektima U tipa,

— gradnja objekata sa bočno postavljenim ulazom zahteva mnogo građevinskih radova na ukopavanju u teren, s obzirom na to da se ovi objekti postavljaju *paralelno* sa izohipsama terena.

Sl. 3 — Izgled U-objekta sa bočnim ulazom
1 — teren, 2 — saobraćajnica, 3 — modularna polja

Navedeni razlozi očigledno govore u prilog potrebe detaljnijeg ispitivanja ovog objekta, posebno ako se ima u vidu mogućnost njegove primene u urbanim zonama, gde je od posebne važnosti cena građevinskog zemljišta, i potreba ostvarivanja bezbednih spoljnih rastojanja.

Nakon izbora tipskih objekata, koji će se graditi u skladišnom kompleksu, potrebno je, u odnosu na zadati asortiman i količinu UbS definisati optimalnu strukturu, broj, namenu i međusobna bezbednosna rastojanja skladišnih objekata. Za potrebe realizacije ovog koraka razvijeno je nekoliko matematičkih modela, među kojima okosnicu čini model optimizacije stukture skladišnih objekata, zasnovan na primeni linearnog programiranja. Optimalna struktura utvrđuje se na osnovu minimalne vrednosti ciljne funkcije.

je koja u sebi objedinjuje: investiciona ulaganja u objekte, puteve i manipulativne površine, vrednost uništenih objekata i UbS (pri napadu i pri spontanjoj destrukciji).

Treća faza postupka tehnološkog projektovanja sadrži niz koraka čiji je zajednički imenitelj definisanje tehnologija realizacije skladišnih, manipulativnih i transportnih procesa u kompleksu. Definisanje tehnologija realizacije procesa u logističkim sistemima podrazumeva izbor tehnoloških elemenata (ljudi, mašine, transportna i manipulativna sredstva, saobraćajne ili manipulativne površine) kojima se realizuju svi utvrđeni tehnološki zahtevi u sistemu. Definisanje tehnologija, tj. razvoj tehnoloških rešenja procesa obuhvata veliki broj aktivnosti kojima se inicira, kreira i uobličava skup varijantnih rešenja. Pri tome, kao polazni osnov, veoma značajnu ulogu ima definisanje preliminarne tehnološke koncepcije, koja, saglasno utvrđenim tehnološkim zahtevima, omeđuje konture prostora mogućih rešenja.

Nakon formiranja skupa primenljivih tehnologija, redukovanog u procesu logičke analize, pristupa se definisanju osnovne koncepcije upravljanja sistemom, dimenzioniranju elemenata, kao i prostornom i tehnološkom uklaпанju elemenata u tehnološki zaokružene celine i širi sistem. Posebno značajan deo ovog koraka jeste proces dimenzioniranja elemenata sistema, što je ujedno najsofisticiraniji i najkompleksniji deo procesa kreiranja rešenja.

U procesu izrade tehnoloških projekata novih skladišta za UbS definisana su međusobno kompatibilna tehnološka rešenja za realizaciju svih procesa u sistemu, pri čemu je inicirana i primena novih sredstava i opreme, kao i uvođenje novih postupaka, metoda i matematičkih modela za dimenzioniranje potrebnog broja i kapaciteta sredstava i radne snage. Sve to realizovano je za uslove funkcionisanja

sistema u dva režima: u miru i u ratu. Treba naglasiti da, s obzirom na specifičnost vojnih skladišta za UbS, sva tehnološka rešenja koja podrazumevaju mehanizovanu manipulaciju moraju biti kompatibilna sa rešenjima manuelne manipulacije, čime se ostavlja mogućnost njihovog paralelnog korišćenja.

Četvrta faza u okviru prezentiranog algoritma osnovnog metodološkog postupka tehnološkog projektovanja novih skladišta za UbS odnosi se na optimizaciju realizacije transportnih lanaca i, s tim u vezi definisanje tehnologija prijema i slanja.

Imajući u vidu da se procesi prijema i slanja UbS realizuju, po pravilu, u mirnodopskim uslovima, logično je da se problem optimizacije razmatra prevashodno prema ekonomskim kriterijumima. Ako se prihvati da transportni lanac predstavlja integrisan i hronološki uređen skup procesa kojima se obezbeđuje prevoz materijalnih dobara od izvorišta do odredišta, logično je razdvojiti tri njegove osnovne faze: opsluživanje tereta pre prevoza, prevoz i opsluživanje tereta na odredištu. Ako se ima u vidu prethodno iznet stav o potrebi optimizacije, baziranoj na ekonomskim kriterijumima, jasno je da praktična realizacija toga zadatka ide u dva pravca. Jedan je izbor skupa mogućih transportnih lanaca, pri čemu je taj skup moguće definisati na osnovu položaja pošiljaoca i primaoca, strukture saobraćajnih veza i pojavnog oblika robe. Na drugoj strani je problem utvrđivanja strukture troškova transportnih lanaca i njihovo kvantifikovanje.

Optimizacija transportnih lanaca, kao prevashodni zadatak operativnog upravljanja, mora biti zasnovana na primeni računarskog programa, radi omogućavanja, u procesu eksploatacije skladišta, u konkretnim uslovima, jednostavnog, pouzdanog, brzog i tačnog izbora najjeftinijeg transportnog lanca.

Iskustva u primeni ovako koncipiranog računarskog programa pokazuju da se radi o izuzetno korisnom *alat*u za operativno upravljanje transportom. Treba napomenuti da se ovaj program može koristiti i za sagledavanje i vrednovanje efekata koji nastaju izgradnjom bilo kog elementa neophodnog za realizaciju nekog od transportnih lanaca (industr. kolosek, luka, ...) ili efekata koji bi bili posledica neke druge racionalizacije (npr. uvođenje paletizacije).

Peta faza postupka tehnološkog projektovanja skladišnog sistema za UbS obuhvata optimizaciju procesa manevra i raseljavanja. Optimizacija ovih procesa orijentisana je na ispunjenje tri osnovna cilja:

- izbor najpovoljnije tehnologije raseljavanja,

- brzu i efikasnu pripremu za raseljavanje kroz određivanje potrebnog broja i vrste angažovanih tehnoloških elemenata koji obezbeđuju da se zadata količina UbS preveze u određenom vremenu,

- stvaranje mogućnosti za operativno upravljanje procesima raseljavanja i manevra.

Navedene ciljeve moguće je realizovati primenom odgovarajućeg simulacionog modela kojim se obezbeđuje praćenje svih relevantnih parametara realnog procesa.

Kako proces raseljavanja podrazumeva i primenu odgovarajućih tehnologija za realizaciju utovarno-istovarnih i transportnih procesa, neophodno je pristupiti njihovom definisanju. Ove tehnologije moraju biti u potpunosti kompatibilne sa tehnologijama ostalih procesa u sistemu kako ne bi došlo do dupliranja kapaciteta i značajnog povećanja troškova sistema kao celine. Na mestima istovara u rejonu raseljavanja treba obezbediti realizaciju zahteva za istovarom u terenskim uslovima.

Primena razvijenog računarskog modela procesa raseljavanja omogućava praćenje: broja vozila na putu do rejonu raseljavanja i broja vozila koja se nalaze na utovaru i u rejonu očekivanja, u skadištu i rejonu raseljavanja.

Realizacija cilja koji se odnosi na pripremu procesa raseljavanja, može se ostvariti utvrđivanjem veze između voznog parka, količine UbS i vremena za raseljavanje. Pri tome je značajno dati odgovore na sledeća pitanja: koliko vozni park treba predvideti, koliko UbS je u datom vremenu moguće prevesti raspoloživim voznim parkom, koliko vreme je potrebno da se konkretna količina UbS preveze raspoloživim voznim parkom? Pored toga, treba istaći da su primenom razvijenog modela ispitivane smeštajne mogućnosti transportnih sredstava (kamiona) za sve vrste UbS. Analiza smeštajnih karakteristika iskorišćena je i za definisanje redosleda (prioriteta) pri mobilizaciji.

Obezbeđenje operativnog upravljanja moguće je realizovati na bazi utvrđenih normi u odnosu na koje se može porediti intenzitet realizacije procesa raseljavanja. Ukoliko se uoče određena odstupanja, tj. poremećaji, moguće je na vreme reagovati (uvođenjem novih vozila, produženjem vremena ili smanjenjem zahtevane količine).

Zaključak

Izložena metodologija tehnološkog projektovanja novih skladišta za UbS primenjena je u izradi većeg broja tehnoloških projekata realizovanih za potrebe VJ. U okviru tih projekata ostvareni su značajni, veoma povoljno ocenjeni rezultati, na osnovu čega se može doneti sud o potrebi i značaju tehnološkog projektovanja ovih sistema. Naime, kvalitet realizacije tehno-

loškog projektovanja ima veoma izražen uticaj na kvalitet, efikasnost, bezbednost i ekonomičnost rešenja. Na taj način projekat tehnologije se pojavljuje kao faktor od čijeg kvaliteta zavisi

visina investicija i troškovi eksploatacije sistema, ali, što je posebno važno, i bezbednost samog kompleksa i smeštenih materijalnih sredstava i okruženja.

L i t e r a t u r a:

- [1] Grupa autora: Tehnološki projekat KB-84, TU SSNO, Beograd, 1985.
- [2] Grupa autora: Tehnološki projekat EČ-84, TU SSNO, Beograd, 1985.

- [3] Grupa autora: Tehnološki projekat AX-84, TU SSNO, Beograd, 1985.
- [4] Grupa autora: Tehnološki projekat OB-84, TU SSNO, Beograd, 1985.