

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

DARIO KAŠTELANIĆ

PRIJEVOZ KEMIKALIJA MOREM

DIPLOMSKI RAD

RIJEKA, 2013.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

PRIJEVOZ KEMIKALIJA MOREM

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Planiranje prijevoza tereta morem
Mentor: dr. sc. Renato Ivče
Student: Dario Kaštelanić
Matični br. studenta: 15479/N
Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

Rijeka, 2013.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	MEĐUNARODNI PROPISI KOJI SE ODOSE NA TANKERE ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA.....	2
2.1.	Međunarodna konvencija o teretnim linijama (LOADLINES)	2
2.2.	Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS).....	3
2.3.	Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (MARPOL)	3
2.3.1.	Knjiga tereta	7
2.4.	Međunarodna konvencija o standardima za obrazovanje, ovlaštenja i obavljanje straže pomoraca (STCW)8	
2.5.	Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenu stanju (IBC)	9
3.	POMORSKO TRŽIŠTE TANKERA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA	13
4.	FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA TEKUĆIH TERETA I NJIHOVA KOMPATIBILNOST.....	17
4.1.	Fizikalna svojstva tekućih tereta	17
4.2.	Kemijska svojstva tekućih tereta.....	17
4.3.	Tvari koje izazivaju koroziju.....	18
4.3.1.	Opća korozija	19
4.3.2.	Lokalna korozija.....	19
4.3.3.	Potpovršinska korozija.....	21
4.4.	Zaštita tankova od korozije	21
4.5.	Kompatibilnost tereta	23
5.	KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA	25
5.1.	Posebni konstrukcijski detalji sukladno BureauVeritas-u	29
6.	SUSTAVI ZA RUKOVANJE TERETOM	31
6.1.	Cjevovodi tereta	31
6.2.	Prijenosne cijevi.....	31
6.3.	Ventili i pumpe tereta	32
6.3.1.	Centrifugalne pumpe.....	33
6.3.2.	Vijčane pumpe.....	35
6.3.3.	Elektromotorni pogon pumpi.....	35
6.3.4.	Posušivanje tankova (stripping)	35
6.3.5.	Hlađenje tereta.....	36
6.3.6.	Sustav zagrijavanja tereta	37
7.	PRANJE TANKOVA TERETA	39
8.	SUSTAV INERTNOG PLINA	42

8.1.	Pročišćivač inertnog plina (eng. Scrubber).....	47
8.2.	Palubna brtva	48
8.2.1.	Mokra palubna brtva.....	48
8.2.2.	Polusuha palubna brtva.....	49
8.2.3.	Suha palubna brtva.....	50
8.3.	Sigurnosni P/V ventil (P/V breaker).....	50
8.4.	Inertiranje tankova	52
8.5.	Mjerni instrumenti	54
8.5.1.	Mjerač tlaka inertnog plina	54
8.5.2.	Analizator kisika.....	55
8.6.	Ventilacija tankova tereta	55
9.	MANIPULACIJA OPERACIJAMA UKRCAJA I ISKRCAJA	56
9.1.	Uvjeti za privez tankera	56
9.2.	Uređaji za rukovanje teretom	56
9.3.	Nadzor nad operacijama i sredstvima veze.....	57
9.4.	Priprema prekrcajne operacije	58
9.5.	Obavljanje operacija.....	58
9.6.	Završetak operacija	59
10.	ZAŠTITA ZDRAVLJA POSADE, SIGURNOSNA OPREMA I PROTUPOŽARNA ZAŠTITA.....	60
10.1.	Protupožarna zaštita	62
11.	ZAKLJUČAK.....	64
	LITERATURA.....	65
	POPIS SLIKA	67
	POPIS TABLICA.....	67

1. UVOD

Tankeri za prijevoz kemikalija vrlo su specifični brodovi zbog kompleksnosti građe i svojstva samih tereta. Često se prevoze eksplozivni, toksični i nagrizaajući (korozivni) tereti poput metanola, sumporne kiseline, kaustične sode i octene kiseline. Upravo zbog toga mnogo se pažnje obraća na tankove tereta i njihovu sposobnost da sačuvaju integritet i čistoću tereta. Problematika ovog diplomskog rada se raščlanjuje kroz jedanaest poglavlja. Uvodna problematika dana je u prvom dijelu rada. Drugi dio diplomskog rada govori o međunarodnim propisima koji se odnose na tankere za prijevoz kemikalija dok se treći dio odnosi na pomorsko tržište tankera. U četvrtom poglavlju govori se o fizikalnim i kemijskim svojstvima tekućih tereta i njihovoj kompatibilnosti, a u petom poglavlju opisane su karakteristike brodova za prijevoz kemikalija. Sustavi za rukovanje teretom opisani su u šestom poglavlju. Sedmo poglavlje se odnosi na sustav za pranje tankova tereta, dok se u osmom dijelu opisuje sustav inertnog plina. U devetom poglavlju opisane su manipulacije operacijama ukrcanja i iskrcanja tereta. Zaštita zdravlja posade, sigurnosna oprema i protupožarna zaštita opisani su u desetom dijelu. Sinteza dobivenih spoznaja do kojih se došlo u diplomskom radu dana je u posljednjem dijelu, tj. zaključku.

2. MEĐUNARODNI PROPISI KOJI SE ODOSE NA TANKERE ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Kemikalije koje se prevoze brodom u razlivenom stanju predstavljaju veliku opasnost za plovidbu i očuvanje morskog okoliša. S obzirom na veliku opasnost, Međunarodna pomorska organizacija (IMO) je posvetila posebnu pozornost i propise brodovima za prijevoz kemikalija. Na sigurnost tankera za prijevoz kemikalija odnose se Međunarodna konvencija o teretnim linijama (LOADLINES), Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS), Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (MARPOL), Međunarodna konvencija o standardima za obrazovanje, ovlaštenja i obavljanje straže pomoraca (STCW), Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenu stanju (IBC). Međunarodni propisi odnose se na konstrukciju i opremu broda, na minimalne kvalifikacije članova posade, na kategorizaciju opasnih tereta prema stupnju njihove opasnosti i dr. Operativne upute sadrže praktične radne postupke i mjere koje valja primjenjivati kako bi se brodom i njegovom opremom rukovalo na siguran način. Brodovi za prijevoz kemikalija moraju također posjedovati Međunarodnu svjedodžbu o sprječavanju onečišćenja (*International Pollution Prevention Certificate, IPPC*) kojom dokazuju da su u skladu s MARPOL Konvencijom, odnosno da mogu poštivati u Konvenciji utvrđene standarde.

2.1. Međunarodna konvencija o teretnim linijama (LOADLINES)

Konvencija se odnosi na ukrcaj tereta, čiji je cilj da se prilikom krcanja tereta uvijek osigura dovoljno visoko nadvođe iznad Plimsolove linije, odnosno da se spriječi prekomjerno uranjanje broda s teretom, ovisno o dobu godine, području plovidbe i gustoći medija u kojemu brod plovi. Zone, područja plovidbe i godišnja doba u kojima se mora poštivati Plimsolova oznaka prilažu se svjedodžbi o teretnoj liniji za brod te svaki brod ima drugačije ucertane oznake tako da se npr. sigurno nadvođe izračunava u ovisnosti od projekta broda i proračuna stabiliteta, od težine i dimenzija njegova nadgrađa, razmještaja otvora između paluba, a u nekim slučajevima i od načina njegova poslovanja ili posebne namjene.

2.2. Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS)

Nastanak konvencije SOLAS bio je potaknut potonućem Titanica. Prvenstveno je bila prilagođena odredbama putničkih brodova, međutim daljnji razvitak tehnologije i porast standarda na brodovima označio je primjenu SOLAS konvencije i na teretne brodove. Radi povećanja sigurnosti brodova, 1974. godine je potpisana peta po redu SOLAS konvencija i ona je danas najvažniji međunarodni instrument o sigurnosti plovidbe na moru. SOLAS konvencija stalno se mijenja i dopunjuje, pa je tako IMO-ov Odbor za sigurnost plovidbe 1986. godine donio Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju, koji je postao pravovaljan 1988. Iste godine postao je pravovaljan i Pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz ukapljenih plinova u rasutom stanju. Temeljem tih pravilnika brodu se izdaju posebne svjedodžbe između kojih je i Međunarodna svjedodžba o sposobnosti za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju (*International Certificate of Fitness for the Carriage of Dangerous Chemicals in Bulk*). Sukladno glavi II/2 SOLAS konvencije koja se prvenstveno odnosi na odredbe o svojstvima glavnog protupožarnog voda, protupožarnu zaštitu, otkrivanje i gašenje požara na tankerima za prijevoz kemikalija mora se također nalaziti oprema za vatrogasce i osobna zaštitna oprema koja mora zadovoljavati najvišim kriterijima glede cjelovitosti i kvalitete. Glava VII SOLAS konvencije koja se odnosi na prijevoz opasnih tereta u dijelu B regulira konstrukciju i opremu brodova za prijevoz opasnih tekućih kemikalija u razlivenom stanju. Od 1986. godine sadržaj VII Glave je upotpunjen posebnim Pravilnikom o brodovima za prijevoz kemikalija u razlivenom stanju (*International Bulk Chemicals Code- IBC*) koji se primjenjuje kao sastavni dio Konvencije SOLAS na sve brodove građene poslije 15. lipnja 1986. godine. [9]

2.3. Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova (MARPOL)

Onečišćenje mora naftom prepoznato je kao veliki ekološki problem već u prvoj polovici 20. stoljeća. Već u to doba mnoge su zemlje počele donositi nacionalne propise kako bi mogle nadzirati prekrcaj nafte u svojim teritorijalnim vodama. Međutim, prva konvencija koja se odnosila na sprječavanje onečišćenja mora naftom donesena je 1954. godine. Njome su uspostavljene zabranjene zone koje su sezale najmanje 50 nautičkih milja od najbliže obale i u kojima je bilo zabranjeno izbacivati naftu ili njezinu mješavinu s više od 100 dijelova nafte na milijun. Iako se ta konvencija bavila onečišćenjem mora naftom, rastuće tržište i daljnji razvoj

zahtijevao je nove mjere zaštite. Kao motiv za tu aktivnost međunarodne zajednice bila je i havarija tankera «*TorryCanyon*», koji se 1967. godine nasukao na ulasku u engleski kanal. Nakon te havarije doneseno je nekoliko konvencija, među kojima i 1973. MARPOL-konvencija (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*). Na međunarodnoj konferenciji o sigurnosti tankera održanoj u Londonu 1978. donesen je Protokol koji čini sastavni dio MARPOL konvencije. Za razliku od konvencije iz 1954., koja regulira sprječavanje onečišćenja mora naftom, MARPOL konvencija regulira sprječavanje onečišćenja svim štetnim tvarima koje se s brodova ispuštaju ili izbacuju, namjerno ili slučajno. MARPOL konvencija se stalno mijenja i dopunjuje. Novosti koje se u tekstu unose, gotovo svake godine, više ne moraju čekati ratifikaciju država. Te novosti automatski stupaju na snagu godinu dana nakon odluke IMO-a, osim ako im se izričito ne usprotivi trećina država koje posjeduju barem polovicu svjetske tonaže. Osim osnovnoga teksta ova konvencija sadržava šest priloga.

Prilog I. – Pravila o sprječavanju onečišćenja naftom

Prilog II. – Pravila za kontrolu onečišćenja tekućim tvarima koje se prevoze tankerima

Prilog III. – Pravila o sprječavanju onečišćenja štetnim tvarima u pakiranom obliku

Prilog IV. – Pravila o sprječavanju onečišćenja fekalijama s brodova

Prilog V. – Pravila o sprječavanju onečišćenja otpacima s brodova

Prilog VI. – Pravila o sprječavanju onečišćenja s brodova posredno zrakom, emisijom sumporova i dušikova oksida

Na brodove za prijevoz kemikalija odnosi se Prilog II. Njegov je sadržaj stupio na snagu 07.04.1987. godine. Sve odredbe MARPOL-a imaju prvenstvenu svrhu da ograniče količinu opasnih tvari koje bi mogle biti ispuštene s brodova u more tijekom redovnih radnih postupaka, odnosno svakodnevne prakse. Opasnost pojedinih tvari (kemikalija koje se brodom prevoze u razlivenu stanju) procjenjuje se u odnosu na biološke skupine u moru, štete za izvore životnih tvari (za hranu iz mora), opasnost po ljudsko zdravlje pri uzimanju na usta, opasnost po ljudsko zdravlje prilikom kontakta s kožom te korištenje mora ili smanjenje prirodne ljepote okoliša. Na osnovi tih kriterija, opasne tekuće tvari razvrstavaju se u slijedeće kategorije:

KATEGORIJA X(A) – obuhvaća one kemijske tvari koje mogu prouzročiti veće opasnosti za morske resurse i ljudsko zdravlje, odnosno koje nanose ozbiljnu štetu ljepoti okoliša. Tu pripadaju aceton-cianohidrin, akrolein, ugljični disulfid, krezoli, naftalin, olovni tetraetil i tetrametil, naftalin te fosfor.

KATEGORIJA Y(B) – obuhvaća one tvari koje mogu prouzročiti stanovite opasnosti za resurse, ljude i okoliš. Tu pripadaju akrilonitril, butiraldehid, ugljični tetraklorid, epiklorhidrin, etildiklorid, fenol, metilklorid, trikloretilen.

KATEGORIJA Z(C) – su tvari koje mogu prouzročiti manje opasnosti. Tu pripadaju acetaldehd, benzin, ksilen, cikloheksan, vinilacetat, monoisopropilamin, pentan, stiren i toulén.

KATEGORIJA OSTALIH SUPSTANCI(D) – predstavlja tvari koje mogu prouzročiti (jedva) zamjetne opasnosti. Tu pripadaju butilakrilat, izopenten, fosforna kiselina, vosak, loj. [1]

Konvencija određuje i posebna područja za koja je potrebna posebna zaštita s obzirom na njihovu ekološku osjetljivost. U posebna područja ubrajaju se: Sredozemlje, Baltičko more, Crno i Crveno more, Arapski zaljev, Sjeverno more i šire područje Kariba. Od ovako stroge zabrane Konvencija ipak odstupa, dopuštajući tankerima manja ispuštanja, ali uz sljedeće uvjete: brod se mora nalaziti izvan posebnih područja, od obale mora biti udaljen najmanje 50 nautičkih milja, mora biti u vožnji, brzina ispuštanja ne smije biti veća od 30 l na 1 nautičku milju te brod mora imati uređaje kojima se kontrolirakoličina i brzina ispuštanja.

Mogućnost ispuštanja opasnih tvari u more ovisi o vrsti (kategoriji) dotične tvari. Slijedeća tablica prikazuje mogućnosti i uvjete za ispuštanja na osnovi Priloga II MARPOL konvencije 1973/78.

Tablica 1: Mogućnosti i uvjeti ispuštanja kemikalija u more

CRITERIA	ANNEX I (OIL)	ANNEX II (CHEMICALS): Pollution Categories			
		A	B	C	D
MAXIMUM QUANTITY ALLOWED TO BE DISCHARGED	1/15000 cargocapacity for „existing“ ships 1/30000 cargocapacity for „new“ ships	Effective lynil	1 m ³	3 m ³	No limit
GEOGRAPHICAL LIMITATIONS	50 miles fromland	12 miles fromland, water 25 m deep			12 miles fromland
SHIP SPEED LIMITATIONS	„enroute“	„enroute“ at least 7 knots			
SLOP TANK CAPACITY	3% ofcargocapacity	None			
OVERBOARD DISCHARGE	Abowethewaterline	Belowthewaterline			Notspecified
ADDITIONAL CARGO	To be „loaded on top“ or dischargedashore	To bedischargedashore			Notapplicable
OTHER	Oilywaterdetectione quipmentrequired	Discharges to beinaccordancewith „proceduresandarrangements“ to bedvelopedby IMO			None

Izvor: TheRevisions to MARPOL Annex II- A PracticalGuide, Intertanko, 2006.

Ispuštanje u more bilo koje tvari Kategorije A strogo je zabranjeno na svim morskim područjima. Kada se opere tank u kojemu su se takve tvari nalazile, tekućina kojom je pranje obavljeno treba se iskrcati u lučki uređaj za prihvata. Ako je na taj način tank ispražnjen, odnosno ako je ostatak tvari Kategorije A u tanku sveden do ili ispod propisanog omjera dopušteno je ispustiti ga u more uz slijedeće uvjete:

- da se prethodno pomiješa s čistom vodom (morem) koja količinski predstavlja najmanje 5% zapremnine toga tanka
- da brod bude u pokretu uz brzinu najmanje 7 čvorova ako ima vlastiti pogon, odnosno najmanje 4 čvora ako je tegljen
- da se ispuštanje obavlja kroz otvore ispod vodene linije vodeći računa o razmještanju brodskih otvora za usisavanje mora
- da se takvo ispuštanje obavlja na udaljenosti od najmanje 12 NM od najbliže obale i dubini mora koja nije manja od 25 m.

Ispuštanje u more svih tvari Kategorije B, odnosno balastne vode, tekućine od pranja tankova ili bilo koje druge mješavine koja sadrži tvari Kategorije B, dozvoljeno je uz ove uvjete:

- da brod bude u pokretu uz brzinu od najmanje 7 čvorova (vlastiti pogon), odnosno 4 čvora (ako se tegli ili potiskuje)
- da postupke i mjere pri takvom ispuštanju odobri državna vlast zastave broda, oni se moraju zasnivati na međunarodnim standardima koje je IMO utvrdila te moraju osiguravati da koncentracija tvari Kategorije B u brazdi broda ne prijeđe omjer 1:1000000 (1 ppm)
- da ukupna količina tako ispuštene tvari iz svakog tanka ili sustava njegovih cijevi nipošto ne prelazi jedan kubični metar ili 1/3000 dio zapremnine tanka
- da se ispuštanje obavlja kroz otvore ispod vodene linije broda vodeći računa o razmještanju otvora za usisavanje mora
- da se takvo ispuštanje obavlja na udaljenosti od najmanje 12 NM od najbliže obale i dubini mora koja nije manja od 25 m.

Ispuštanje u more tvari Kategorije C uvjetovano je uglavnom istim zahtjevima koji se navode i za Kategoriju B osim što su omjeri nešto blaži: maksimalna dopuštena koncentracija u brazdi broda iznosi 10:1000000 (10 ppm), a najveća količina koja se ispušta iz jednog tanka ne smije biti veća od 1/1000 dijelova njegova kapaciteta.

Za ispuštanje tvari Kategorije D traži se slijedeće:

- kretanje broda za brzinu od 7 odnosno 4 čvora
- prethodno razrjeđivanje takvih tvari vodom u omjeru od najmanje 1:10
- udaljenost broda najmanje 12 NM od najbliže obale. [2]

2.3.1. Knjiga tereta

Knjiga tereta vodi se na brodovima većima od 100 BT koji prevoze teret. U nju se upisuju podatci o ukrcanom teretu navodeći: ime krcatelja, ime primatelja, broj teretnice, vrstu i količinu tereta, u koje su tankove bile smještene opasne kemikalije, da li je bilo premještanja kemikalija u druge tankove tijekom plovidbe, broj komada, vanjsko stanje tereta, stanje ambalaže, na koji su način bili oprani tankovi te što je učinjeno s ostacima pranja i dr. Knjigu vodi časnik zadužen za teret odnosno prvi časnik palube, a zapovjednik ovjerava podatke što

ih je prvi časnik unio. Uz knjigu tereta kao dodatak na brodu se mora nalaziti plan razmještaja tereta, to jest grafički prikaz složenoga tereta.

Svaka država u čiju luku uplovi brod za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenu stanju, ima pravo kontrolirati ga i tako provjeravati da li se na brodu zaista postupa u skladu sa svim međunarodno propisanim standardima. Takva se kontrola u načelu svodi na pregled brodskih isprava i knjiga. Ukoliko se u njima zapaze netočnosti ili nedosljednosti, lučke će vlasti pristupiti izravnom pregledu brodskih uređaja, opreme te samog tereta. To će učiniti i ukoliko postoji opravdana sumnja da je brod bio uzročnikom onečišćenja. Ukoliko se brodu dogodi nesreća ili se otkrije nedostatak koji utječe na cjelovitost broda ili učinkovitost, odnosno potpunost opreme za zaštitu okoliša od onečišćavanja uljem, opasnim kemikalijama i štetnim tekućim tvarima zapovjednik ili kompanija mora što je prije moguće izvijestiti priznatu organizaciju koja će pokrenuti postupak utvrđivanja da li je potreban odgovarajući pregled broda. Ako se brod nalazi u luci druge države ugovornice odgovarajuće međunarodne konvencije, zapovjednik ili kompanija će također odmah izvijestiti odgovarajuća tijela pomorske uprave države u čijoj se luci brod nalazi te također zapovjednik ili kompanija mora najbržom telekomunikacijskom vezom izvijestiti pomorsku upravu najbliže obalne države o događajima u svezi s ispuštanjem ili mogućim ispuštanjem ulja, štetnih tekućih tvari (kemikalija) ili štetnih upakiranih tvari što je sukladno članku 154. stavak 1., podstavak 2. te stavcima 2. i 3. Pomorskog zakonika. [3]

2.4. Međunarodna konvencija o standardima za obrazovanje, ovlaštenja i obavljanje straže pomoraca (STCW)

Na preporuku Centralne skupštine IMO-a u Londonu je 1978.g. sazvana međunarodna konferencija na kojoj je prihvaćena Konvencija o standardima za obrazovanje, ovlaštenja i držanje straže pomoraca (*Standards on Training, Certification and Watchkeeping- STCW*). Osnovna je svrha bila osigurati da se u svim državama pomorci obrazuju u skladu s jedinstvenim minimalnim standardima kako bi se na taj način spriječile posljedice propusta i pogrešaka od strane „ljudskog faktora“. Polazeći od činjenice da ljudi uzrokuju oko ¾ pomorskih nezgoda, time se trebala povećati sigurnost života i imovine na moru, a morski okoliš bolje zaštititi od onečišćenja. Prema STCW Konvenciji i njenim prilogima, utvrđeni su standardi za izobrazbu i stjecanje kvalifikacija zapovjednika, upravitelja stroja, časnika u službi palube, stroja i veze kao i nekih drugih članova posade. Posebni uvjeti utvrđeni su za

stjecanje ovlaštenja zapovjednika, časnika i još nekih članova posade na tankerima za prijevoz opasnih kemikalija što je navedeno u Pravilu V/2. Prema pravilu V/2, časnici i oni članovi posade na tankeru za prijevoz kemikalija koji imaju neke posebne dužnosti ili odgovornosti u vezi s teretom i s uređajima za rukovanje teretom, a koji prethodno nisu plovili na kemijskom tankeru, moraju prije preuzimanja svojih dužnosti proći odgovarajući tečaj o gašenju požara. Moraju proći odgovarajući tečaj radi upoznavanja tankera za prijevoz kemikalija kojim se moraju obuhvatiti osnovne mjere i postupci glede sigurnosti i sprečavanja onečišćenja mora, vrsta tereta, različite vrste kemijskih tankera, njihovi uređaji za rukovanje teretom i terminologija koja se rabi na kemijskim tankerima. Također moraju određeno vrijeme na brodu biti pod stručnim nadzorom i primiti instrukcije od iskusnijih kako bi stekli potrebno znanje i pouzdane radne navike (manja kvalifikacija). Zapovjednici, upravitelji stroja, prvi časnici palube i stroja, odnosno sve osobe koje preuzimaju izravnu odgovornost za operacije s teretom na brodu uz naprijed navedene uvjete moraju završiti poseban program obuke koji odgovara takvim dužnostima i koji obuhvaća opću sigurnost na kemijskom tankeru, sustave i mjere protupožarne zaštite, sprječavanje i kontrolu onečišćenja mora, radne postupke i obveze prema odnosnim propisima te posjedovati potrebno iskustvo na tankerima za prijevoz opasnih kemikalija koje odgovara njihovim dužnostima (viša kvalifikacija).

2.5. Međunarodni pravilnik o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenu stanju (IBC)

Svrha Međunarodnog pravilnika o konstrukciji i opremi brodova za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenu stanju (IBC) je povećanje međunarodnih standarda sigurnosti putem utvrđenja tehničkih svojstava i opreme kojima moraju udovoljiti brodovi za prijevoz kemikalija. Zamisao je bila da se način gradnje broda i njegova opremljenost usklade s opasnostima koje su svojstvene takvim teretima. Ukratko, što su tereti opasniji, brod koji ih prevozi trebao bi biti čvršći i otporniji na moguća oštećenja. Pravilnik je 1971.g. usvojila Generalna skupština IMO-a u obliku Rezolucije br. A 212/VII. Istovremeno je svim državama članicama uputila preporuku da od svojih brodara i graditelja brodova zahtijevaju njegovu primjenu. Ako se kupi ili izgradi neki brod koji udovoljava uvjetima iz Pravilnika, država mu je mogla na osnovi pregleda izdati „Svjedodžbu o sposobnosti broda za prijevoz opasnih kemikalija“ koju su druge države bile dužne priznavati. IBC Pravilnik se sastoji od XX glava. Glava I - Pravilnik se primjenjuje na sve kemijske tankere bez obzira na njihovu veličinu pri

čemu se određuju osnovne opasnosti kemikalija koje se odnose na opasnost od požara, opasnost za ljudsko zdravlje, opasnost onečišćenja vode, zraka i morskog okoliša te opasnost od reakcije s drugim kemikalijama i vodom. Nakon pregleda broda izdaje se međunarodna svjedodžba za prijevoz opasnih kemikalija u razlivenom stanju u kojoj je naznačena vrsta broda prema Pravilniku IBC, teretima koji se mogu prevoziti, dodatnim uvjetima i izuzećima.

Glava II – otpornost broda i razmještaj tankova tereta

Glava III – raspored brodskog prostora. Odnosi se na odjeljivanje tankova za teret od strojarnice i prostora za posadu. Osnovni zahtjevi su da tankovi za teret moraju biti strogo odijeljeni od svih prostora za posadu i strojarnice, tankovi s teretom koji reagiraju s drugim teretima moraju biti odvojeni međuprostorom (koferdamom) ili drugim tankom u koji se krca kompatibilan teret te moraju imati poseban cjevovod, pumpe i ventilaciju. Cjevovod tereta ne smije prolaziti kroz prostorije stroja niti kroz prostore za smještaj i rad posade te na cijevima, pumpama i ventilima moraju postojati oznake. Tereti se ne smiju prevoziti u *fore i aftpeaku*. Pristup pumpama mora biti moguć u svakom trenutku te njima mora biti moguće upravljati i daljinski. Balastni tankovi, cijevi, pumpe i ventili moraju biti odvojeni od sustava za teret.

Glava IV – prostor za smještaj tereta. Postoje slijedeće vrste tankova za teret: samostalni tank, ugrađeni tank, gravitacijski tank (tlak do 70 kPa- samostalan ili ugrađen), tank pod tlakom (tlak preko 70 kPa- samostalan).

Glava V – rukovanje teretom. Određuje se izvedba svih uređaja za manipulaciju teretom.

Glava VI – materijali za gradnju tankova i s njima vezanih cijevi, crpki i ventila. Najvećim dijelom se primjenjuje nehrđajući čelik.

Glava VII – nadzor nad temperaturom. Koriste se sustavi za grijanje ili hlađenje.

Glava VIII – uređaji za ventilaciju i degazaciju. Glavna je zadaća cijelog ventilacijskog sustava maksimalno smanjiti opasnost od koncentracije teretnih isparavanja na palubi, prostorima za smještaj i rad posade te u prostorima stroja. Ispušni ventilacijski otvori moraju biti tako izvedeni da ispuh odvede ravno i nesmetano u zrak, ali i da se potpuno onemogućí prodor vode (morske i atmosfere) u teretne tankove. Degazacija predstavlja proces odstranjivanja ili razgradnje (neutraliziranje) otrova/kemikalija sa kontaminiranih predmeta i objekata ili iz raznih sredina (voda, zrak) da bi se odstranilo ili umanjilo njihovo štetno djelovanje. Izvodi se fizikalnim metodama, a češće kemijskim metodama dekontaminacije.

Pri potpunoj degazaciji tanka valja svakako onemogućiti širenje zapaljivih i otrovnih para u okoliš, odnosno stvaranje zapaljivih mješavina u samom tanku. Problem se rješava propisanom snagom puhala, usporavanjem postupka degazacije te praćenjem tlaka i sastava plinova u ispuhu i atmosferi tanka. Cijela je operacija važna i delikatna jer se obično poduzima prije ulaska članova posade u tank radi kakvih neophodnih zahvata.

Glava IX – nadzor atmosfere u tankovima. Odnosi se na inertiranje- ispunjavanje prostora tanka plinom ili parom koji ne dozvoljavaju izgaranje i ne izazivaju reakcije, oblaganje- pjenom, plinom ili parom koji odvajaju teret od okolne atmosfere i materijala, ventilaciju- pojačana ili prirodna i sušenje- koje odstranjuje vodu, vlagu ili vodenu paru.

Glava X – električni uređaji moraju zadovoljavati u pogledima izvedbe, uzemljenja, položaja i zaštitne sklopke.

Glava XI – zaštita od požara i gašenje. Potrebno je voditi računa o kompatibilnosti sredstava za gašenje s teretom. U prostorima teretnih crpki mora biti fiksni uređaj za gašenje požara ugljičnim dioksidom ili halogenim ugljikovodikom, dopunjen automatskim uređajem za uzbunu. U tankovima za teret mora biti fiksni uređaj za gašenje požara pjenom. Dozvoljava se samo jedna vrsta pjene za gašenje, tj. ona koja je kompatibilna s teretima koji se prevoze. Propisuje se minimalna količina raspoložive pjene u odnosu na veličinu teretnih tankova te raspored monitora i vodova protupožarne pjene.

Glava XII – mehanička ventilacija teretnih prostora

Glava XIII – instrumenti se koriste za mjerenje razine tereta, te mogu biti otvoreni- upotrebljavaju se kroz otvore tanka, ali zato izlažu brodsko osoblje izravnom utjecaju tereta i teretnih isparavanja, zatvoreni- nalaze se potpuno zatvoreni u tanku pa ne dozvoljavaju istjecanje sadržaja tanka; očitavaju se kroz zaštićena staklena okna, sustavom plovka ili uz pomoć elektronskih i magnetskih instrumenata, djelomično zatvoreni- ulaze u tank pa stoga prilikom upotrebe mogu izložiti osobe manjim količinama teretnih isparenja ili tekućine koja prodire iz tanka i indirektni- nisu u tanku i neovisni su od njega (vage, mjerači protoka na ulaznom vodu i dr.).

Glava XIV – zaštita osoblja. Za posadu broda korištenje zaštitne opreme predstavlja veliko značenje. Zaštitna oprema se sastoji od velikih zaštitnih pregača, dugih rukavica, odgovarajuće obuće, radnih odijela (kombinezona, tuta) otpornih na kemikalije, maski ili štitova za lice tako da se pokrivaju svi dijelovi tijela odnosno kože. Takva radna odijela i

zaštitnu opremu potrebno je držati na lako pristupačnim mjestima u posebnim pretincima, ali izvan prostora za smještaj posade.

Glava XV – posebni uvjeti –odnose se na rukovanje, održavanje i prijevoz nekih posebnih i delikatnih tereta koji stoga zahtijevaju naročitu opreznost i poseban (individualni) tretman.

Glava XVI – radni postupci. Dije se na postupke pri rukovanju teretom- cargo plan, specifikacija tereta, mjere u slučaju opasnosti.

Glava XVII – minimalni uvjeti. Izloženi su osnovni uvjeti za sigurnost pri rukovanju i prijevozu svakog pojedinog tereta na kojeg se odnosi Pravilnik. To su tablice u kojima je ulazni podatak ime kemikalije (stupac a), a na njega se nadovezuje stupac b- UN broj za raspoznavanje tvari, stupac c- kategorija tvari kao polutanata prema MARPOL-u, stupac d- vrsta opasnosti koja prijeti od takve tvari, stupac e- tip broda kojim se takva kemikalija smije prevoziti, stupac f- vrsta tanka u koji se mora krcati, stupac g- način ventiliranja, stupac h- način intervencije u okolišu tanka, stupac i- izvedba električnih uređaja, stupac j- vrsta mjerača razine tereta, stupac k- vrsta isparenja tereta, stupac l- način gašenja požara, stupac m- materijali za izvedbu, stupac n- neophodnost zaštite dišnih puteva i očiju, te stupac o- eventualni posebni uvjeti prema Glavi XV.

Glava XVIII – popis kemikalija na koje se IBC Pravilnik ne odnosi jer ne predstavljaju veće opasnosti za sigurnost broda, za ljude na njemu i za onečišćenje morskog okoliša.

Glava XIX – propisi za spaljivanje tekućeg kemijskog otpada. Praksa spaljivanja otpadnih kemijskih tvari na moru (posebno organo – halogenih sastojaka i spojeva) je ograničena i zabranjena.

Glava XX – prijevoz tekućeg kemijskog otpada

3. POMORSKO TRŽIŠTE TANKERA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

Svjetsko pomorsko tržište može se definirati kao ukupnost svih brodara i korisnika prijevoznih usluga koji u određenom vremenu nude ili potražuju raspoložive brodske kapacitete radi ugovaranja prijevoza tereta morskim putem po vozarinama koje se formiraju djelovanjem ponude i potražnje te ostalih čimbenika. Prijevoz tekućeg tereta morem na Sredozemlju postoji još od trećeg stoljeća prije nove ere, kada su se tekućine prevozile u amforama. Tekući tereti danas se prevoze posebno građenim brodovima – tankerima. Tanker je brod za prijevoz tekućih tereta kojemu je čitav prostor za teret podijeljen uzdužnim i poprečnim pregradama na nepropusna odjeljenja, koja se nazivaju tankovima. Za ukrcavanje i iskrcavanje tekućeg tereta iz pojedinih tankova tankeri imaju poseban sustav cjevovoda i crpnih uređaja. Prvi tankeri su se pojavili krajem 19. stoljeća i prevozili su naftu iz Meksičkog zaljeva za Englesku. Odat pa do danas, tankeri su prisutni na svim morima svijeta. Tankere možemo podijeliti po veličini i po vrsti tereta kojeg prevoze. Svjetskim tržištem tankera danas se prevoze milijuni tona nafte, naftnih derivata, ukapljenih plinova i različitih kemikalija. Do promjene tradicionalnih odnosa između zemalja izvoznica i uvoznica nafte, naftnih derivata kao i kemikalija i ukapljenih plinova, u posljednjih nekoliko godina dolazi porastom ekonomske zavisnosti različitih nacionalnih gospodarstava uzrokovanim povećanjem umreženosti svjetskog gospodarstva. Brodovi za prijevoz kemikalija su brodovi za prijevoz tekućih kemikalija u razlivenom stanju. Građeni su i opremljeni tako da se smanji opasnost za brod, posadu i okolinu od mogućih opasnosti ili štetnih utjecaja kemikalija. Brodovi za prijevoz kemikalija posebna su vrsta tankera koji prevoze različite vrste kemikalija. Takvi brodovi, nazvani „parcel“ tankeri, slični su po svojoj konstrukciji tankerima za prijevoz naftnih derivata po tomu što istodobno prevoze različite vrste tereta u odvojenim tankovima. Poseban problem kemikal tankera su balastne vode. Naime, u tim su vodama razni mikroorganizmi koji mogu opasno ugroziti biljni i životinjski svijet u novoj sredini. Sve navedeno zahtijeva strogo poštovanje propisa sigurnosti plovidbe tankera, kako onih nosivosti veće od sto tisuća bruto tona, tako i onih manjih za dužobalnicarstvo kemikalija. Tržište tankerskog brodarstva karakterizira oligopsona tržišna struktura. To tržište karakterizira vrlo uska povezanost proizvodnje, prijevoza sirove nafte i naftnih derivata, kemikalija i plina morem, prerade i distribucije od samog početka. Klasičnog odnosa potražnje i ponude gotovo da i nema. Zbog toga tankersko tržište možda nije potrebno nazvati tržištem. Najčešće se raspoloživi kapaciteti angažiraju na način da se ponuda segmentira u skupine i tako se tvore konglomerati, najčešće u time charteru. Gospodarskom krizom se u znanosti o svjetskom

gospodarstvu naziva razdoblje značajnog negativnog razvoja u gospodarstvu. Također, gospodarskom krizom naziva se i postojanje negativnog razvoja i drugih makroekonomskih pokazatelja (npr. razina cijena, zaposlenost, tokovi kapitala). Gospodarska kriza može zahvatiti privredu jedne države ili više njih, može zahvatiti jednu gospodarsku granu širom svijeta, gospodarstvo više država ili cjelokupno svjetsko gospodarstvo. Tako je i došlo do sadašnje krize koja je započela u Sjedinjenim Američkim Državama. Vidno je da se kriza dalje proširila na čitav svijet. Razlozi gospodarske krize su vrlo različiti. S jedne strane to može biti nesklad između ponude i potražnje unutar jedne narodne privrede, i to u pravilu kad potražnja padne ispod razine ponude roba, pa jedan dio roba ostaje neprodan, odnosno ne nađe put do kupca. Jednako tako, nedostatak sirovina (npr. u obliku šoka od cijena nafte) može izazvati suzdržavanje potrošača od kupovine. Svjetsko pomorsko tržište dio je globalnoga tržišta na koje utječu brojni čimbenici, ekonomski, politički, socijalni i mnogi drugi. Zbog njihova utjecaja, pomorsko je tržište iznimno dinamično i podložno promjenama pa je dugoročno predviđanje njegove ponude i potražnje, iako otežano, od velikoga značenja. Tržište tankerskog brodarstva karakterizira labava veza potražnje, ponude i vozarina. To tržište zanimljivo je za istraživanje iz nekoliko razloga: zbog važnosti sirove nafte i derivata, plina i kemikalija za razvoj širenja svjetske privrede kao energenta i sirovinske osnove, zbog neprekidnog procesa širenja proizvođača, prerađivača i potrošača te zbog sve veće konkurencije većih brodova i povećanja kapaciteta cjevovoda. Svjetska potražnja za tankerskim brodskim prostorom definirana je kao količina tekućih tereta koju je netko voljan i sposoban kupiti na tankerskom tržištu tijekom određenog vremena, po određenoj cijeni. Potražnja je određena na temelju ukupne količine tekućeg tereta koja je prevezena u jednoj godini, a izražena je u milijunima metričkih tona. Kada na tržištu tankera vlada mala potražnja za kapacitetima, pribjegava se mišljenju da bi se teretni prostor trebao koristiti kao skladišni prostor za naftu ili derivate. To je alternativni oblik korištenja tankera kojim se ostvaruju i određeni prihodi. Dakako, ti prihodi su znatno manji od onih koje bi brod ostvario u izvornoj primjeni. Međutim, bolje je da u položaju mirovanja tankeri ostaju sve dok se ne stvore povoljni uvjeti za izvorni oblik njihove eksploatacije. [4],[5]

U brodogradilištu Brodotrogir je 10.12.2012. godine obavljena radna primopredaja chemical tankera Allegro za naručitelja SiteamPioneerShippingCo PTE LTD, Singapore. Brod je namijenjen prijevozu kemikalija i naftnih prerađevina nosivosti 46184 DWT, duljine preko svega 182,90 m i širine 32,20 m. Brzinu od 15 čvorova omogućuje glavni pogonski stroj od 8200 kW proizveden u Brodosplitu. Suradnja Brodotrogira s poznatom švedskom tvrtkom

Laurin Maritime traje od 1999. godine, koja se dosad razvila u odličnu poslovnu suradnju i prijateljstvo rezultirajući s jedanaest tankera- Tarantella, Tintomara, Tapatio, Toccata, Tosca, Tambourin, Cavatina, Calypso, Corrido, Amorina i Allegro. U brodogradilištu 3. MAJ je 01.03.2013. godine isporučen tanker istih značajki kao i ranije isporučeni brodovi Palanca Singapur, SaoDomingos Savio koji su sagrađeni za švedsku tvrtku WisbyTankers. Riječ je o tankeru za prijevoz asfalta, nafte i kemikalija duljine 133 metra, širine 23 metra i nosivosti 15000 tona. Na tablici2 prikazan je broj brodova isporučenih u 2012. godini od čega je isporučeno pet brodova za prijevoz kemikalija, dok tablica 3 prikazuje knjigu narudžbi u hrvatskim brodogradilištima sa stanjem na dan 28.02.2013. godine, a iz koje je razvidno da su sveukupno naručena tri broda za prijevoz kemikalija. [6]

Tablica2: Isporučeni brodovi u 2012. godini

Ships delivered in 2012 (December 31, 2012)									
Brodovi isporučeni u 2012. godini (do 31. prosinca)									
No.	Shipyard	Hull No.	Owner	Flag	Type of Ship	dwt	cGT (OECD 07)	Delivered	Name
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Uljanik	489	Uljanik Shipmanagement INC., Monrovia	Croatia	Bulk carrier	51 888	15 564	2012	Stoja
2	Uljanik	498	Azerbaijan State Caspian Shipping Company	Azerbaijan	Wagon carrier	5 398	9 284	2012	Barda
3	Uljanik	499	Azerbaijan State Caspian Shipping Company	Azerbaijan	Wagon carrier	5 400	9 284	2012	Balaken
4	Uljanik	496	Jan de Nul Luxembourg S.A.	Luxembourg	Trailing Suction Hopper Dredger	26 000	18 302	2012	Pedro Alvares Cabral
ULJANIK		4				88 686	52 434		
	3. maj	715	Utkilen Chemitrans AS, Bergen, Norway	Norway	Chemical tanker	9 000	10 745	2012	Rystraum
2	3. maj	PN 13900	Sarens NV, Wolveterm, Belgium	Belgium	Barge	15 563	4 000	2012	Paula
	3. maj	713	Uljanik Shipmanagement INC.	Croatia	Tanker for chemicals and oil products	51 824	24 361	2012	Istra
4	3. maj	720	Pegasus B.V., Dordrecht, Netherlands	Netherlands	Oil tanker / asphalt carrier	8 881	9 430	2012	Bit Redo
	3. maj	716	Wisby Tankers AB, Visby	Sweden	Oil tanker / asphalt carrier / chemical tanker	14 634	14 008	2012	Palanca Luanda
3. maj		5				99 902	62 544		
1	Brodosplit	470	April Marine, INC. Monrovia, Liberia	Croatia	Handmax bulk carrier	51 900	15 640	2012	Solin
Brodosplit		1				51 900	15 640		
1	Brodosplit - BSO	519	Laplaine Management Ltd, British Virgin Islands	British Virgin Islands	Yacht 60 m		3 731	2012	Caspian Star
2	Brodosplit - BSO	520	Brodarstvo, Krilo Jesenice	Croatia	Constructing of the steel hull and superstructure for cruising ship	100	3 151	2012	Naranča
Brodosplit - BSO		2				100	6 882		
	Brodotrogir	323	Amorina Maritime CO. Ltd, Cayman Islands	Liberia	Tanker for chemical and oil products	46 184	22 989	2012	Amorina
	Brodotrogir	324	Sitem Pioneer Shipping CO. PTE. Ltd	Liberia	Tanker for chemical and oil products	46 184	22 989	2012	Allegro
Brodotrogir		2				92 368	45 978		
1	Kraljevica*	555	Transport Desagnes INC., Quebec	Canada	PASSENGER/CARGO VESSEL	1 071	17 573	2012	Bella Desgagnes
2	Kraljevica*	548	Pegasus B. V. AP, Dordrecht, Netherlands	Netherlands	Oil tanker / asphalt carrier	9 015	10 318	2012	Bit Redo
Kraljevica		2				10 086	27 891		
TOTAL		16				343 042	211 369		

* Unfinished vessel

Izvor: Isporučke hrvatskih brodogradilišta, Brodogradnja, 64(2013)1

Tablica3: Knjiga narudžbi (period do 28.02.2013. godine)

Ships on order (As per February 28, 2013) Knjiga narudžbi (stanje sa 28. veljače 2013. godine)								
No.	Shipyard	Hull No.	Owner	Flag	Type of Ship	dwt	cGT (OECD 07)	Delivery
	3. maj	717	Wisby Tankers AB, Visby	Sweden	Oil Tanker/Asphalt Carrier/Chemical Tanker	15 000	13 813	2012
	3. maj	718	Wisby Tankers AB, Visby	Sweden	Oil Tanker/Asphalt Carrier/Chemical Tanker	15 000	13 813	2012
	3. maj	719	Wisby Tankers AB, Visby	Sweden	Oil Tanker/Asphalt Carrier/Chemical Tanker	15 000	13 813	2013
4.	3. maj	PN 13004	Wisby Tankers AB, Visby	Sweden	Barge	2 400		2013
5.	3. maj	PN 13005	Wisby Tankers AB, Visby	Sweden	Barge	2 400		2013
6.	3. maj	PN 1322	Wisby Tankers AB, Visby	Sweden	Barge	2 400		2013
7.	3. maj	PN 1323	Wisby Tankers AB, Visby	Sweden	Barge	2 400		2013
3. MAJ		7				54 600	42 024	
1.	Brodosplit	473	J-5 N.V., Netherlands	Antilles	Heavy Lift Vessel	14 000	12 708	2013
2.	Brodosplit	474	J-5 N.V., Netherlands	Antilles	Heavy Lift Vessel	14 000	12 708	2013
3.	Brodosplit - BSO	522	Providnost, Jesenice	Crotia	Constructing of the steel hull and superstructure for one cruising ship	120		2013
BRODOSPLIT		3				28 120	25 416	
1.	Brodotrogir	327	Sea Sound II	Malta	Passenger Sailing Ship	250	8 301	2014
2.	Brodotrogir	328	Sea Sound II	Malta	Passenger Sailing Ship	250	8 301	2014
BRODOTROGIR		2				500	16 602	
1.	Uljanik	490	Uljanik Shipmanagement Inc., Monrovia	Liberia	Bulk Carrier	52 000	15 564	2013
2.	Uljanik	491	Uljanik Shipmanagement Inc.	Liberia	Bulk Carrier	52 000	15 564	2013
3.	Uljanik	497	Jan De Nul Luxembourg S.A.	Luxembourg	Trailig Suction Hopper Dredger	26 000	18 302	2013
4.	Uljanik	493	JSC Murmansk Trawl Fleet-3, Murmansk	Russia	Stern Trawler	1 000	5 296	2013
5.	Uljanik	492	JSC Murmanseld 2, Murmansk	Russia	Stern Trawler	1 000	5 296	2013
6.	Uljanik	501	State Service Marine RT of Turkmenistan	Turkmenistan	Ferry	2 400	13 759	2014
7.	Uljanik	502	State Service Marine RT of Turkmenistan	Turkmenistan	Ferry	2 400	13 759	2014
ULJANIK		7				136 800	87 540	
TOTAL:		19				220 020	171 582	

Izvor: Isporuke hrvatskih brodogradilišta, Brodogradnja, 64(2013)1

4. FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA TEKUĆIH TERETA I NJIHOVA KOMPATIBILNOST

Tvari se, osim prema agregacijskom stanju, mogu razlikovati još po mnogim svojstvima. Svojstva svih tvari moguće je podijeliti u dvije grupe: na fizikalna i na kemijska. Fizikalna svojstva tvari su sposobnost tvari da se pod određenim uvjetima ne pretvaraju u novu tvar. Topljivost, tvrdoća, magnetičnost i električna provodljivost su fizikalna svojstva tvari kao i talište, vrelište, gustoća i viskoznost. Kemijsko svojstvo tvari jest sposobnost tvari da se pod određenim uvjetima pretvaraju u novu tvar. Kemijska svojstva tvari su: zapaljivost, korozivnost, otpornost na kemikalije.[17]

4.1. Fizikalna svojstva tekućih tereta

U fizikalna svojstva tekućih tvari spada njihov volumen, gustoća - odnos mase i volumena, vrelište koje predstavlja granicu između tekućeg i plinovitog stanja, viskozitet mjeren u stupnjevima Englera predstavlja odnos vremena isticanja određene tekućine iz standardizirane posude i vremena isticanja iste količine vode te higroskopnost koja predstavlja osobinu upijanja vode.

4.2. Kemijska svojstva tekućih tereta

Kemijska svojstva tekućih tereta odnosit će se na ugljikovodike kao spojeve organske kemije, anorganske spojeve i tvari koje izazivaju koroziju jer su to najčešći spojevi koji se prevoze brodovima za prijevoz kemikalija.

Ugljikovodici su spojevi ugljika i vodika, a dijele se na acikličke (alifatske) atome ugljika koji čine lančaste molekule i cikličke atome ugljika koji čine prstenaste molekule. Aciklički atomi ugljika dalje se mogu podijeliti na slijedeće vrste:

Zasićeni (alkani) – atomi vodika su vezani samo jednostrukom kovalentnom vezom. Nisu kemijski aktivni i pri standardnim uvjetima ne reagiraju s kiselinama, bazama ni jakim oksidacijskim sredstvima. Reagiraju samo s halogenim elementima i to samo uz prisustvo vidljive svjetlosti.

Nezasićeni (alkeni) – osim jednostruke veze između atoma ugljika postoji dvostruka kovalentna veza. Alkeni od najznačajnijih fizičkih svojstava imaju niska vrelišta -rastu s

povećanjem broja ugljika, u vodi su netopljivi, topljivi su u nepolarnim otapalima i lakši su od vode.

Alkini – osim jednostruke veze između atoma ugljika postoji trostruka kovalentna veza. Alkini su nepolarni, netopljivi u vodi, topljivi u većini organskih otapala, manje su gustoće od vode, vrelište raste s povećanjem C atoma.

Ciklički atomi ugljika dijele se na karbociklične i heterociklične.

Karbociklični - prsten je građen samo od atoma ugljika, karbocikličnu skupinu možemo dalje podijeliti na zasićene (cikloalkane) gdje su atomi ugljika vezani samo jednostrukom kovalentnom vezom, nezasićene (cikloalkene) gdje osim jednostruke veze između atoma ugljika postoji i dvostruka kovalentna veza i na posljepku aromatski (areni) koji imaju jednostruku i dvostruku kovalentnu vezu u prstenu poredanu naizmjenično.

Cikloalkani su nestabilni jer su kutevi između veza njihovih atoma manji od tetraedarskih pa postoji napetost prstena. Mnogo su stabilniji cikloalkani s pet i šest C atoma.

Heterociklični - u prstenu postoje i drugi atomi osim atoma ugljika.

4.3. Tvari koje izazivaju koroziju

Korozija je proces razaranja konstrukcijskih materijala uzrokovana fizikalnim, kemijskim i biološkim agensima. Procesi korozije metala proizlaze iz energetski neravnotežnog stanja u kojemu se nalaze mnogi metali i legure. Najveći broj metala nalazi se u prirodi (u rudačama) u obliku kemijskih spojeva, oksida, sulfida, karbonata ili silikata. U ovim spojevima energetska razina metala je niža negoli u čistim metalima zato se metali pridobivaju iz rudače uz veliki utrošak toplinske energije. Čisti metali nastoje spontano stupiti u kemijske reakcije s okolinom kako bi se vratili u niže energetske stanje kemijskih spojeva. Primjerice, u prirodi je prisutan željezni oksid i zato se željezo spontano nastoji vratiti u željezni oksid putem mehanizma korozije (hrđanja). Korozija metala se u najvećem dijelu odnosi na elektrokemijsku koroziju s obzirom da metali imaju slobodne elektrone, koji omogućuju stvaranje elektrokemijskih ćelija, osnovnih elemenata korozijskog procesa. Metali mogu korodirati i putem direktnog kemijskog napada kemijskih rastvora ili čak rastaljenog metala. Općenito se korozija metala može podijeliti s obzirom na okolinu (medij) s kojim metal stupa u reakcije, na koroziju u vodenim rastvorima i koroziju s oksidirajućim plinovima. Kemijski tereti mogu prouzročiti koroziju na cijevima, ventilima, crpkama i stjenkama tanka ili dovesti

do razgradnje premaza na tanku. Po takvom djelovanju najjače kiseline su perkloratna, nitratna i kloridna kiselina, a najjače lužine su amini, hidroksid i karbonat. Iz tog razloga se dijelovi broda koji dolaze u doticaj s navedenim kemijskim tvarima izrađuju od legure nikla, kroma i željeza.

4.3.1. Opća korozija

Opća korozija zahvaća čitavu površinu materijala, a može biti ravnomjerna ili neravnomjerna. Ravnomjerna opća korozija tehnički je najmanje opasna jer se proces može lako pratiti i predvidjeti kada treba određeni dio popraviti ili ga zamijeniti s novim. Neravnomjerna opća korozija je puno opasnija. Do opće korozije dolazi kada je čitava površina materijala izložena agresivnoj sredini pod približno jednakim uvjetima s obzirom na unutrašnje i vanjske faktore korozije. Pri odabiru materijala otpornih na opću koroziju, treba uzeti u obzir okolinu u kojoj će se pojedini metal nalaziti te njegovu podložnost općoj koroziji u predviđenim uvjetima. Ovaj oblik korozije kontrolira se korištenjem organskih ili metalnih prevlaka. [18]

Slika 1: Opća korozija



Izvor: Fakultet strojarstva i brodogradnje (2004). Baza korozijskih oštećenja. URL: <http://www.fsb.hr/korozija/prva.php?p=pretrazivanje>

4.3.2. Lokalna korozija

Lokalna korozija napada samo neke dijelove izložene površine, te je ujedno i najrašireniji pojavni oblik korozije. Lokalna korozija se može podijeliti na pjegastu, rupičastu, potpovršinsku i kontaktnu. Pjegasta korozija ograničena je na pojedine veće dijelove površine. Rupičasta korozija je usko lokalizirani oblik korozije koji se događa kada medij koji uzrokuje

koroziju napada materijal i uzrokuje nastajanje malih rupa. To se obično događa na mjestima gdje je zaštitna prevlaka probijena uslijed mehaničkog oštećenja ili kemijske degradacije. Rupičasta korozija je jedan od najopasnijih oblika korozije jer ju je vrlo teško predvidjeti i spriječiti, te relativno teško otkriti, događa se vrlo brzo te prodire u metal bez da uzrokuje vidljivi gubitak mase. Često može doći do iznenadnih havarija mada je gubitak materijala neznatan. To se obično događa na konstrukcijama koje su mehanički opterećene. Rupičastu koroziju je teško mjeriti i predvidjeti jer se pojavljuje u obliku mnogih rupica s različitim dubinama i promjerima, koje se ne pojavljuju pod određenim specifičnim uvjetima. Nehrđajući čelici su najpodložniji rupičastoj koroziji među metalima i legurama. Rupice se na nehrđajućem čeliku pojavljuju u morskoj vodi, te u okolišu koji sadrži visoke koncentracije otopina klora i broma. Poliranjem površine nehrđajućeg čelika može se povećati otpornost rupičastoj koroziji. Također dobar učinak na otpornost rupičastoj koroziji postiže se legiranjem sa Cr, Mo i Ni. Ispravan odabir materijala je iznimno važan u prevenciji pojave rupičaste korozije. Jedan od načina provjere odabranog materijala je i testiranje, odnosno izlaganje materijala okolini. Također je moguće postići smanjenje sklonosti rupičastoj koroziji, smanjenjem agresivnosti korozijskog okoliša. [7]

Slika 2: Rupičasta korozija

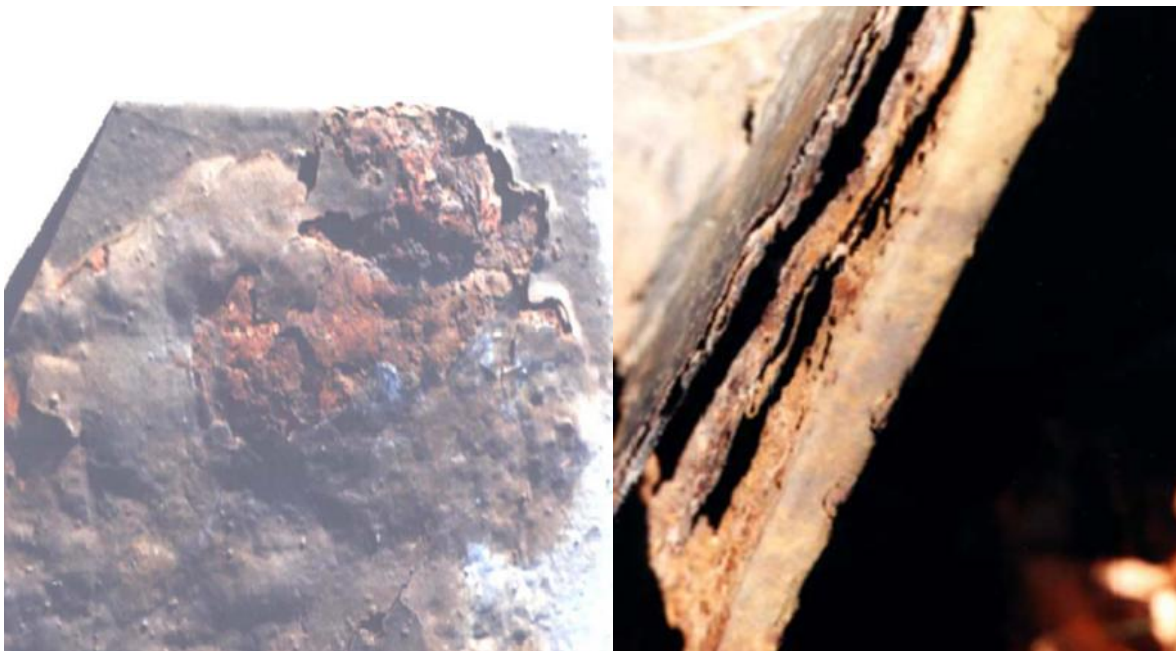


Izvor: Fakultet strojarstva i brodogradnje (2004). Baza korozijskih oštećenja. URL: <http://www.fsb.hr/korozija/prva.php?p=pretrazivanje>

4.3.3. Potpovršinska korozija

Potpovršinska korozija se pojavljuje kada se žarišta rupičaste korozije šire u dubini materijala te ga raslojavaju. Najraširenija je u valjanim metalima u dodiru s morskom vodom i s kiselinama. Na površini materijala pri tome često nastaju mjehuri jer se u njegovoj unutrašnjosti gomilaju čvrsti korozijski produkti kojima je volumen veći od volumena uništenoga materijala.[7]

Slika 3: Potpovršinska korozija



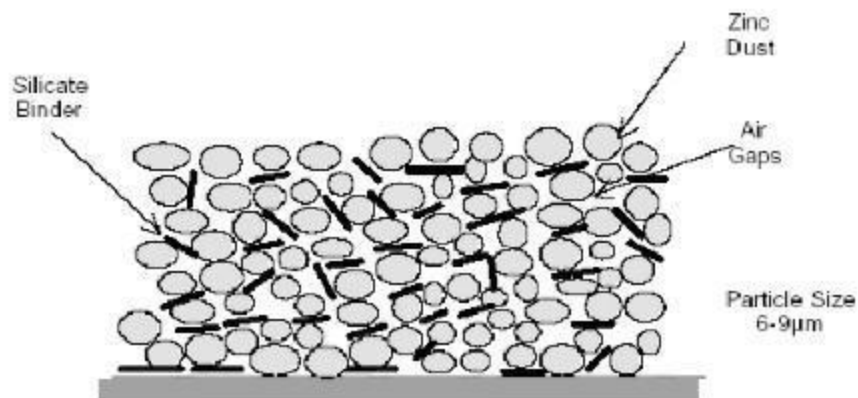
Izvor: Fakultet strojarstva i brodogradnje (2004). Baza korozijskih oštećenja. URL: <http://www.fsb.hr/korozija/prva.php?p=pretrazivanje>

4.4. Zaštita tankova od korozije

Zaštita tankova od korozije može se izvesti gradnjom tankova od nehrđajućeg čelika i bojenjem tankova. Tankovi se mogu u cijelosti izgraditi od nehrđajućeg čelika ili se alternativno može primijeniti tehnika oblaganja ugljičnog čelika s limovima nehrđajućeg čelika. Ipak, nehrđajući čelik nije otporan na sve terete bez ograničenja, stoga proizvođači izdaju listu podnošljivosti tereta s uputama za postupak čišćenja za svaku vrstu čelika. Bojenjem tankova odvaja se čelična površina od tereta zaštitnim premazom, a prednosti bojanja su slijedeće: čistoća tereta, lakše čišćenje površine nakon iskrcaja tereta i lakši pregled površine tankova prije ukrcanja tereta. Za odabir sustava zaštite osnovno je poznavanje liste

tereta, za koju postoje tabele kompatibilnosti u pojedinom sustavu zaštite, pri čemu se ne smije zaboraviti da nijedan sustav zaštite ne osigurava potpunu i sigurnu zaštitu. Za zaštitu tankova za prijevoz kemikalija danas se najčešće upotrebljavaju premazi epoksi smole, cink silikata, poliuretana i fenolne smole. Sustavi zaštite na bazi epoksi smole najčešće se koriste i pogodni su za prijevoz širokog spektra kemikalija, biljnih ulja itd. Sustav se sastoji od tri premaza, rjeđe od dva ili jednog i vrijeme otvrdnjavanja prije dodira s agresivnom tekućinom je između 3 i 17 dana. Sustav zaštite cink silikatnim premazima posebno je pogodan za prijevoz metanola i širokog spektra neutralnih otapala. Nije pogodan za lužnati i kiseli teret i vodene otopine. Proizvode se dvije vrste. Na bazi vode i organskog otapala.

Slika 4: Cink silikatni premaz



Izvor: Fakultet strojarstva i brodogradnje (2004). Baza korozivskih oštećenja. URL: <http://www.fsb.hr/korozija/prva.php?p=pretrazivanje>

Poliuretani su sustav zaštite pogodan za prijevoz širokog spektra kemikalija, otapala i vodenih otopina. Sustav otvrdnjavanja prije dodira sa teretom je od 5 do 14 dana. Fenolni premazi su najotporniji premazi prema djelovanju kemikalija, međutim zahtijevaju obavezno naknadno otvrdnjavanje na višim temperaturama za postizanje pune otpornosti, što je na brodu u izgradnji teško ili nemoguće načiniti.

Da bi tankovi bili u potpunosti spremni za bojanje potrebno je izvršiti određene radove kako bi kvaliteta premaza maksimalno zadovoljila kriterije. Vrlo važna jest glatkoća strukture koja se postiže brušenjem, čišćenjem i uklanjanjem oštih i hrapavih bridova, prskotina od zavarivanja, oštih izdanaka na zavaru itd. Površina tankova čisti se mlazom abraziva do odgovarajućeg stupnja čistoće i hrapavosti. Prilikom bojanja posebno je važno nanošenje dodatnih premaza na sve rubove, ručne zavare itd. [8]

4.5. Kompatibilnost tereta

Opasna reakcija manifestira se porastom temperature za više od 25 °C ili pojavom para (plina) prilikom miješanja dviju tvari. U nekim rijetkim slučajevima, reakcija dviju komponenti (ne mora biti opasna s aspekta porasta temperature ili odnosa tlakova), ali može dati produkt koji je zapaljiviji ili toksičniji od polaznih tvari.

Tablica 4: Tablica kompatibilnosti (opasni tereti)

CARGO COMPATIBILITY	RELATIVE GROUPS																						
	1. NON-OXIDIZING MINERAL ACIDS	2. SULFURIC ACID	3. NITRIC ACID	4. ORGANIC ACIDS	5. CAUSTICS	6. AMMONIA	7. ALPHATIC AMINES	8. ALKANOLAMINES	9. AROMATIC AMINES	10. AMIDES	11. ORGANIC ANHYDRIDES	12. ISOCYANATES	13. VINIL ACETATE	14. ACRYLATES	15. SUBSISTUTED ALLYLS	16. ALKYLENE OXIDES	17. EPCHLOROHYDRIN	18. KETONES	19. ALDEHYDES	20. ALCOHOLS, GLYCOLS	21. PHENOLS, CRESOLS	22. CAPROLACTAM SOLUTION	
CARGO GROUPS																							
1. NON-OXIDIZING MINERAL ACIDS		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		A	E			1
2. SULFURIC ACID	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2
3. NITRIC ACID		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		3
4. ORGANIC ACIDS		X			X	X	X	X	C			X				X	X			F			4
5. CAUSTICS	X	X	X	X							X	X				X	X		X	X	X	X	5
6. AMMONIA	X	X	X	X						X	X	X	X			X	X		X				6
7. ALPHATIC AMINES	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7
8. ALKANOLAMINES	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	B	X				8
9. AROMATIC AMINES	X	X	X	C							X	X						X					9
10. AMIDES	X	X	X			X						X									X		10
11. ORGANIC ANHYDRIDES	X	X	X		X	X	X	X	X														11
12. ISOCYANATES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					D					X		X	12
13. VINIL ACETATE	X	X	X			X	X	X															13
14. ACRYLATES		X	X				X	X															14
15. SUBSISTUTED ALLYLS		X	X				X	X				D											15
16. ALKYLENE OXIDES	X	X	X	X	X	X	X	X															16
17. EPCHLOROHYDRIN	X	X	X	X	X	X	X	X															17
18. KETONES		X	X				X	B															18
19. ALDEHYDES	A	X	X		X	X	X	X	X														19
20. ALCOHOLS, GLYCOLS	E	X	X	F	X		X					X											20
21. PHENOLS, CRESOLS		X	X		X		X			X													21
22. CAPROLACTAM SOLUTION		X			X		X					X											22

Izvor: Komadina, P., Kos, S., Martinović, D., Matković, M., Mohović, R., Vranić, D., et al. Prijevoz kemijskim tankerima sigurnost i zaštita okoliša. Rijeka: Pomorski fakultet Rijeka, 1997.

Postoje različite tablice kompatibilnosti, ali najviše se primjenjuju USCG – tekući tereti vodič za kompatibilnost kemikalija. Za skupinu dviju kemikalija prvo se u obzir uzima abecedni popis, a zatim se ide u tablicu kompatibilnosti, nesigurna kombinacija će se pokazati s „X“, a skupine slova od „A“ do „I“ će pokazati reaktivnost i odstupanja. Tablice 4 i 5 prikazuju tvari poredane u dvije grupe; od rednog broja 1 do 22 svrstane su grupe reaktivnih tereta, a od 33 do 43 su grupe običnih tereta. Za buduća proširivanja grupa, ostavljena su

slobodna mjesta od 23-29 i od 43 na dalje. Reaktivna grupa sadrži tvari koje su kemijski najreaktivnije. Opasna kombinacija može nastupiti između kemikalija reaktivnih grupa i između kemikalija reaktivne grupe i grupe običnih tereta. Grupa običnih tereta sadrži tvari koje su mnogo manje reaktivne. Opasne kombinacije mogu nastupiti jedino s kemikalijama reaktivne grupe. Tvari grupe običnih tereta ne reagiraju opasno između sebe. [9]

Tablica 5: Tablica kompatibilnosti (manje opasni tereti)

CARGO COMPATIBILITY	RELATIVE GROUPS																						
	1. NON-OXIDIZING MINERAL ACIDS	2. SULFURIC ACID	3. NITRIC ACID	4. ORGANIC ACIDS	5. CAUSTICS	6. AMMONIA	7. ALIPHATIC AMINES	8. ALKANOLAMINES	9. AROMATIC AMINES	10. AMIDES	11. ORGANIC ANHYDRIDES	12. ISOCYANATES	13. VINIL ACETATE	14. ACRYLATES	15. SUBSTITUTED ALLYLS	16. ALKYLENE OXIDES	17. EPICHLOROHYDRIN	18. KETONES	19. ALDEHYDES	20. ALCOHOLS, GLYCOLS	21. PHENOLS, CRESOLS	22. CAPROLACTAM SOLUTION	
CARGO GROUPS																							
30. OLEFINS		X	X																				
31. PARAFFINS																							
32. AROMATIC HYDROCARBONS				X																			
33. MISCELLANEOUS HYDROCARBON MIXTURES				X																			
34. ESTERS		X	X																				
35. VINYL HALIDES				X																	X		
36. HALOGENATED HYDROCARBONS		G			H		I																
37. NITRILES		X																					
38. CARBON DISULFIDE							X	X															
39. SULFOLANE																							
40. GLYCOL ETHERS		X										X											
41. ETHERS		X	X																				
42. NITROCOMPOUNDS					X	X	X	X	X														
43. MISCELLANEOUS WATER SOLUTIONS		X										X											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Izvor: Komadina, P., Kos, S., Martinović, D., Matković, M., Mohović, R., Vranić, D., et al. Prijevoz kemijskim tankerima sigurnost i zaštita okoliša. Rijeka: Pomorski fakultet Rijeka, 1997.

5. KARAKTERISTIKE BRODOVA ZA PRIJEVOZ KEMIKALIJA

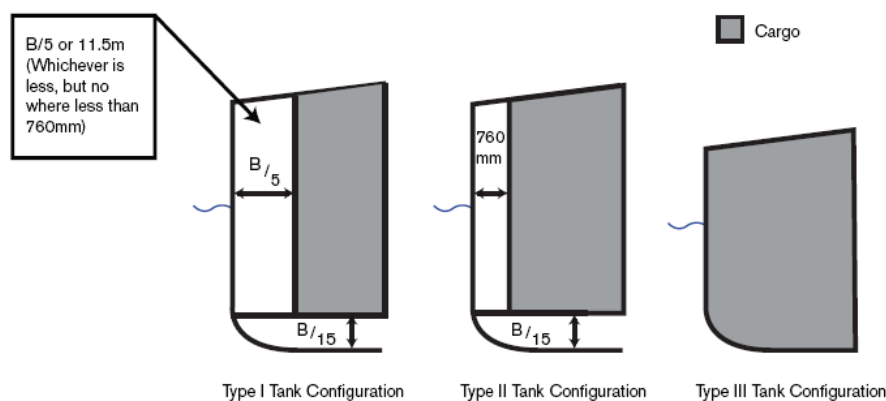
Brodovi za prijevoz kemikalija mogu se podijeliti u tri tipa.

Brod tipa 1 – propisane su maksimalne preventivne mjere. Brod mora biti u stanju izdržati znatna oštećenja od sudara ili udarca na bilo kojemu mjestu njegove dužine. Tankovi za prijevoz tereta moraju se nalaziti izvan mogućnosti znatnog oštećenja. Na vodenoj liniji tankovi tereta moraju se nalaziti na $B/5$, ali na udaljenosti ne manjoj od 760 mm na mjestima gdje se pojavljuju suženja oplata broda.

Brod tipa 2 – određene su stroge preventivne mjere. Brod dužine do 150 metara ili kraći mora biti u stanju izdržati znatnija oštećenja u sudaru ili nasukavanju, osim ako je oštećena pregrada koja odvaja strojni prostor s krmene strane. Brod dužine preko 150 metara mora biti u stanju izdržati znatnija oštećenja bilo gdje na njegovoj dužini kod sudara ili nasukavanja. Tankovi u kojima je teret moraju se nalaziti van područja mogućnosti znatnijeg oštećenja i ne smiju biti bliži oplati od 760 mm.

Brod tipa 3 – primjenjuju se srednje mjere predostrožnosti kako bi bio u stanju izdržati manja oštećenja zbog sudara ili nasukavanja na bilo kojem mjestu na njegovoj dužini (osim ako je oštećenje na pregradi koja odvaja strojni prostor s krmene strane). Brod tipa 3 manji od 125 metara dužine mora biti u stanju izdržati manja oštećenja po čitavoj dužini koja su posljedica sudara ili nasukavanja, osim ako su oštećenja u strojnom prostoru. Sposobnost da izdrži poplavu strojnog prostora treba odrediti odgovorni klasifikacijski zavod. Za tankove ne postoje posebni zahtjevi premda su brodovi s jednom oplatom, građeni su s većim brojem pregrada. [10]

Slika 5: Smještaj tankova tereta ovisno o tipu broda



Izvor: Sustav ukrcanja i iskrcanja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

Posebni zahtjevi IMO-a za brodove za prijevoz kemikalija odnose se na stabilitet u slučaju onečišćenja te dvodna i bočnih koferdama. Na osnovu ovih zahtjeva dužina i širina broda su u odgovarajućem omjeru, tako da brod može udovoljavati raznim varijantama ukrcaja bez potrebe balastiranja. U nacrtima za prijevoz kemikalija unesene su i ispitivane dimenzije koje se odnose na omjer širine/dubine broda (B/D) što je prikazano u tablici 6.

Tablica 6: Odnos širina/dubina kod brodova za prijevoz kemikalija

Dužina među okomicama LBP (metri)	Širina/dubina (B/D)
150-170	1,69-2,23
100-120	1,84-2,09
66-85	1,65-2,26

Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

Ustanovljeno je da brodovi dužine približno do 160 metara s dvodnom ispod srednjeg tanka ne smiju imati B/D manji od 1,7, a brod s kompletnim dvodnom ne manji od 1,8. Brodovi od preko 20 000 tona nosivosti moraju imati omjer B/D približno 1,8 ili još bolje 2,0.

Gustoća tereta koji se prevoze brodovima za prijevoz kemikalija može varirati između 0,65-2,5 g/cm⁻³ pa je vrlo teško odabrati volumen tereta koji utječe na širinu i dubinu broda. Veličina tankova na brodu s posebnim tankovima predviđenim samo za određene terete, ovisiti će neposredno o gustoći tereta. Tanker za prijevoz kemikalija ima ukupan volumen za teret veći od standardnog tankera za prijevoz proizvoda naftnih derivata jer je kod broda tipa 1 i tipa 2 predviđeno dvodno. Omjer ukupnog volumena za teret u odnosu na tone nosivosti broda je 1,3 do 1,45 za veći univerzalni tanker za prijevoz kemikalija. To bi značilo da takav brod od 25 000 tona nosivosti ima teretni prostor od 33000 do 36000 kubnih metara. Da bi se čim više tankova moglo napuniti do 98% volumena prije isplovljenja iz luke treba pažljivo procijeniti koliki je potreban broj tankova. Univerzalni tanker od cca 25000 tona nosivosti ima ukupno 40-50 tankova za krcanje tereta dok pojednostavljeni univerzalni tanker ima samo 27 do 34 tanka pri istoj tonaži. Većina tereta koji su po IMO klasificirani kao potencijalno najopasniji, prevozi se brodovima s posebno građenim samostalnim tankovima, to donekle pojednostavljuje gradnju brodova kraćih od 150 metara. Kod brodova preko 150 metara dužine gdje je više teretnog prostora, problemi povezani s volumenom tankova, broj i njihov poredak, posebno su regulirani strogim propisima.

Sav prostor duž teretnog prostora također utječe na volumen, broj i poredak tankova. Pored toga, svi tankovi moraju biti takvi da mogu izdržati dinamičnu silu koja dolazi od djelomično punih tankova. Tankovi trebaju biti građeni za prijevoz tereta velike gustoće.

Struktura dna kod teretnog prostora može biti jedno dno po cijeloj dužini, dvodno po cijeloj dužini, dvodno kod srednjeg tanka i jedno dno kod bočnih tankova. Kod izbora strukture dna valja voditi računa o slijedećem. Za IMO brod tipa 1 i tipa 2 minimalna visina dvodna treba biti $B/15$ u čemu je B širina broda. Ovo omogućuje prazan prostor kemikalijama koje mogu biti reaktivne na vodu. Brodovi za prijevoz kemikalija trebaju imati odgovarajuće količine čistog balastnog kapaciteta u dvodnu radi trimovanja. To je zato jer mogu biti nejednako krcani da bi udovoljili potrebama separacije tereta, a upotreba prostora dvodna oslobađa od nepotrebnog balastiranja tankova za čisti teret. Ako brod prevozi sirovu naftu, prostor čistog balasta biti će potreban kako bi se izbjegao balast u prostoru u kojem se nalazi malo ulja. Masa praznog broda jednako je bitan činilac koji utječe na izbor strukture dna. Dvodno tankera od 25000 tona nosivosti povećat će masu broda za 500 do 550 tona kroz čitavo teretno područje. Da se nadomjesti izgubljeni volumen zbog dvodna, dubina broda se mora povećati čime se dodaje još 200 do 250 tona ovisno o broju tankova.

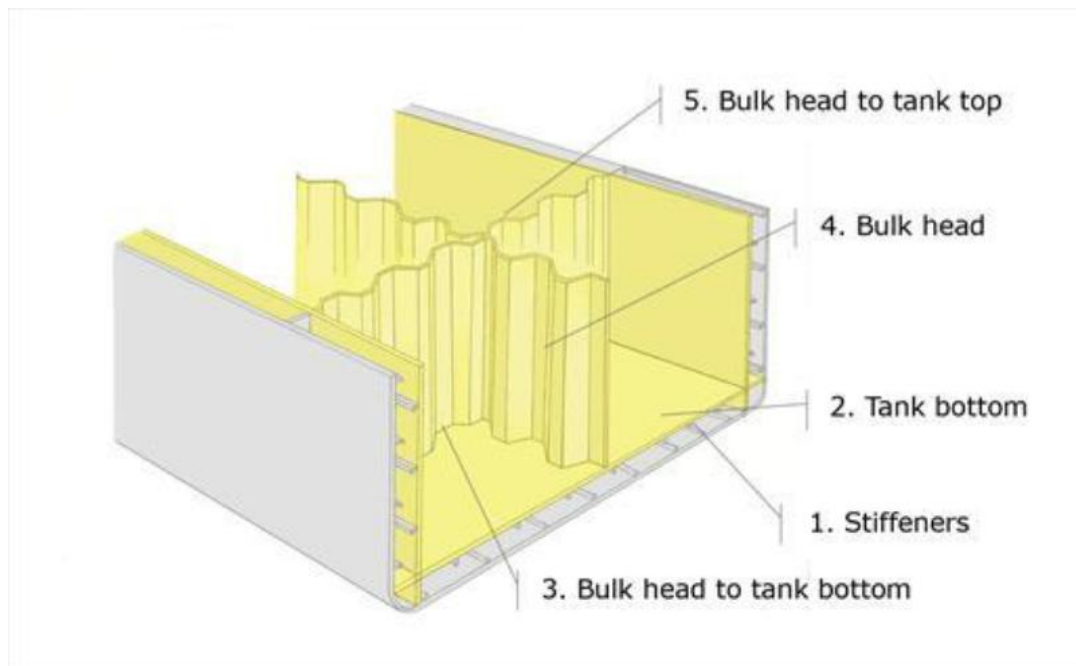
Na brodovima za prijevoz kemikalija koriste se četiri vrste vertikalnih pregrada. Vertikalne valovite pregrade – ovakva pregrada bez poveza je najefikasnija te se može ugraditi u longitudinalnom i transferzalnom smjeru. Tankovi veći od 6 metara dubine obično zahtijevaju pojačanje u obliku horizontalne proveze postavljene simetrično s obje strane valovite pregrade.

Horizontalne valovite pregrade su sve češće na tankerima većim od 5000 tona nosivosti pojačane s vertikalnim ukrepama, premda su postavljene samo u jednom smjeru (obično poprečnom) jer u sklone puknuću na spojevima između dvije horizontalne korugacije na 90° . Da bi se ovo spriječilo, može se postaviti kutija na spoj između dvije korugacije.

Glatke pregrade s horizontalnim pojačanjem – ovo je najčešća pregrada na tankerima za prijevoz kemikalija, naročito kao longitudinalna pregrada s horizontalnim pojačanjem i vertikalnim ukrepama postavljenim na vanjskoj strani pregrade u bočnim tankovima.

Strukturna pregrada ima mnoge prednosti jer omogućuje koferdamu da separira inkompatibilne terete i služi kao efikasna zapreka između dva tereta koji se prevoze na različitoj temperaturi. Ova vrsta pregrada također ima prednost na specijaliziranim brodovima na kojima su tankovi od nehrđajućeg čelika ili su obloženi nehrđajućim čelikom ili gumom. Nedostatak im je visoka ukupna masa, veći troškovi izgradnje i smanjen prostor za teret.

Slika 6: Presjek poprečnih pregrada



Izvor: Sustav ukrcanja i iskrcanja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

Trup tankera za prijevoz kemikalija može biti jednostruk i dvostruk. Na izbor trupa utječe teret koji se prevozi IMO brod tipa 1 zahtjeva razdaljinu najmanje 760 mm od granice tanka do oplata broda (što je vidljivo na slici 5), dvostruki trup omogućuje izolirajući sloj između tereta i vanjskog trupa te odnos mase praznog broda kod dvostruke oplata broda s jednom oplatom je 1,7:1 za visinu tanka od 13,4 metra. Struktura palube na tankeru za prijevoz kemikalija ovisi o teretu, materijalu tanka i oblozi tanka, a može biti:

Jedna paluba s pojačanjem unutar tanka tereta. Ova vrsta konstrukcije se često koristi, premda je površina unutar tanka velika i teška za čišćenje. To se posebno odnosi na tankove s vrlo dubokim okvirima za prijevoz tereta visoke gustoće.

Jedna paluba s pojačanjem izvan tankova tereta. Olakšava čišćenje tankova održavanje strukture, ali smanjuje pristup posadi za vrijeme rukovanja teretom, naročito na manjim brodovima.

Dvostruka paluba s pojačanjem unutar koferdama. Ovo rješenje se ponekad primjenjuje na manjim tankerima za prijevoz kemikalija, da bi površina palube bila slobodna od čelične strukture. [9]

Slika 7: Paluba tankera za prijevoz kemikalija



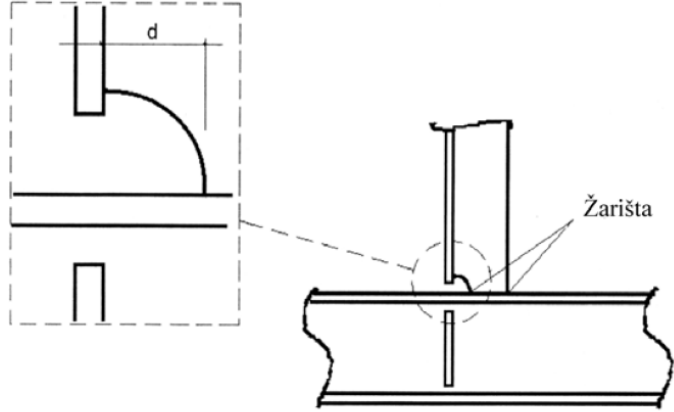
Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

5.1. Posebni konstrukcijski detalji sukladno BureauVeritas-u

Posebne konstrukcijske detalje tankera i brodova za prijevoz kemikalija karakterizira složena geometrija, a često su povezani s visokim ili izmjeničnim napreznjima. Stoga je potrebno posvetiti više pažnje prilikom projektiranja, gradnje (zavarivanja) i nadzora takvih detalja. Provjera zamorne izdržljivosti zahtijeva se za određene grupe konstrukcijskih detalja, ovisno o vrsti broda i području trupa u kojem su smješteni [68, Ch 7, Sec 4]; i to isključivo za brodove duže od 170 metara. Za ove grupe posebnih konstrukcijskih detalja, registar donosi potencijalna mjesta začetka i rasta zamornih pukotina [68, Ch 12, App 1], kao primjer slika 8 donosi detalj spoja uzdušnjaka boka s ukrepom okvirnog rebra kod brodova uzdužno ukrepljenih bokova.[11]

Slika 8: Detalj spoja uzdužnjaka boka s ukrepom okvirnog rebra kod brodova s uzdužno ukrepljenim bokovima [68, Ch 12, App 1]

SVI BRODOVI UZDUŽNO UKREPLJENIH BOKOVA

PODRUČJE 1: Bok broda između $0.7T_B$ i $1.15T$ od osnovke	Spoj uzdužnjaka boka s ukrepama okvirnih rebara - bez koljena	List 1.7
		

Izvor: Tomašević, S., Dinamička izdržljivost brodskih konstrukcija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2003.

6. SUSTAVI ZA RUKOVANJE TERETOM

Za vrijeme operacija s teretom zapovjednik broda ili kvalificirani časnik odgovorni su za sigurnost broda. Da bi manipulacija teretom bila sigurna potrebno je voditi računa o slijedećem: sva oprema za rukovanje teretom mora biti testirana prije uporabe, procedura u slučaju izvanrednog događaja pri manipulaciji s određenim teretom mora biti dostupna svim članovima posade, osobna zaštitna oprema - zavisno o teretu koji se ukrcava/iskrcava mora biti u svakom trenutku spremna za uporabu, sve operacije s balastom i teretom moraju biti zabilježene. Sustavi cjevovoda tereta moraju biti konstruirani na način da se otkloni rizik kontaminacije dva odvojena tanka te da se olakša čišćenje i omogući istovremeni iskrcaj iz više tankova. [9]

6.1. Cjevovodi tereta

Sustavi cjevovoda tereta moraju biti konstruirani tako da se otkloni rizik kontaminacije dva odvojena tanka, da se olakša čišćenje i omogući istovremeni iskrcaj iz više tankova. U sistemu cjevovoda gdje postoji međuveza, između tankova moraju se ugraditi slijepe prirubnice. Za normalnu segregaciju dijela tereta ugrađuju se jednostavne, a za segregaciju inkompatibilnih tereta neophodne su duple slijepe prirubnice ili pomični spojni komadi. Kod segregacije među tankovima zajednički ispusti se moraju zaštititi (blindirati). Materijal brtvi mora odgovarati teretu. Dimenzije i materijali cjevovoda, prirubnica i spojeva su standardizirani. Na tankerima za prijevoz kemikalija nije dozvoljena uporaba ekspanzivnih brtvenica. Ekspanzija cijevi omogućava se na dva načina i to ekspanzivnim petljama- cijev ima vertikalnu ili horizontalnu petlju koja djeluje kao opruga te ekspanzivnim elastičnim elementima. Cjevovodi moraju biti propisno vođeni i usidreni. Zahtjeva se precizna instalacija, rukovanje i inspekcija. Cjevovodi smiju primati na sebe samo aksijalni poriv.

6.2. Prijenosne cijevi

IMO propis zahtjeva pregled prijenosnih cijevi prije upotrebe tlačnim testom. Tlak naprezanja cijevi mora biti najmanje 5 puta veći od radnog tlaka. Mora se pregledati stanje cijevi i električni spoj među prirubnicama. Cijevi se smiju savijati samo prema preporukama proizvođača. Kada se cijevi ne koriste, krajevi moraju biti oklopljeni. Materijal cijevi mora biti kompatibilan produktima kojima služe cijevi.

Slika 9: Montaža cjevovoda na brodu



Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka

6.3. Ventili i pumpe tereta

Svim ventilima tereta mora se upravljati s palube, IMO propis nalaže slijedeći raspored ventila:

- Jedan prekidni ventil s ručnom manipulacijom na svakoj liniji za ukrcaj/iskrcaj. Kod uronjenih pumpi ne traži se prekidni ventil na iskrcajnoj liniji.
- Prekidni ventil na svakom spoju prijenosne cijevi
- Daljinski uređaj za isključivanje svih pumpi tereta i sličnih uređaja.

Na kemijskim tankerima obično se upotrebljavaju slijedeći tipovi ventila: zasuni, kuglasti, leptirasti itd. Pumpe tereta koje se koriste na tankerima za prijevoz kemikalija mogu biti centrifugalne (horizontalne ili vertikalne), te s pozitivnim deplasmanom (vijčane ili klipne). Centrifugalne pumpe imaju malu dobavnu visinu, a veliku potrošnju snage i kapaciteta. Vertikalne možemo podijeliti na visokotlačne za direktan iskrcaj na obalu, niskotlačne za dovod tereta do transfer pumpi na obalu i pumpe na hidraulični pogon. Vrlo je važno da pumpa kod koje se ležajevi podmazuju sredstvom koje se pumpa ne radi na suho, a najopasnije je vrijeme pri kraju iskrcaja. Vijčane pumpe su najčešće za manje tankere, gdje su tankovi male visine. Zavisno o tipu tereta i pumpe, koriste se i različite brtvenice.

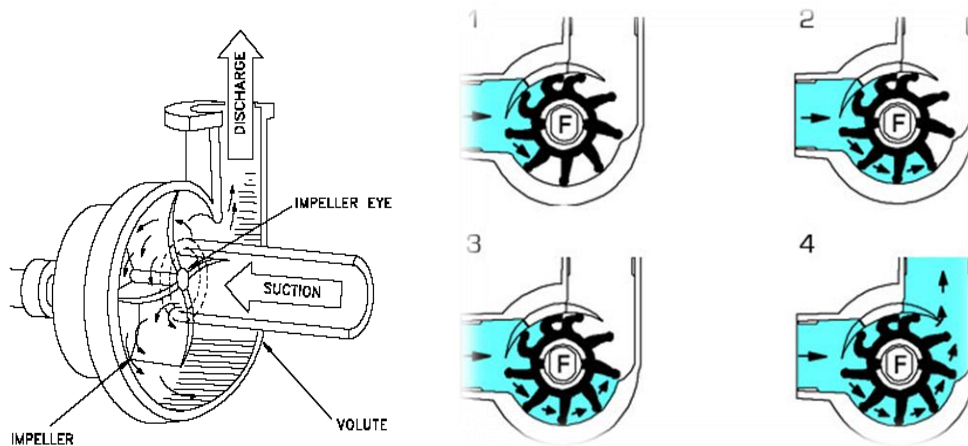
Pumpe tekućeg tereta su većinom centrifugalne pumpe jer udovoljavaju mnogim zahtjevima. Pumpe tereta mogu biti još i vijčane ili stapne, ali samo za manje dobavne količine i za tekućine velike viskoznosti. Centrifugalne pumpe mogu biti pogonjene parnim turbinama, dizelskim motorima, elektromotorima ili hidromotorima. Na tankerima se sustavi ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta izvode u dvije izvedbe, i to sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta

pomoću pumpne stanice te sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta pomoću uronjenih pumpi.[10]

6.3.1. Centrifugalne pumpe

Osnovni dijelovi centrifugalnih pumpi su pogonsko vratilo, koje se spaja s pogonskim motorom, brtvenica koja sprječava da kapljevina izlazi iz kućišta (statora) pumpe u koju je smješten rotor s lopaticama pumpe. Kućište pumpe vezano je prirubnicama s usisnim i tlačnim cjevovodom pumpe. Kod jednostupanjske centrifugalne pumpe tekućina dolazi kroz usisnu cijev u kućište i rotor. Rotor hvata lopaticama tekućinu i mijenja joj smjer iz aksijalnog u radijalni. Centrifugalna sila koja pritom nastaje uzrokuje gibanje tekućine od središta prema obodu rotora. Budući da se tekućina od središta giba prema obodu povećanom brzinom, u središtu nastaje praznina, podtlak pa se na to mjesto usisava nova tekućina. Tlak na usisu pumpe najmanji je i jednak tlaku na kraju usisne cijevi. Tekućina tlačena iz rotora u kućište mora se iz rotora tako usmjeriti da gubici zbog promjene smjera i vrtloženja budu što manji i da se brzina tekućine izazvana centrifugalnom silom pretvori u tlak. Tlak na tlačnoj prirubnici pumpe najveći je tlak u cijelom cjevovodu. Tekućina koja se nalazi u kućištu, potiskuje se u tlačni cjevovod. Centrifugalna pumpa djeluje tako da se vrtnjom rotora s lopaticama tekućini daje velika brzina zbog koje tekućina na izlazu iz lopatica dobiva kinetičku energiju. Kako se proširivanjem presjeka spiralnog kanala brzina tekućine sve više smanjuje, kinetička se energija pretvara postepeno u potencijalnu energiju (tlak) pa tekućina u tlačnom vodu ima znatno veći tlak od onog kojeg je imala u usisnom vodu pumpe. Nastali tlak tlači tekućinu na izlazu iz pumpe kroz tlačnu cijev. Tekućina se pri usisu u rotor u sredini rotora kreće aksijalno u smjeru vratila, a pri potiskivanju iz rotora radijalno na vratilo. Centrifugalna pumpa pri početku rada neće moći usisavati ni tlačiti tekućinu ako njome nije napunjen usisni vod i sama pumpa. Visina tlaka kod centrifugalnih pumpi ovisi o obliku lopatica, promjeru rotora i broju okretaja vratila. Što je promjer rotora i broj okretaja veći, to će i tlak tekućine u tlačnoj cijevi biti veći. Dobavna visina (H) jednog rotora je ograničena pa se kod većih dobavnih visina stupnjevi pumpe moraju spojiti u seriju tako da kapljevina prolazi redom iz jednog rotora u sljedeći pa se ukupni porast tlaka kapljevine ostvaruje u nekoliko stupnjeva što dovodi do zaključka da postoje jednostupanjske i višestupanjske centrifugalne pumpe. [9]

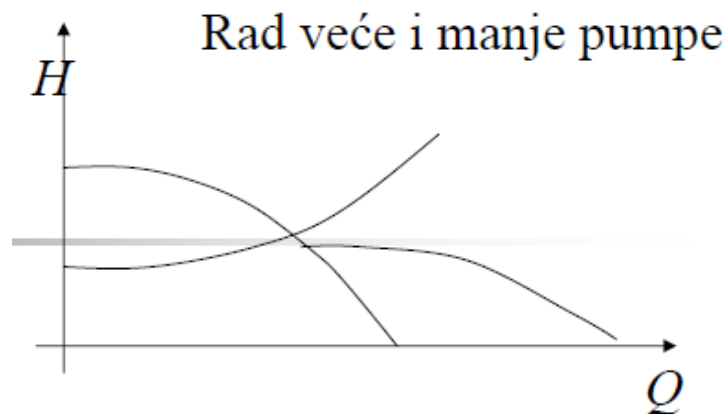
Slika 10: Centrifugalne pumpe



Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka

Da bi se centrifugalna pumpa pustila u rad ona zajedno s usisnim cjevovodom mora biti ispunjena tekućinom jer inače pumpa ne može u usisnom cjevovodu proizvesti potrebni vakuum, a bez njega se tekućina ne može dovesti do rotora pumpe. Ovaj nedostatak centrifugalne pumpe uklanja se na više načina. Može se ugraditi nepovratni ventil ma usisnoj i tlačnoj strani cjevovoda da se pri prestanku rada tekućina ne bi ispraznila iz pumpe i usisnog cjevovoda. Kako su pumpe morske vode na brodu ispod razine mora, nepotrebno je ugrađivati ove ventile. Ukoliko se u usisnom cjevovodu nalazi zrak (plin) centrifugalna pumpa neće sama početi usisavati tekućinu. Uslijed trenja čestica doći će do zagrijavanja pumpe i zraka (plina) što može biti opasno. Zato sve pumpe za opasne terete moraju imati termostate za prekid rada pumpe pri povećanju temperature u pumpi. [10]

Slika 11: Rad veće i manje pumpe

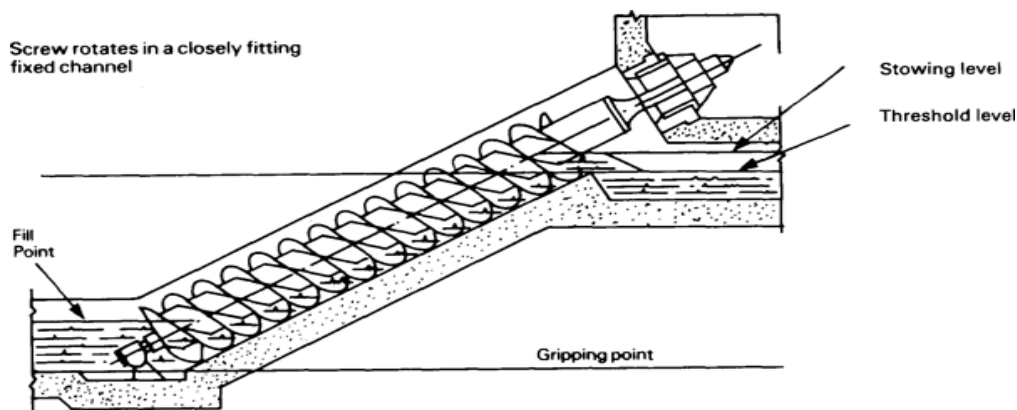


Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka

6.3.2. Vijčane pumpe

Vijčane pumpe sastoje se od 2, 3, 4 ili 5 vretena. Promjena volumena radnog prostora ostvaruje se ulaskom početka navoja jednog vratila u prostor između navoja drugog vratila. Karakteristike vijčanih pumpi su: tihi rad, ravnomjieran protok i tlak, ravnomjieran pogonski moment i širok raspon protoka. Gubici zbog zračnosti relativno su veliki, pa se pumpa u pravilu koristi za niže tlakove. Grade se za male i veoma velike protoke.

Slika 12: Vijčana pumpa



Izvor: Sustav ukrcanja i iskrcanja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka

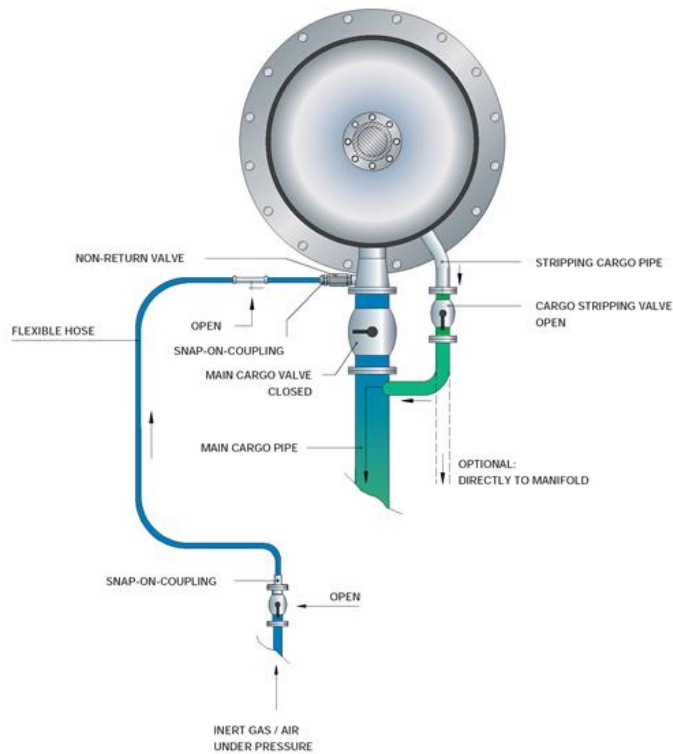
6.3.3. Elektromotorni pogon pumpi

Elektromotorni pogon pumpi manifestira se visokim stupnjem djelovanja, potrošnjom energije u skladu s trenutnim potrebama, elektromotori i generatori ne moraju biti predimenzionirani za terete velike gustoće, mekanim startom pumpi, odvojenim upravljanjem svakom uronjenom pumpom, malim trošenjem mehaničkih dijelova, preciznom regulacijom brzine vrtnje, slabom pojavom kavitacije itd.

6.3.4. Posušivanje tankova (stripping)

Nakon što se tank tereta isprazni otvara se ventil za posušivanje tankova, a glavni ventil tereta se zatvara. Ostatak tereta zaostao u glavnoj cijevi pumpe se potiskuje inertnim plinom ili zrakom kroz cijev za posušivanje tankova u cjevovod za iskrcaj tereta na palubi. Tijekom postupka pražnjenja ostataka tereta iz cijevi, pumpa treba nastaviti s radom sve dok se glavna cijev pumpe ne isprazni. Nakon ovog postupka količina ostatka tereta u zdencu pumpe iznosi od 12 do 50 litara, ovisno o izvedbi zdenca i visini montaže pumpe iznad dna zdenca. [10]

Slika 13: Posušivanje tankova

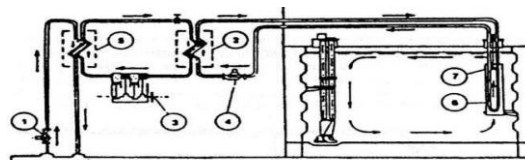


Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka

6.3.5. Hlađenje tereta

Prilikom prijevoza kemikalija, potrebno je vršiti hlađenje tereta da ne bi došlo do njegovog pregrijavanja što može uzrokovati isparavanje tereta odnosno njegovo zapaljenje. Hlađenje se vrši parno-kompresorskim rashladnim uređajima te smjesom vode i glikola što je prikazano na slijedećoj slici.

Slika 14: Princip hlađenja tereta

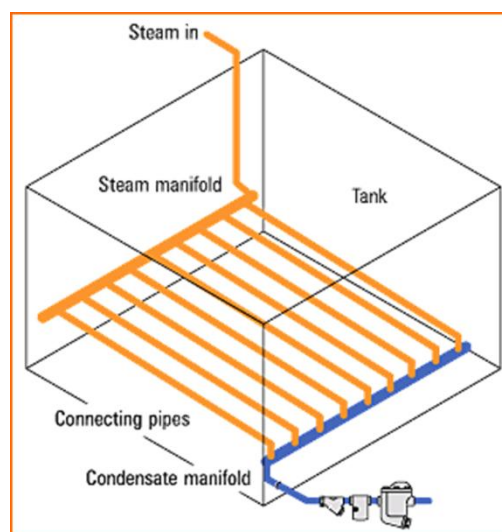


Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka

6.3.6. Sustav zagrijavanja tereta

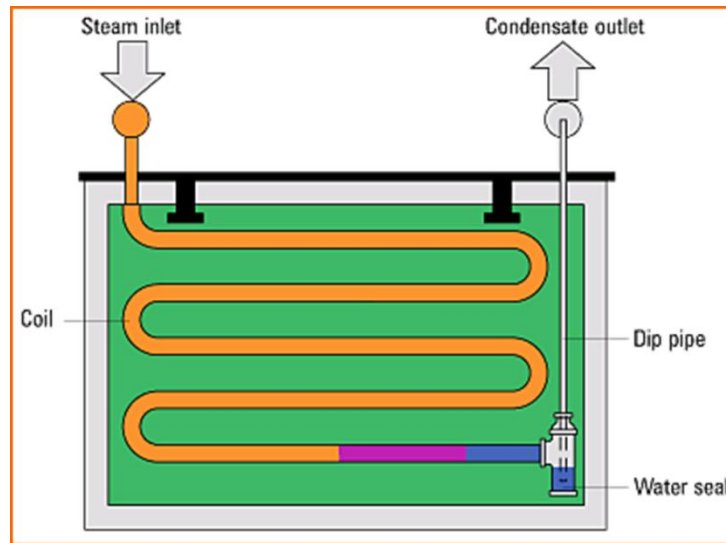
Grijanje tereta na tankerima za prijevoz kemikalija vrši se s ciljem smanjenja gubitaka u cjevovodima pri iskrcaju tekućeg tereta. Sredstvo za grijanje može biti niskotlačna zasićena para, topla voda ili vruće ulje. Sredstvo za grijanje mora imati temperaturu zapaljenja najmanje 60 °C. Temperatura sredstva za grijanje ne smije prelaziti 220 °C da ne bude izvor zapaljenja unutar tanka tekućeg tereta. Grijanje može biti izvedeno cijevima oblikovanim u serpentine i položenima pri samom dnu tanka tekućeg tereta ili grijačem postavljenim na palubi uz kružno protjecanje tekućeg tereta uz pomoć uronjene pumpe u tanku. Cjevovodi za grijanje tereta smiju ulaziti u tankove tekućeg tereta jedino preko pokrova tankova na otvorenoj palubi te se spuštati okomito u tank. Na ulazu i izlazu sredstva za grijanje u tank, potrebno je postaviti ventile. Ako se kao sredstvo za grijanje koristi vodena para, kondenzat je potrebno voditi u poseban tank za promatranje radi mogućeg miješanja tereta i sredstva za grijanje. U svakom od navedenih načina grijanja tereta, mora se održati viši tlak od hidrostatskog tlaka tekućeg tereta unutar tanka. Sustav zagrijavanja tereta na tankerima mora biti u stanju održavati teret pri temperaturi od 44 °C tijekom plovidbe pri predviđenoj brzini broda. Sustav zagrijavanja tereta na tankerima mora biti u stanju povisiti temperaturu u tankovima s 44 °C na 66 °C za vrijeme od 4 dana. Tijekom iskrcaja tereta, u tankovima se održava temperatura od 66 °C pri normalnim uvjetima okoline što predstavlja temperaturu morske vode od 5 °C i temperaturu zraka od 2 °C.

Slika 15: Prikaz cijevi za zagrijavanje tereta u tanku



Izvor: Sustav zagrijavanja tereta. Brodski sustavi, Dio 12. Tehnički fakultet. Rijeka

Slika 16: Prikaz serpentina za zagrijavanje tereta u tanku



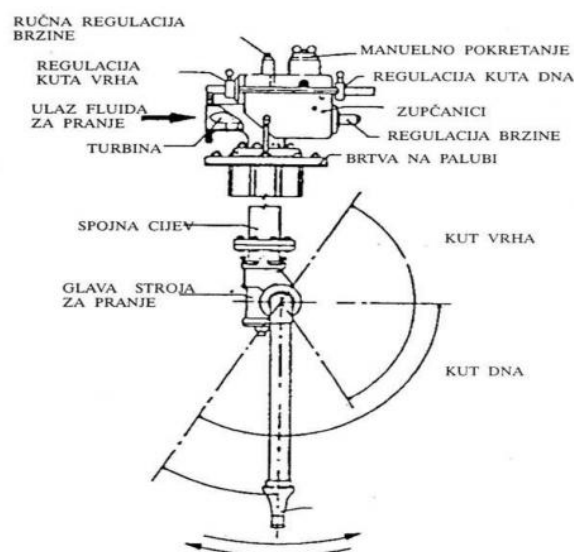
Izvor: Sustav zagrijavanja tereta. Brodski sustavi, Dio 12. Tehnički fakultet. Rijeka

Palubni grijači koji služe za zagrijavanje tereta imaju niz prednosti u usporedbi s grijaćim cijevima. Prednosti se odnose na uštede pri ugradnji, jednostavnije bojenje tanka tereta, jednostavnije pranje tanka tereta, manje korozije u sustavu zagrijavanja (tijekom perioda mirovanja), jednostavna demontaža i ugradnja komponenti tijekom popravka ili održavanja, jednostavni popravci ili održavanje čak i s teretom u tankovima, nema opasnosti od pregrijavanja tereta, jednostavan pregled instalacije, jednostavno čišćenje komponenti sustava zagrijavanja tereta te mogućnost ostvarivanja dobrog miješanja zagrijanog i hladnog tereta u tankovima. [16]

7. PRANJE TANKOVA TERETA

U početcima prijevoza tekućih tereta, nije se razmišljalo o pranju tankova jer se prevozio teret istog sadržaja i iste kakvoće. No ubrzo se uvidjelo da i takvi tereti ostavljaju naslage (sedimente) u tankovima tereta tako da se počelo razmišljati kako taj talog odstraniti kako bi se ukrcalo što više tereta. Čišćenje se odvijalo na način da su ljudi ulazili u tankove s maskama u koje se upumpavao zrak i lopatama se dizalo blato u kantama i bacalo u more. Međutim povećanjem broskog prostora takav način čišćenja je bio nemoguć i spor pa se došlo na ideju da se primjeni pranje morem, a parnim stapnim pumpama se sve to bacalo natrag u more. Daljnjim razvojem i povećanjem tankova i dalje se pralo ručno s gumenim crijevima, ali sa toplim morem i sve se to bacalo u jedan tank koji se drenirao te se na taj način počelo u određenoj mjeri brinuti o ekologiji i zaštiti mora i priobalja. Daljnjim razvojem sustava pranja došlo se do spoznaje da je ručno pranje neadekvatno i teško pa je izumljen uređaj nazvan ButterAparatus, koji se pod pritiskom tlaka mora okretao, a svojim mlazom udarao u stjenke tanka i na taj način prao ostatke tereta. Kasnije se taj aparat usavršavao i povećavao svoju ekonomičnost tako da se i danas koristi u raznim i sličnim sustavima. Danas, pored prijenosnih takozvanih Buttera postoje i fiksni butter aparati čija je primjena ista samo što se prijenosni moraju spuštati ručno na pojedine visine (faze pranja), dok se fiksni butteri programiraju tako da mogu „udarati“ na sve strane pod željenim kutem, a i svaka sekvenca pranja može biti duga koliko je potrebno. [10]

Slika 17: Stroj za pranje tankova



Kad se govori o prijenosnim butterima onda se govori o pranju tankova pri otvorenoj atmosferi i sa količinom kisika u tankovima koja nije bila regulirana, a niti se mogla kontrolirati. Tim složenim ručnim načinom pranja najprije se uvidjelo da strujanjem mora kroz crijevo postoji opasnost od statičkog elektriciteta koji može izazvati eksploziju, pa se onda pristupilo izradi gumenih crijeva (maniga) sa uzdužnom električnom provodljivom žicom koja je bila spojena na butter i na priključak mora preko svoje matice. Kako su se počele događati nesreće, prišlo se daljnjem unapređenju sustava pranja, pa su ugrađeni fiksni butteri kojih može biti i nekoliko komada u jednom tanku, a atmosfera je bila zatvorena, a kasnije i inertirana tako da postotak kisika u tanku nije smio prelaziti više od 8%.

Sustav pranja tankova na brodovima koji prevoze kemikalije temelji se na pranju tankova morem i ispiranjem slatkom vodom.

Za način na koji se tankovi peru postoji niz uputa i teorija, a što zavisi o teretu koji se prevozi. Neke terete nije moguće prevoziti kao npr. White Spirit ako se tankovi ne operu, zatim tretiraju kemikalijama, a nakon toga pare parom iz kotla kao ne bi bilo nikakve kontaminacije klorida na stjenkama tanka. Zato se vrši i posebno ispitivanje na kloride zbog sigurnosti i zaštite tereta kojeg se ukrcava na brod.

Za prijevoz kemikalija tankovi tereta moraju biti čisti odnosno bez korozije. O teretima koji će se prevoziti zavisi kakav brod brodar želi imati. Bez obzira koja se boja koristi za bojanje tankova tereta, proizvođač mora dati listu tereta na koje je boja otporna i temperaturu na koju se pojedini tereti mogu grijati. Danas postoji više vrsta proizvođača boje od kojih je američka boja Marin Line na prvom mjestu i otporna je na preko 140 vrsta tereta, a čak je otporna na neke terete na koje nije otporan ni SUS 616L materijal.

Prijevoz kemikalija ostvaruje se zatvorenim sustavom tankova, a volumen iznad tereta mora biti inertiran (ranije inertnim plinom do max. 01% kisika), a danas se takvi tereti inertiraju dušikom N_2 koji se proizvodi na brodu, a pored toga postoje i boce s dušikom pod tlakom 220 bara, sadržaja cca 12 litara koji se ekspandira i pokriva površinu tereta u tankovima. Sve su veći zahtjevi tako da se i sam tank prije ukrcaja mora inertirati dušikom. Brod dolazi na terminal inertiran, i u takvom stanju ukrcava teret i prevozi ga do iskrcajne luke. U tijeku puta ako u kojem slučaju padne tlak inerta, onda se inertnim generatorom tankovi nadopunjuju ili se dušik nadopunjava iz skladišnih boca. Samo inertiranje se može obaviti i na terminalu prije ukrcaja tereta, zatim slijedi nadopuna iz boca dušika za vrijeme putovanja, a na iskrcaju se ponovno spaja na terminal koji upuhuje dušik u tank i cijelo

vrijeme iskrcaja zadržava atmosferu inertnom. Nakon pranja tankovi su posušeni i izventilirani kako bi čovjek mogao ući u tank i posušiti cijeli tank krpama, uz prethodno dreniranje svih cijevi i pumpi koje su u tanku. Nakon toga se tank zatvara, inertira do momenta dok se ne počne ispuštati plin na PV-ventilima. Obično trebaju 3-4 izmjene dušika da bi se sa sigurnošću utvrdilo da je razina kisika pala ispod 8%, a što opet ovisi o teretu koji se prevozi. Nakon formalnosti i uzimanja uzoraka atmosfere u tankovima započne se ukrcaj – tzv. ukrcaj jedne noge (*One Foot*) nakon čega se uzima uzorak i analizira je li teret kontaminirao sa vodom ili nekim drugim sadržajem te da li je promijenio boju, što može biti uzrokovano korozijom u tankovima ili kontaminacijom prethodnog tereta.

Nakon takve analize i zapečaćenih uzoraka nastavi se krcanje do potrebne količine i uzimaju se ponovno uzorci koji se pečate i brod napušta luku ukrcaja.

Sva procedura na iskrcaju je ponovljena: uzima se uzorak tereta provjerava se kakvoća i promjena boje nakon čega započinje iskrcaj. Iskrcaj zavisno o terminalu biva konstantno inertiran ili se iskrcaj vrši na način da se atmosfera popunjava s zrakom preko PV ventila.

8. SUSTAV INERTNOG PLINA

Plin koji ne gori i ne podržava gorenje naziva se inertni plin. Dušik je pravi inertni plin, dobiva se iz zraka frakcijskom destilacijom kisika i dušika. Dušik, kao specifično lakši, ide na površinu spremnika, a kisik u tekućem stanju pada na dno spremnika. Dobivanje dušika direktno na brodu bilo bi neprikladno i skupo, zato se tražio plin koji se upotrebljava kao inertni te se može dobiti na brodu.

Inertni plin može se dobiti iz brodskih pomoćnih kotlova, iz generatora inertnog plina, kombinacijom generatora inertnog plina i ispušnih plinova dizel – generatora. Za spremanje čistog dušika na kemikal tankerima potrebni su specijalni spremnici jer se čisti dušik ne proizvodi na brodu. U inertnom plinu iz kotlova i drugih ložišta udio CO_2 može kemijski reagirati s određenim kemikalijama i na taj način ih „pokvariti“. Da se to ne bi desilo provodi se inertiranje čistim dušikom (N_2).

Inertni plinovi i plemeniti plinovi nisu sinonimi za iste plinove premda se u nekim svojstvima podudaraju. Plemeniti plinovi nazivaju se inertnima samo u situacijama kada se promatraju jednoatomni ili vešeatomni plinovi s aspekta inertnosti u kemijskim reakcijama. Inertni plin je svaki plin koji nije reaktivan pod „normalnim“ uvjetima. Za razliku od plemenitih plinova, inertni plin nije nužno elementaran i često je smjesa višeatomnih plinova. Sklonost plemenitih plinova da ne sudjeluju u kemijskim reakcijama potječe od valencija, koje su popunjene u najudaljenijoj elektronskoj ljusci, što je svojstvo i ostalih inertnih plinova. To je sklonost, ali ne i pravilo jer plemeniti i inertni plinovi pod određenim okolnostima mogu reagirati i tvoriti nove spojeve. Premda se pojam „rijetki plinovi“ ponekad koristi kao sinonim za plemenite plinove, oni se zaista rijetko pronalaze u Zemljinoj atmosferi (u zraku), s izuzetkom argona koji ima značajan udio u smjesi zraka, odnosno oko 0,934%. Zbog svoje nereaktivnosti i relativne oskudnosti plemeniti plinovi nisu bili poznati sve dok nije otkriveno da na suncu ima helija u izobilju, što se dogodilo prije njegovog otkrića u Zemljinoj atmosferi. Helij i neon su jedini pravi inertni plinovi jer ne tvore nijedan (do sada poznati) kemijski spoj, za razliku od nekih težih plemenitih plinova (argon, kripton, ksenon i radon). U primjeni u pomorstvu i brodskom strojarstvu, inertnim plinovima smatraju se plinovi s niskim sadržajem kisika koji se koriste za popunjavanje praznog prostora u i oko tankova tereta zbog zaštite od eksplozije. U uporabi su dvije vrste plinova koje se temelje na dušiku ili dimnim plinovima.

Opći zahtjevi za sustav inertnog plina odnose se na:

- Provjetravanje i odušivanje tankova tekućeg tereta vrlo je važno tijekom prijevoza te ukrcaja i iskrcaja tereta, a može se podijeliti na sljedeće funkcije
 - održavanje pretlaka ili podtlaka tijekom plovidbe broda (ispuštanjem manjih količina mješavine zraka i para)
 - održavanje pretlaka ili podtlaka tijekom ukrcaja ili iskrcaja tereta (ispuštanje velikih količina mješavine zraka i para)
- Pretlak/podtlak u tankovima treba se održavati u sljedećim granicama
 - pretlak ne smije biti viši od 0,2 bar od atmosferskog tlaka
 - podtlak ne smije biti niži od 0,07 bar od atmosferskog tlaka
- Za provjetravanje tankova i odušivanje tijekom ukrcaja/iskrcaja mogu se koristiti otvorene cijevi postavljene na visini ne manjoj od 4 m iznad palube. Umjesto otvorenih cijevi mogu se koristiti posebni ventili za provjetravanje (P/V ventili – *Pressure/Vacuum*) kroz koje brzina protoka ne smije biti manja od 30 m/s. U tom slučaju visina iznad palube ne smije biti manja od 1,8 m.
- Inertni plin za tankove tereta ne smije sadržavati više od 5% kisika po zapremnini, za bilo koju količinu dobave kroz glavni cjevovod inertnog plina
- Temperatura inertnog plina na ulazu u štice prostora mora biti:
 - za tankove tereta – najviše 65°C
 - za prostore za suhi teret – najviše 50 °C
- SOLAS konvencija zahtijeva da inertni plin bude doveden do tankova tereta u količini koja je barem 125% od najvećeg ukupnog kapaciteta pumpi tereta, pri iskrcaju tereta, izraženo zapreminski
- Zahtijeva se ugradnja dva ventilatora koji moraju biti u stanju ispuniti gornji zahtjev
- Različiti proizvođači opreme primjenjuju specifične pristupe i izvedbe ventilatora koji su prihvatljivi sve dok ispunjavaju zahtjev od 125% kapaciteta iskrcaja tereta
- Neki brodovi imaju po jedan veliki i jedan manji ventilator pri čemu se veći ventilator koristi kod ukrcaja, odnosno iskrcaja tereta, a manji ventilator samo za nadopunjavanje tankova tijekom plovidbe
- Nedostatak gore opisane izvedbe pojavljuje se u slučaju kvara većeg ventilatora pri čemu se koristi manji ventilator sve dok se veći ventilator ne popravi. U tom

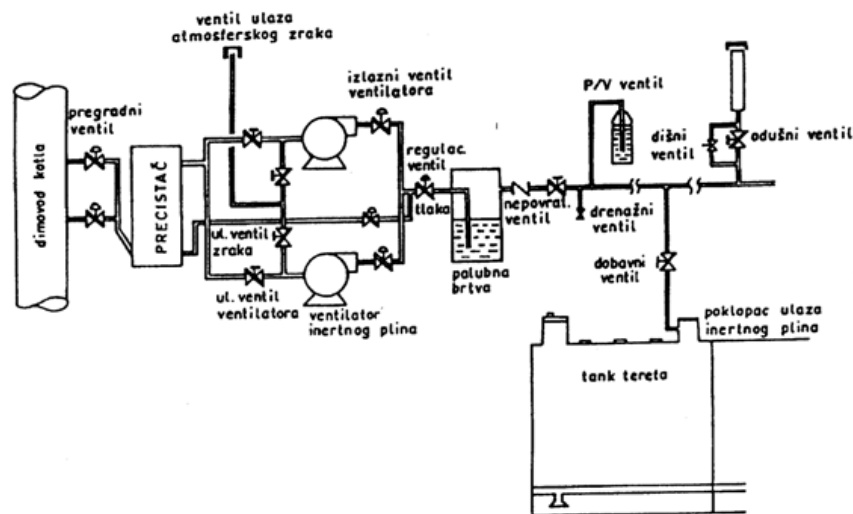
periodu, kapacitet ukrcaja/iskrcaja tereta mora biti prilagođen kapacitetu manjeg ventilatora na način da budu zadovoljeni svi sigurnosni uvjeti

- Čest je slučaj da su u sustavu inertnog plina ugrađena po dva velika ventilatora jednakog kapaciteta koji rade naizmjenice. U tom slučaju nema poteškoća ako se jedan od ventilatora pokvari
- Pri projektiranju ovih sustava potrebno je predvidjeti dovoljan prostor oko uređaja zbog njihovog čišćenja i održavanja, potrebno je obratiti pozornost na odabir odgovarajućih materijala, smještaj cijevi, drenažu itd.
- Napor ventilatora mora biti dovoljan za svladavanje padova tlaka na pročišćivaču, vodenoj brtvi i pri strujanju kroz cjevovode do tankova tereta.

Sustav inertnog plina sastoji se od sljedećih osnovnih elemenata (faza):

- Proizvodnja inertnog plina – inertni plin može se dobiti i ispuha glavnih pogonskih motora, dimnih plinova broskog generatora pare ili iz posebnog postrojenja za proizvodnju inertnog plina
- Pročišćavanje inertnog plina – provodi se u pročišćivaču koji pročišćava i hladi plinove štrcanjem morske vode tijekom njihovog prolaska kroz kućište pročišćivača. Plinovi napuštaju uređaj kroz odvlaživač na vrhu
- Transport inertnog plina – omogućuju ga dva ventilatora koja tlače inertni plin kroz nepovratni „mehanizam“. Uređaj za nadzor tlaka održava potreban tlak inertnog plina te isključuje sustav u slučaju pojave kvara
- Nepovratni „mehanizam“ – sastoji se od nepovratnih ventila i palubnih ventila koji sprječavaju povrat ugljikovodika iz tankova tereta prema ispuhu pogonskih motora ili generatora pare. Od ove točke, inertni se plin cjevovodima odvodi prema tankovima tereta. [10]

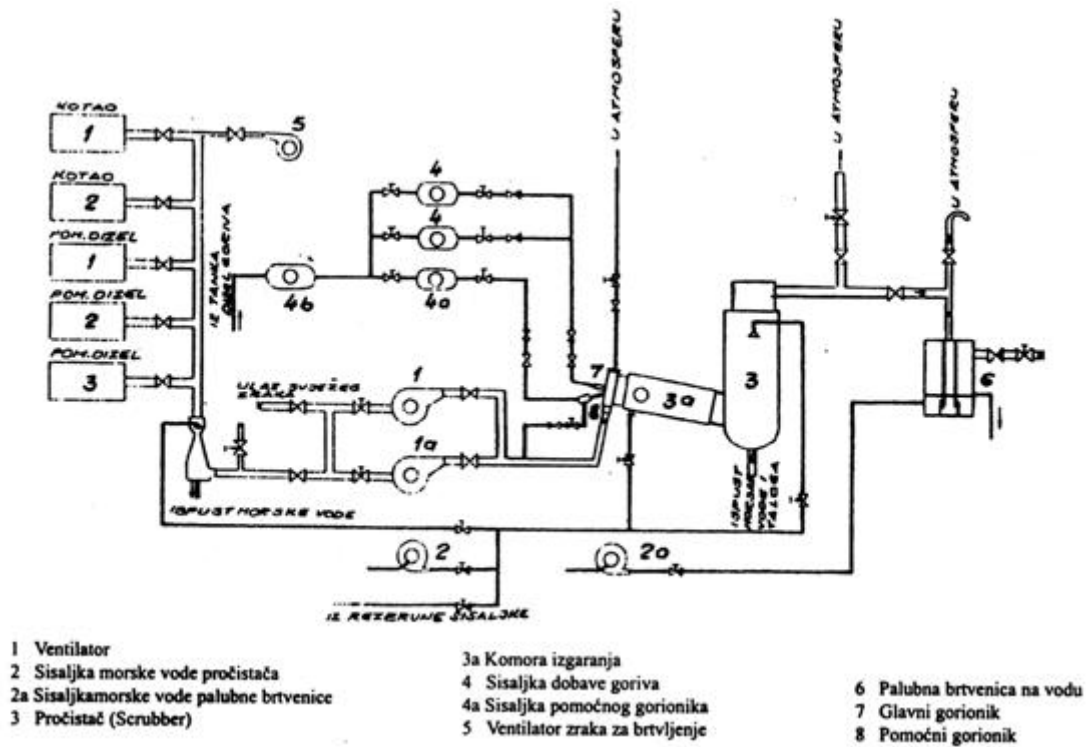
Slika 18: Sustav inertnog plina



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

Iz dimovoda kotla plin se dovodi u prečistač samo ako je postotak kisika manji od 5%. U prečistaču se plinu odstranjuju krute čestice i sumpor te smanjuje temperatura ispod 50°C. Ovaj postupak u prečistaču obavlja se pomoću raspršenog mlaza morske vode koji permanentno cirkulira. Obradeni inertni plin usisava ventilator i tlači ga na odgovarajući tlak. Regulacijski ventil reagira na parametre tlaka, temperature i postotak kisika. Na palubi se ugrađuju dva nepovratna ventila koji nisu sigurni zbog neadekvatnog brtvljenja, zato se umjesto jednog nepovratnog ventila ugrađuje palubna vodena brtva koja je sigurna i zamjenjuje nepovratni ventil. Stupac vode u palubnoj brtvi svojim statičkim tlakom ne dopušta povratak plinova iz tankova tereta prema strojarnici. Na liniji inertnog plina nalazi se pretlačni vakuumski ventil koji štiti tankove od pretlaka ili podtlaka. Na istom cjevovodu nalaze se usisno – tlačni dišni regulacijski ventili. Svaki teretni tank spojen je s linijom inertnog plina preko zapornog dobavnog ventila. Uslijed propuštanja cjevovoda ili ventila može doći do pada tlaka inertnog plina u tankovima tereta. Uzrok varijacijama tlaka mora biti i u klimatskim uvjetima plovidbe broda.

Slika 19: Kombinirani sustav inertnog plina



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

Slika 20: Uredaj za proizvodnju inertnog plina

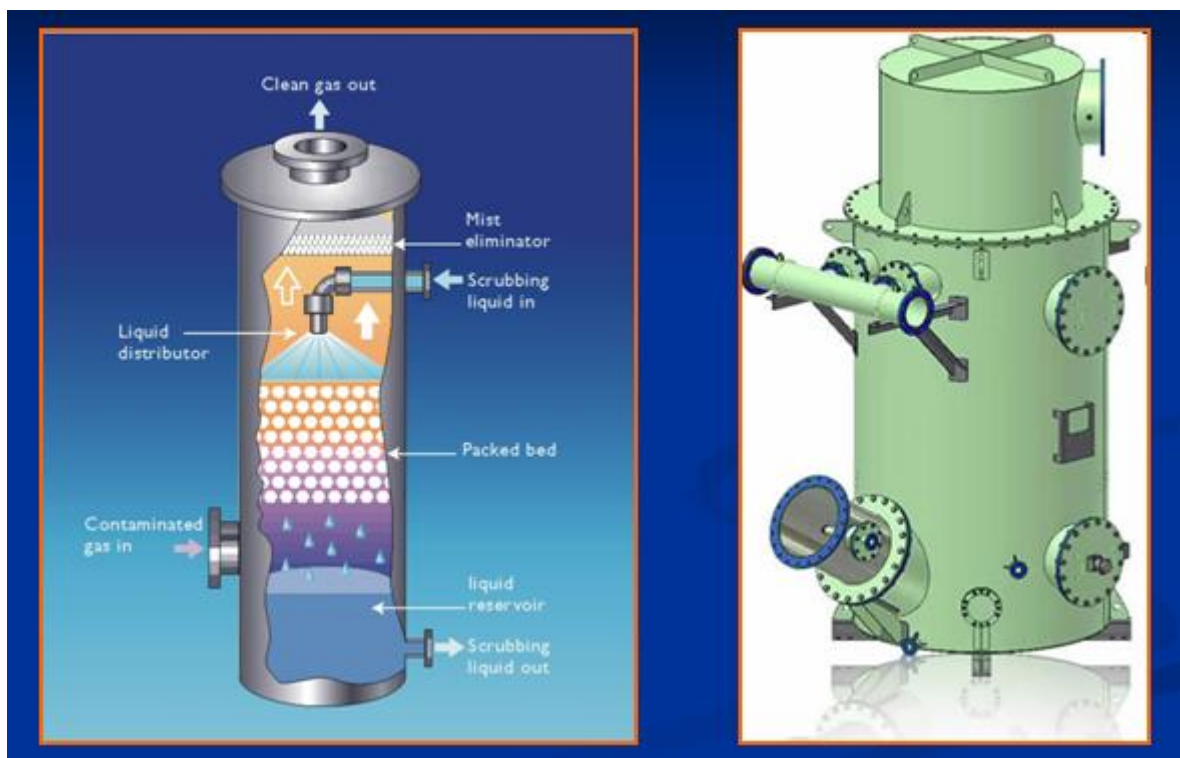


Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

8.1. Pročišćivač inertnog plina (eng. Scrubber)

S obzirom da inertni plin nastaje izgaranjem goriva u ložištima ili motorima, on je vruć i sadrži nečistoće kao što su čestice čađe ili druge štetne tvari kao što je sumporni dioksid. Premda je koncentracija kisika u nastalim dimnim plinovima niska i iznosi do 5% O₂, oni u ovakvom stanju nisu pogodni za inertiranje tankova tereta. Dimni plinovi nastali izgaranjem dobro se „operu“ morskom vodom u duguljastoj, vertikalno postavljenoj konstrukciji – pročišćivači (*scrubberu*). U pročišćivaču, morska voda struji prema dolje dok dimni plinovi struje među gore. Pri ovakvom protusmjernom strujanju, morska voda otapa i veže na sebe čađu i sumporni dioksid te ujedno i hladi dimne plinove. U unutrašnjosti tog uređaja su gusto raspoređene mlaznice i perforirane ploče koje omogućuju intenzivni kontakt dimnih plinova i morske vode. Navedeni radni uvjeti zahtijevaju da pročišćivač bude izrađen od materijala koji je otporan na koroziju i djelovanje vrućih dimnih plinova. Nakon prolaska kroz pročišćivač, dimni plinovi prolaze kroz odljeljivač vlage (*demister*) koji iz njih odvaja suvišnu vodu, odnosno kapljice. Sada su dimni plinovi spremni za nastavak puta prema ventilatoru koji će ih dalje potiskivati prema prostoru kojega treba štititi (tankovima tereta).

Slika 21: Pročišćivač inertnog plina



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

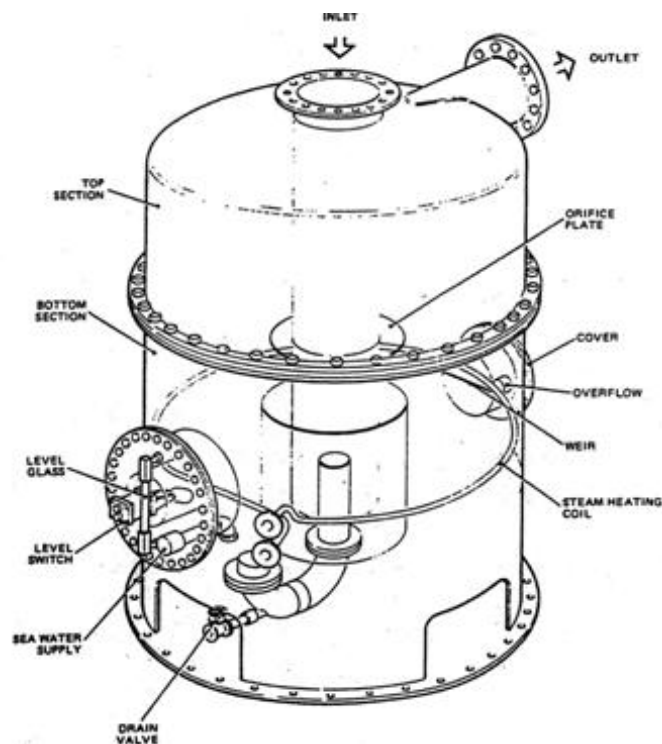
8.2. Palubna brtva

Palubna brtva je glavna zaštita od povratnog strujanja plinova iz distribucijskih cjevovoda natrag prema generatoru inertnog plina. Palubne brtve se izrađuju u tri izvedbe poznatije pod sljedećim nazivima: mokra, polusuha i suha palubna brtva.

8.2.1. Mokra palubna brtva

Slika 21 prikazuje mokru palubnu brtvu i njen princip rada. Općenito, mokra palubna brtva sastoji se od posude djelomično ispunjene vodom te od dvije cijevi za dovod i odvod inertnog plina dok dvije cijevi manjeg promjera služe za dovod i odvod vode za brtvljenje.

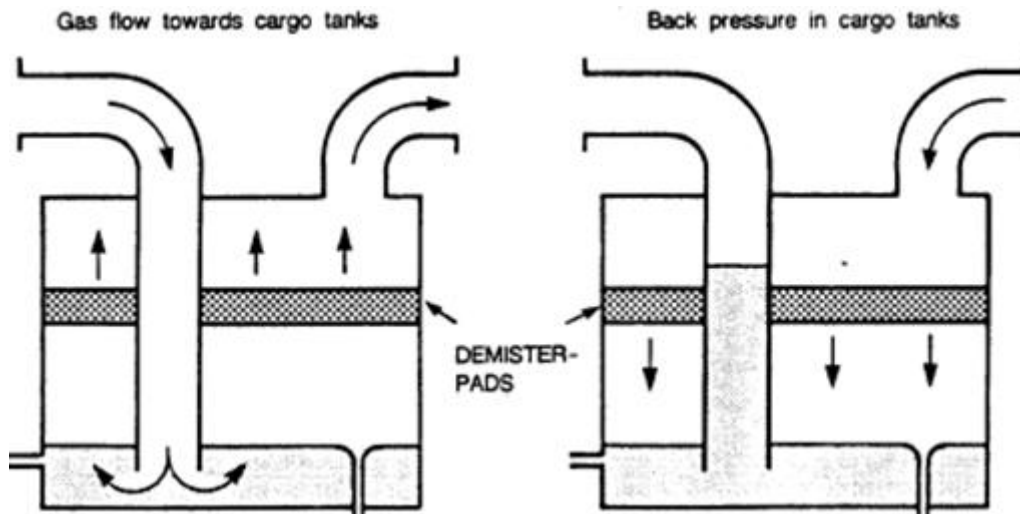
Slika 22: Palubna brtva



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

U tipu palubne brtve koji je prikazan na slici 22 ugrađeni su separatori za odvajanje kapljica vode iz struje inertnog plina. Lijeva skica prikazuje strujanje inertnog plina od generatora inertnog plina prema šticećenim prostorima, dok desna skica prikazuje slučaj kada pod utjecajem povratnog tlaka plinovi iz tankova tereta nastoje strujati prema generatoru inertnog plina, ali ih u tome sprječava vodena brtva.

Slika 23: Princip rada mokre palubne brtve

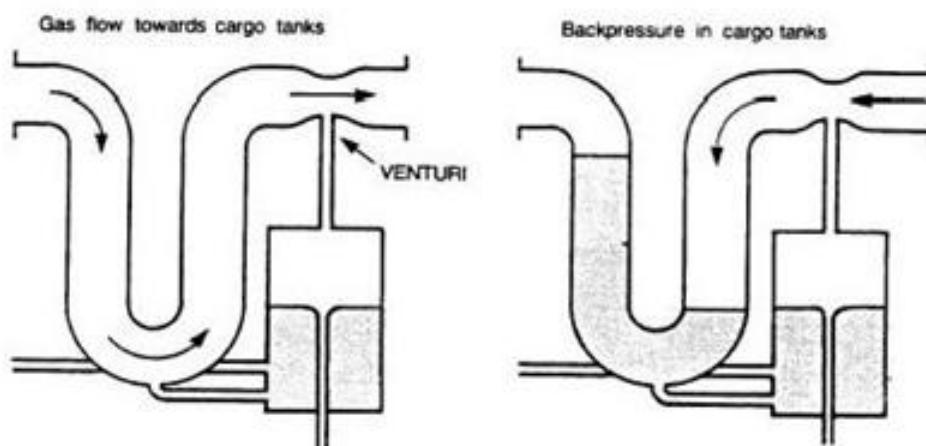


Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

8.2.2. Polusuha palubna brtva

Konstrukcija i princip rada polusuhe palubne brtve prikazan je na slici 23. Osnovna razlika u usporedbi s mokrom palubnom brtvom je uporaba Venturijeve cijevi pomoću koje strujanje inertnog plina prema tankovima tereta povlači vodu u poseban spremnik. U slučaju povrata plinova iz tankova tereta, palubna se brtva napuni vodom i funkcionira na istom principu kao i mokra palubna brtva.

Slika 24: Polusuha palubna brtva

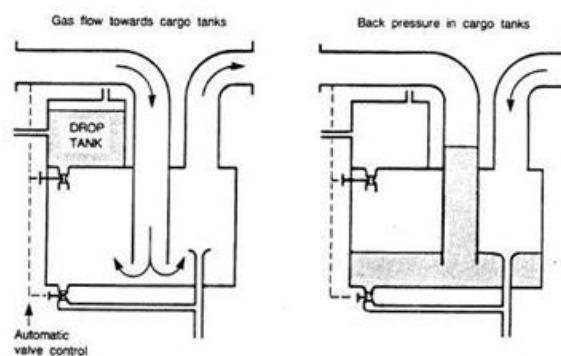


Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

8.2.3. Suha palubna brtva

Ovaj tip palubne brtve postupno eliminira prisutnost vode u palubnoj brtvi tijekom normalnoga rada, a koristi automatski ventil koji je ispunjen vodom u slučaju povratnog strujanja iz tankova tereta. Nedostatak ove izvedbe palubne brtve je opasnost povrata plinova iz tankova tereta u slučaju kvara automatskog ventila. U sustavu inertnog plina koristi se samo jedan od ovih tipova palubnih brtvi, a uz palubnu brtvu ugrađuje se i mehanički nepovratni ventil kao dodatna sigurnost.

Slika 25: Suha palubna brtva

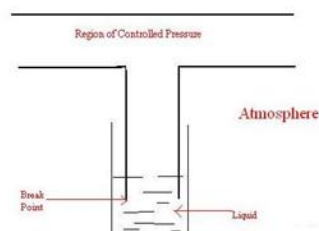


Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

8.3. Sigurnosni P/V ventil (P/V breaker)

Kao dodatna mjera sigurnosti, na cjevovodu sustava inertnog plina može se ugraditi i sigurnosni P/V ventil čiji je zadatak spriječiti porast tlaka ili podtlaka, a u slučaju da drugi sustavi regulacije tlaka otkazu. Osnovna karakteristika sigurnosnog P/V ventila je vrlo jednostavna konstrukcija i princip rada što ga čini vrlo jednostavnim za održavanje. Na slici 25 prikazan je sigurnosni ventil u presjeku.

Slika 26: Sigurnosni P/V ventil



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

Sastoji se od posude otvorene prema atmosferi i napunjene tekućinom. Lako je zamisliti kako se podiže i spušta razina tekućine s promjenom tlaka u cjevovodu i T nastavku uronjenom u tekućinu. Porastom tlaka u cjevovodu, spušta se razina tekućine sve do točke označene kao „breakpoint“. Nakon što tekućina prijeđe tu točku, tlak je izbacuje iz posude i otvara se slobodan prolaz prema atmosferi te rasterećuju tankovi. Slična je situacija i s podtlakom pri čemu može doći do povlačenja tekućine iz posude u cjevovod.

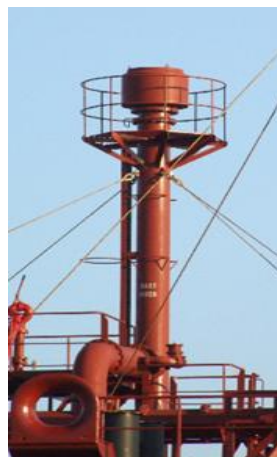
Slika 27: P/V ventil



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

Količina tekućine u posudi ovisi o tlaku i podtlaku koje treba održavati u zadanim granicama, o radnim karakteristikama sustava inertnog plina, podešenosti različitih alarma, itd. Tekućina koja se koristi za prekotlačne ventile je najčešće namjensko ulje ili mješavina vode i glikola u uvjetima niskih temperatura okoline. Osim na mogućnost smrzavanja tekućine u spremniku prekotlačnog ventila, posebnu pozornost treba usmjeriti na razinu tekućine jer to direktno utječe na vršni tlak ili podtlak u sustavu inertnog plina. Ta se razina može mijenjati zbog isparivanja ili razlijevanja tekućine, prodora morske vode i sl. [19]

Slika 28: Sigurnosni P/V ventil

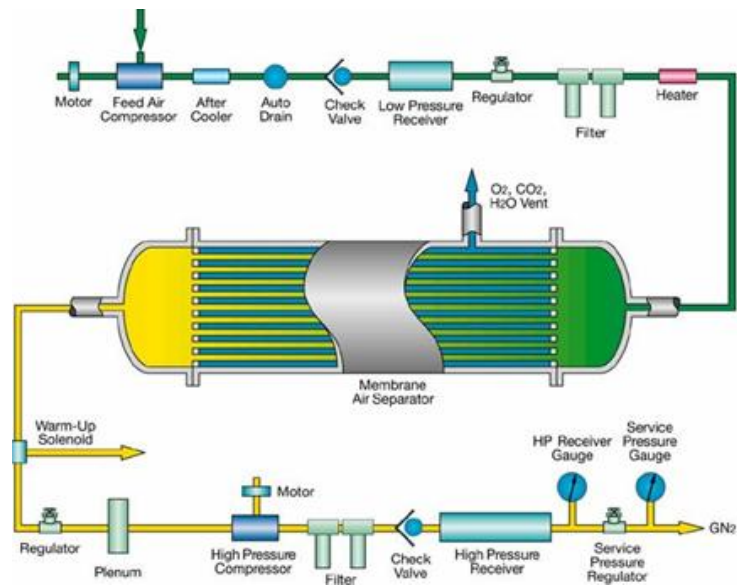


Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

8.4. Inertiranje tankova

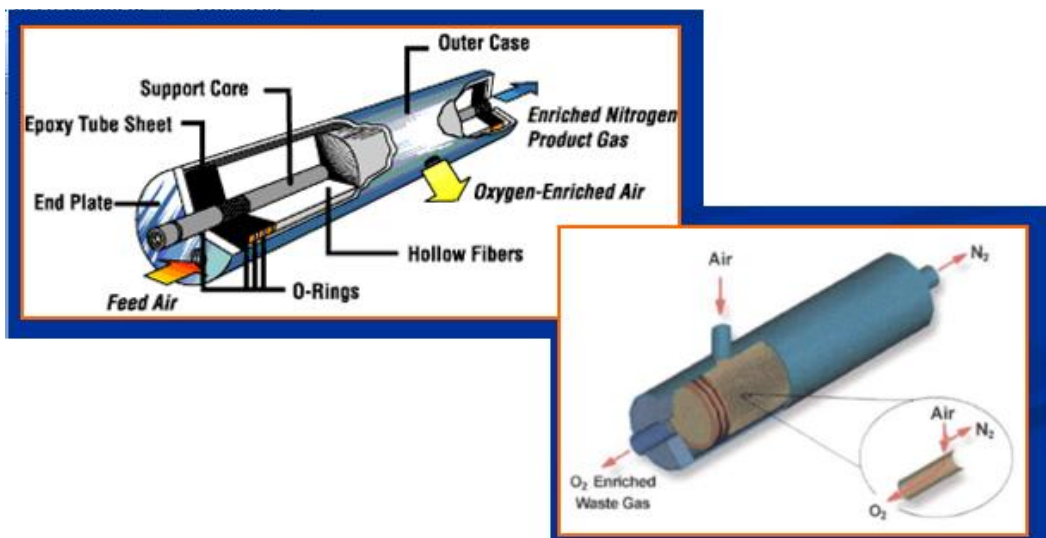
Odvajanje dušika od ostalih plinova iz zraka odvija se prolaskom komprimiranog zraka kroz prozirna vlakna. Ta su vlakna proizvedena iz sintetičkih materijala izloženih kombiniranom djelovanju temperature, tlaka i specijalnih otapala. Ovisno o potrebnoj količini izdvojenog dušika, vlakna se grupiraju u snopove koji se smještaju u metalna kućišta.

Slika 29: Uredaj za dobivanje dušika iz zraka



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

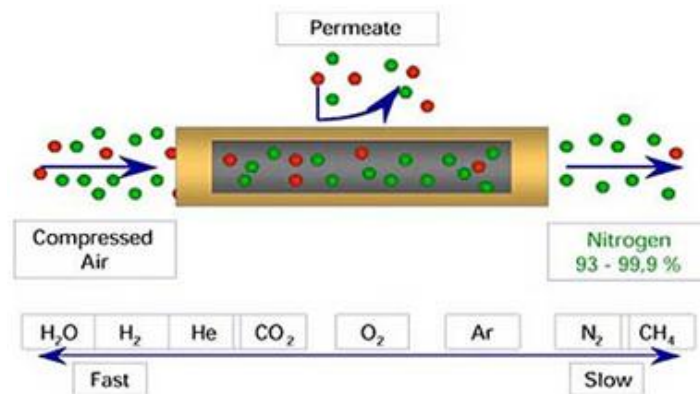
Slika 30: Presjek membranskog separatora zraka



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

Pri prolasku komprimiranog zraka kroz porozna vlakna, plinovi od kojih se zrak sastoji, difundiraju kroz vlakna različitim brzinama, ovisno o njihovoj molekularnoj strukturi. Kisik kroz vlakna difundira većom brzinom od dušika te zbog toga brže napušta unutrašnjost vlakana koja je pod višim tlakom i prelazi izvan poroznih vlakana u unutrašnjost metalnog kućišta. [13]

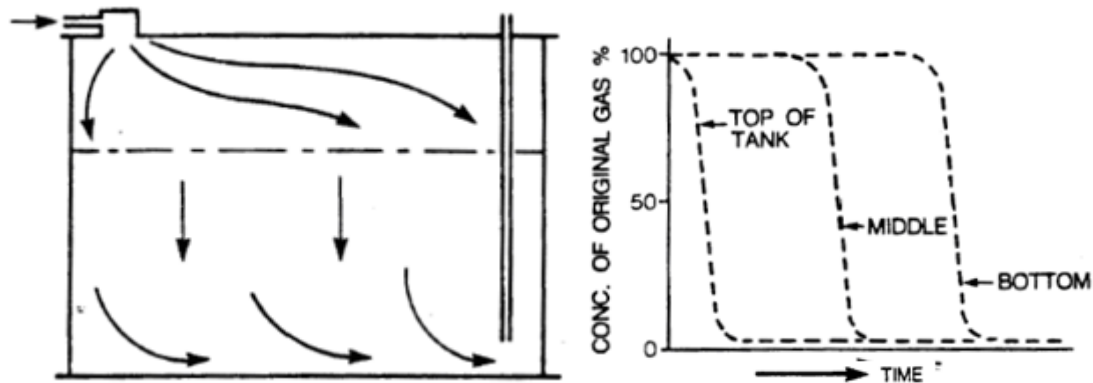
Slika 31: Brzina prolaska pojedinih plinova kroz polupropusnu membranu



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

Kvaliteta komprimiranog zraka koji ulazi u uređaj za dobivanje dušika vrlo je važna za besprijekoran rad uređaja. Da bi se spriječilo oštećenje poroznih vlakana, zrak se prije ulaza u uređaj mora osušiti te se iz njega moraju izdvojiti eventualne kapljice ulja. U slučaju da je zrak kontaminiran uljem, ulje će blokirati pore u vlaknima te će se smanjiti učinkovitost uređaja. Potpuno blokirana i kontaminirana vlakna su uništena i ne mogu se regenerirati te se moraju zamijeniti. Za dobavu komprimiranog zraka u uređaju za dobivanje dušika, pogodni su vijčani kompresori. U usporedbi s klipnim kompresorima, vijčani kompresori nemaju značajnije mehaničko trošenje te odrađuju i do 50 000 radnih sati prije značajnijeg popravka u okviru redovitog održavanja. Uređaj za dobivanje dušika nema mehaničkog i kemijskog trošenja. Pri ispravnoj ugradnji te eksploataciji, radni vijek može biti i do 30 godina. Troškovi održavanja su iznimno niski te se svode samo na održavanje kompresora za dobavu komprimiranog zraka.

Slika 32: Smještaj otvora za ulaz inertnog plina i učinkovitost izmjene sastava plina u tanku



Izvor: Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka

8.5. Mjerni instrumenti

Kontrola mjernih uređaja i mjerenje temperature vrlo je važan pokazatelj u sustavu inertnog plina. Najpogodnije mjesto za mjerenje temperature inertnog plina je izlaz iz ventilatora. U kontrolnoj prostoriji nalazi se uređaj koji je podešen za kontinuirano očitavanje temperature te alarmiranje ukoliko dođe do porasta temperature. U slučaju da temperatura prijeđe nedozvoljenu granicu ($55 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) sistem se zaustavlja. U tom se trenutku otvara bypass i inertni plin se vraća u prečistač da bi se što više ohladio. Ukoliko se temperatura povisi do $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ cijeli se sustav blokira.

8.5.1. Mjerač tlaka inertnog plina

Mjerač tlaka inertnog plina postavljen je na palubi iza zapornog i nepovratnog ventila, dok je mjerna ploča postavljena na zapovjedničkom mostu te u kontrolnoj kabini strojarnice i kontrolnoj kabini tereta. Alarm se aktivira ukoliko u tankovima dođe do podtlaka od $200\text{ mm H}_2\text{O}$. Do pada tlaka u sustavu za vrijeme iskrcaja može doći zbog zatvorenih zapornih ventila ili otkazivanja P/V breakera. Do nadtlaka može doći u slučaju poremećaja funkcije dišnog ventila, sigurnosnog ventila ili P/V breakera ili porasta temperature u tankovima za vrijeme ukrcaja.

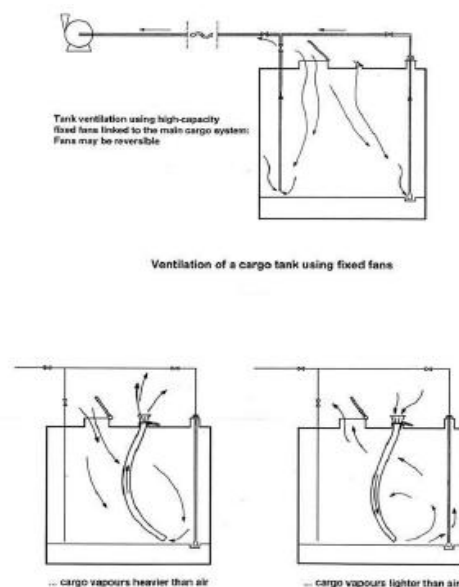
8.5.2. Analizator kisika

Postotak kisika u inertnom plinu mjeri se pomoću prijenosnog ili ugrađenog analizatora kisika s indikatorom. Analizator kisika radi na principu magnetskog svojstva kisika koji ima različit otpor u magnetskom polju. Prisutstvo kisika mjeri se u polju od 0 – 10%. Instrument ima dva podešavajuća alarma na 5 i na 8% kisika. Alarmi su vizualni i tonski. Prijenosnim analizatorom kisika provjerava se ispravnost ugrađenog analizatora.

8.6. Ventilacija tankova tereta

Ukoliko je u tankove tereta potreban ulazak čovjeka, potrebno je izvršiti ventilaciju tih tankova. Ventilacija se vrši pomoću sustava inertnog plina te fiksnim ili prijenosnim ventilatorima. Prije ventilacije potrebno je prethodno inertirati tankove. Prijenosni ventilatori se pokreću vodom iz protupožarnog sustava, dok se prilikom ventiliranja putem sustava inertnog plina treba izolirati ostale tankove. Prilikom izvršavanja ventilacije potrebno je provoditi mjerenje na nekoliko razina i mjesta. Prilikom ulaska u tank potrebno je osigurati ventil (lokot) i prirubnicu u zatvorenom položaju, a ako se ventilira pomoću sustava inertnog plina, potrebno je zatvoriti dovod plina u scrubber. Također treba zatvoriti sve ulaze inertnog plina u tank (teret, drenaža) te održavati niski tlak u ostalim tankovima i kontinuirano ventilirati prostore. [12]

Slika 33: Ventilacija tankova tereta



9. MANIPULACIJA OPERACIJAMA UKRCAJA I ISKRCAJA

Ukrcaj i iskrcaj tankera za prijevoz kemikalija obavlja se spajanjem cijevi ili prekrcajnih ruku, koje povezuju terminal i krajeve sustava teretnih vodova na tankeru i to tako da tekućina protječe bez curenja ili gubitaka. Cijela operacija s teretom mora biti pod stalnim nadzorom kako bi se spriječilo svako kapanje, curenje, izlivanje i svaki drugi oblik onečišćenja. Svaka operacija s teretom uključuje i opasnost od onečišćenja. Najčešći uzroci onečišćenja su neispravnost opreme, propusti i nedosljednosti pri izvedbi uređaja na tankeru ili terminalu, ljudska pogreška te nedovoljna uvježbanost ili usklađenost osoblja koje sudjeluje u poslu. Zbog sprječavanja onečišćenja valja poduzeti sve razborite i uobičajene zaštitne mjere. Treba također pripremiti plan akcije za slučaj takvih izvanrednih i nepredvidivih okolnosti ili događaja. Takav plan akcije valja povremeno provjeravati putem vježbi kako bi se otkrile njegove moguće slabosti. Svaka osoba na tankeru i na terminalu koja na bilo koji način sudjeluje u operacijama ukrcaja ili iskrcaja mora biti svjesna potrebe i važnosti da se spriječi svako onečišćenje. Svi sudionici operacija moraju se strogo i dosljedno pridržavati zajedničkog plana operacija, a među njima valja osigurati pouzdanu vezu. Prije početka protoka tereta, odgovorne osobe na tankeru i na terminalu moraju provjeriti sve okolnosti koje se odnose na pripremu prekrcajne operacije. Svi sudionici operacija moraju biti spremni i uvježbani za poduzimanje neposredne akcije u slučaju nepredviđenog istjecanja tereta. Sva oprema zbog čije bi neispravnosti moglo doći do istjecanja tereta mora se redovito testirati i pregledavati.

9.1. Uvjeti za privez tankera

Mjesto i položaj za privez broda moraju biti takvi da isključe ili umanje opasan utjecaj otvorenog mora, jačih struja ili drugih čimbenika na tanker, što bi moglo otežavati njegov privez ili prouzročiti prekomjerno pomicanje broda na vezu. Mjesto za privez mora imati dovoljno uporišta za postavljanje vezova i dovoljno bokobrana, kako bi se spriječilo prekomjerno pomicanje privezanog broda i štete koje otud mogu proizaći.

9.2. Uređaji za rukovanje teretom

Materijali i izvedba prekrcajnih ruku moraju biti primjereni teretu s kojim se rukuje, prilagođeni mjesnim meteorološkim uvjetima i spremni podnijeti sva udarna opterećenja

kojima se izlažu pri ukrcaju i iskrcaju tankera. Njihove radne mogućnosti i izvedba moraju biti u skladu sa zahtjevima i odlukama mjerodavnih tijela vlasti. Izvedba prekrcajnih ruku mora biti takva da omogući potrebno i neizbježno kretanje tankera na vezu u okomitom pravcu (zbog porasta ili smanjenja količine tereta, plime i oseke), u vodoravnom pravcu (uzduž veza, odmicanje i primicanje zbog strujanja ili valova) kao i promjene u njegovu stabilitetu i trimu (zbog ukrcaja ili iskrcaja tereta). Za slučaj prekomjernog pomicanja tankera na vezu, mora postojati uređaj za uzbunu koji upozorava na granična odstupanja kako bi osoblje odmah obustavilo protok tereta i odvojilo prekrcajne cijevi od spojeva na tankeru. Ako se rukovanje teretom obavlja savitljivim cijevima, tijekom operacija treba posebnim samaricama, dizalicama ili drugim sredstvima pridržavati te cijevi. Cijevi se ne smiju savijati na manji promjer od onoga što su ga propisali njihovi proizvođači. Valja poduzeti potrebne mjere kako bi se spriječilo njihovo oštećivanje, probijanje ili kidanje nastalo kao posljedica vibracija, naprezanja, tlaka, trenja, glodanja o rub palube, o pregrade ili druge zapreke na palubi. To se može postići oslanjanjem cijevi na posebne podupirače, vodiče ili sedla. Sve cijevi ili sustavi cijevi, šireg unutarnjeg promjera od 75 mm koje se upotrebljavaju za prekrcaj kemikalija, zauljenih tekućina ili goriva, kao i njihovi spojevi, moraju biti tako konstruirani da podnesu četiri puta veći tlak od onog na koji je programiran sigurnosni ventil. Svaka prekrcajna ruka ili cijev mora imati posudu za prikupljanje iskapalog tereta ili kakvu drugu napravu za sprječavanje istjecanja ostataka tereta prije spajanja ili nakon odvajanja ruke ili cijevi. Prekrcajne ruke s vlastitim ventilima i spojnica moraju se povremeno podvrgavati hidrauličkom testu, a cijevi hidrauličkom testu, vakumskom testu i testu rastezanja, sve u razdobljima koja propišu njihovi proizvođači. Tijekom takvih povremenih testiranja moraju se primijeniti tlakovi također prema specifikaciji proizvođača.

9.3. Nadzor nad operacijama i sredstvima veze

Centar za upravljanje mora raspolagati svom potrebnom opremom, uključujući uređaj za brzo obustavljanje protoka kemikalija u slučaju potrebe. Na svakom privezu, na kojemu brod ukrcava ili iskrca kemikalije, treba uspostaviti kontrolno mjesto. Na takvome mjestu valja predvidjeti zaštitu opreme i osoblja od kiše, snijega, valova i vjetera te zaštitu od mlaza kemikalija u slučaju neispravnosti kakve pretovarne ruke ili cijevi. S kontrolnog mjesta trebao bi biti dobar pregled vezova broda, položaja prekrcajnih ruku i cijevi mogućeg pomicanja tankera. Svaki privezani tanker mora imati radio ili telefon kojim se postiže pouzdana dvosmjerna veza glasom između odgovorne osobe na terminalu i odgovorne osobe na brodu.

Razmjenu obavijesti valja obavljati na unaprijed dogovorenom jeziku, razumljivom za obojicu.

9.4. Priprema prekrcajne operacije

Zapovjednik kemikal tankera mora se detaljno obavijestiti o načinu pribave tegljača i privezivačkih plovila kao i o svim drugim važnim okolnostima na mjestu priveza. Terminal ili brodski agent dužni su zapovjednika upoznati sa svim mjesnim propisima o onečišćenju. Na terminalu se razmjenjuju obavijesti između tankera i terminala te se razrađuje zajednički plan operacija. Plan operacija mora obuhvaćati način priveza tankera, brzinu protoka tereta tijekom operacije, vrijeme potrebno za početak, obustavu ili izmjenu brzine protoka, detaljnosti o načinu degazacije ili inertiranje teretnih tankova, redoslijed akcije u slučaju izlivanja tereta te sve ostale potrebne uvjete za obavljanje operacija. Prije početka operacije, odgovorne osobe s terminala i broda dužne su provjeriti je li tanker dobro vezan, postoji li siguran i pogodan pristup s obale na brod, ima li na brodu i terminalu dovoljno osoblja za sigurno obavljanje operacija, položaj prekrcajnih cijevi, podupirača, oslonaca i podložaka, sredstva i pouzdanost komunikacija između prostora pumpi na terminalu i tankeru, ispravnost i nepropusnost spojeva cijevi s vodovima na tankeru, primjereno osvjetljenje radnih mjesta i svih uređaja koji će se upotrebljavati, jesu li svi ventili kroz koje bi teret mogao dospjeti u more zatvoreni, jesu li postavljene posude za prikupljanje kapanja ispod spojeva cijevi na terminalu i na tankeru, je li na tankeru pripremljen pribor za čišćenje palube u slučaju curenja te je li osigurano pouzdano shvaćanje naredaba i signala odgovorne osobe na tankeru za vrijeme operacija i u slučaju izvanrednih okolnosti. Operacija ukrcanja ili iskrcanja tereta može otpočeti tek onda kada se odgovorne osobe na brodu i na terminalu usmeno ili pismeno suglase o tome.

9.5. Obavljanje operacija

Operaciju treba započeti polako, kako bi se utvrdilo da ni jedan spoj cijevi ne propušta, da teret protječe kroz predviđene cijevi i do predviđenih tankova te da cijevi i vodovi nisu izvrgnuti prekomjernom tlaku i da nema tragova tereta na brodu. Tek nakon takvih početnih provjera, brzina prekrcaja može se postupno povećavati do one koja je bila predviđena planom operacija. Odgovorne osobe na terminalu i na tankeru dužne su tijekom operacije povremeno provjeravati ima li kakvih curenja iz opreme, sustava vodovoda ili na trupu

tankera, ima li kakvih tragova isteklog tereta u prostoru pumpi, prostorima između tankova ili u tankovima koji nisu bili predviđeni za ukrcaj, javlja li se prekomjeren tlak u cijevima, je li privez broda i dalje siguran, položaj i stanje prekrcajnih cijevi. Kada se na tankeru prelazi s jednog tanka na drugi, važno je spriječiti unutarnje gibanje i prekomjeren tlak tereta.

9.6. Završetak operacija

Treba se pobrinuti da se u svakom napunjenom tanku ostavi dovoljno mjesta za pražnjenje cijevi prekrcajnog sustava. Kada namjerava obustaviti operaciju, odgovorna osoba mora o tome pravodobno izvijestiti pumpnu stanicu. Ako ne postoje povratni ventili, potrebno je poduzeti druge prikladne mjere kako bi se spriječio povrat tereta. Svi glavni vodovi tereta moraju se isprazniti i ispumpati na obalu kroz cijevi malog promjera koje su za to predviđene na tankerima. Prije odvajanja prekrcajnih cijevi valja se uvjeriti da su one ispražnjene i posušene, odnosno da u posudama za prikupljanje kemikalija ima dovoljno mjesta za teret koji se još može iscijediti iz cijevi nakon njihova odvajanja. Izlazne otvore prekrcajnih cijevi treba zatim nepropusno zatvoriti. Čim su operacije okončane, odgovorna osoba na tankeru mora se uvjeriti da su svi ventili i otvori tankova zatvoreni i sigurni za plovidbu koja predstoji. [14]

10. ZAŠTITA ZDRAVLJA POSADE, SIGURNOSNA OPREMA I PROTUPOŽARNA ZAŠTITA

Najveća opasnost koja prijete posadi na kemijskim tankerima je trovanje zbog otrovnosti velikog broja kemikalija koje se prevoze tim brodovima. Trovanje predstavlja stanje kada se kod osobe pojave nagli i neočekivani znakovi koji odstupaju od normalnog ponašanja zdravog čovjeka, a manifestiraju se mučninom, povraćanjem, povišenom tjelesnom temperaturom. Štetne tvari u organizam mogu ući udisanjem, gutanjem i ulaskom kroz kožu i sluznice. Tijekom pregleda otrovane osobe valja obratiti pažnju na opći izgled, temperaturu, tlak i puls, promatrati zjenice, ritam disanja, promjene na koži i pojavu grčeva po tijelu.

Maksimalno dopuštenom koncentracijom – MDK (*TLV-Threshold Limit Values*) naziva se stupanj zagađenosti atmosfere plinovima, parama, dimom i prašinom. Određen je standardnim kemijskim metodama i opremom koja ne smije uzrokovat oštećenje zdravlja ljudi. TLV se izražava:

- za plinove i pare, težinski mg/m^3 ili volumski cm^3
- ppm - za otrovne prašine, dimove i magle u mg/m^3 zraka
- za mineralne prašine u mg/m^3 ili brojem čestica u kubnom centimetru zraka

S obzirom na način djelovanja na ljudski organizam štetne tvari se dijele na:

- IRITANTE uzrokuju podražaj u dišnim organima. Simptomi su kihanje, kašljanje, suženje očiju.
- ASFIKTANTI otežavaju oksidacijske procese u tkivima što uglavnom rezultira nemogućnošću prihvatanja kisika. Zbog pomanjkanja kisika u krvi osoba osjeća glavobolju, vrtoglavicu i naposljetku gubi svijest.
- ANESTETICI udisanjem ovih tvari prvenstveno dolazi do djelovanja na moždane stanice, što može dovesti do gubitka svijesti.
- SUSTAVNI OTROVI u tu grupu otrova se ubrajaju većina kloriranih ugljikovodika, koji oštećuju neke važne organe. Benzen, toluen i ksilen oštećuju naročito krvni sustav.

Pri manipulaciji kemikalijama, na vidljivom mjestu mora biti izložena tablica s karakteristikama te uputama za postupak nezgode. Budući da kemijski tankeri prevoze

opasne, toksične i lako zapaljive terete moraju imati mjerne instrumente za utvrđivanje zapaljivosti i kvalitete zraka. Takvi uređaji mogu biti prijenosni ili fiksni. Atmosfera tankova provjerava se kad se ulazi sa ili bez dišne aparature i zaštitne odjeće, prilikom postupka čišćenja od zagađenog plina, prilikom kontrole kvalitete tereta i kontrole prisutstva plina u tankovima, prije ulaska u suhi dok. Zbog raslojavanja para tereta u tanku, potrebno je uzimati uzorke na raznim dubinama tanka. Zatvorene prostorije posebno su opasne zbog isparavanja tereta ili mogućnosti prisutstva inertnog plina, da bi se spriječila nesreća potrebno je provjetravanje, provjera prisutnosti otrovnih i zapaljivih plinova i upotreba odgovarajuće zaštitne opreme. Na osnovi izmjerenih koncentracija kisika i zapaljivih/otrovnih plinova izdaje se dozvola za ulazak u zatvorene prostore bez zaštitne opreme. Za zaštitu posade koja sudjeluje pri operacijama ukrcaja i iskrcaja na brodu mora postojati odgovarajuća osobna zaštitna oprema. Komplet zaštitne opreme mora sadržavati samostalni aparat za disanje sa komprimiranim zrakom, zaštitnu odjeću, obuću, rukavice, nepropusne naočale, sigurnosno uže s opasačem i protueksplozijsku lampu.

Slika 34: Prijenosni detektor plinova



Izvor: Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

Većina brodskih kompanija imaju pripremljene vlastite operativne i sigurnosne priručnike na *ChamberofShipping (ICS) Tanker SafetyGuide for Oil TankersandTerminales (ISGOTT)*. ISGOT sadržava indeks kemijskih imena, uključujući i sinonime i informacije o teretu iz podataka za najčešće kemikalije. Također su uobičajene provjere kako bi se osigurala ispravna procedura rukovanja teretom.

Obavijesti o trgovačkom prijevozu se odnose na opasnost od gušenja od otrovnih ili drugih štetnih para te savjetuju o postupcima za ulazak u tankove i zatvorene prostorije *Code of Safe Working Practice (CSWP)* obavijesti naglašavaju potrebu za konstantnim praćenjem para plina s detektora i nužnost pružanja prikladne ventilacije kada posada ulazi u zatvorene prostore. U cijelom postupku jedna osoba mora stajati na ulazu u pripremi, dok su druge osobe unutar tog prostora.

10.1. Protupožarna zaštita

Protupožarna zaštita, osim odgovarajuće opreme i sredstava za gašenje podrazumijeva i zaštitu posade na brodu kako bi bili u stanju adekvatno i efikasno koristiti sredstva koja im stoje na raspolaganju. Najbolja obrana od požara je poduzimanje svih potrebnih sigurnosnih mjera da se on uopće ni ne dogodi.

Održavanje i testiranje uređaja za prevenciju i zaštitu vrši se onda kada nema opasnosti, kada za to ima dovoljno vremena. Posada mora biti u stanju brzo reagirati na pojavu požara, odnosno alarma. Na otvorenim prostorima jedini mogući tip fiksnih protupožarnih uređaja je sustav vodenog spreja srednje brzine, smješten oko ukrcajno/iskrcajne rampe. Uz svaki automatski sustav treba postojati i ručni ventil, tako da svatko tko primijeti požar može ručno aktivirati sprej s vodom. U zatvorenim prostorima ugrađeni su stabilni protupožarni sustavi s odgovarajućim sredstvom za gašenje požara, kao što su ugljični dioksid, pjena, suhi prah i halon. Treba naglasiti da se sustav vodenog spreja ne koristi u zatvorenim prostorima, zbog toga što djeluje ohlađujuće, ali u zatvorenim prostorima izaziva zračenje topline.

Prostori u kojima postoji opasnost od pojave pare ili plina, a nisu često nadgledani od strane posade, moraju imati ugrađen sustav za otkrivanje požara. Kod izbora detektora požara, valja voditi računa o utjecaju ventilacijskog sustava na sam detektor.

Zbog jake ventilacije vrijeme aktiviranja detektora može biti znatno produženo. Detektori dima bilo na optičkom ili ionizirajućem principu, također reagiraju sa zakašnjenjem, ukoliko se brzom izmjenom zraka, ventilacijom dim razrjeđuje.

S obzirom na veliki broj potencijalno zapaljivih tereta koji se prevoze moguće je dati samo neka opća pravila u pogledu zaštite od požara, a ona se odnose na poznavanje proizvoda kojim se manipulira, poznavanje njegovih zapaljivih karakteristika, potrebno je imati na

raspolaganju odgovarajući protupožarni sustav, dok protupožarna oprema mora besprijeckorno funkcionirati.

Postoje različiti tipovi požara koji mogu nastati na brodu. Može doći do zapaljenja namještaja i opreme, dizel goriva, električne oprema, odjeće posade te brodske kuhinje. Važno je napomenuti da se namještaj i oprema mogu gasiti s vodom pod tlakom, za gašenje dizel-goriva koriste se aparati s pjenom, a može se nastaviti halonom i suhim prahom, dok se za požare električnih instalacija smiju upotrijebiti jedino aparati s ugljičnim dioksidom ili halon. Voda se ne smije upotrijebiti.

Izvor opasnosti od požara je statički elektricitet koji može čak dovesti do eksplozije prilikom rukovanja petrokemijskim i kemijskim proizvodima. Mogući izvori statičkog elektriciteta su postupci s parom zbog toga što kapljice vode u mlazu pare postaju elektrostatički nabijene, ugljični dioksid i protok tekućine kroz cijevi – tekućina koja struji kroz cijev postaje statički nabijena, uglavnom pozitivno, s obzirom na cijev.

U svakom požaru posada mora postupiti na slijedeći način:

- zaustaviti dotok zapaljive tvari
- gdje je moguće, upotrijebiti vodu za hlađenje opreme koja je ugrožena plamenom
- kad god je to moguće pristupiti vatri s privjetrinske strane
- pristupiti gašenju požara nakon izvršene izolacije požara
- ne usmjeravati mlaz vode direktno na površinu tekućine koja gori
- sve mlaznice na cijevima i monitorima trebaju biti tipa mlaz/sprej [14], [1]

11. ZAKLJUČAK

Razvojem naftne industrije i općenito istraživanja mogućnosti nafte kao izuzetno bogate tvari dovelo je do stvaranja prvih petrokemijskih pogona koji su se pojavili u Sjedinjenim Američkim Državama 1920. godine. Ipak, prijevoz kemikalija u tekućem stanju prvi put se pojavio 1940. godine. Danas je petrokemijska industrija u zamahu stvaranja i širenja te sukladno tome potreba za prijevozom kemikalija, petrokemikalija i sirovina je sve veća. U prvi plan dolaze brodovi kao sredstva prijevoza golemih količina. Flota kemijskih tankera u stalnom je porastu i tržišna borba između brodara sve je žustrija. U ovom diplomskom radu obrađena je tehnologija prijevoza tekućih petrokemikalija kemijskim tankerima. Obradena su područja kategorizacije brodova, međunarodnih propisa, konstrukcije, opreme za manipulaciju teretom, svojstva tereta, pa tako i opasnosti koje vrebaju i oprema kojom se štiti zdravlje posade i svih učesnika u radu s teretom. Tanker za prijevoz kemikalija je izrazito složen brod, s mnoštvom tehničke opreme, mehanizama i alata. Iz toga proizlazi da je cijena takvog broda vrlo visoka. Ne postoji najbolji kemijski tanker koji bi udovoljavao svim i više nego složenim svojstvima nebrojenih tekućih kemikalija. Upravo zato pri kupovini broda brodari izrađuju detaljan plan maksimalne iskoristivosti broda i tereta koji namjeravaju prevoziti. Konvencije i propisi vrlo rigorozno prate razvoj kemijskih tankera imajući u fokusu zaštitu morskog okoliša i zdravlje posade. Iz svega navedenog lako se može zaključiti koliko je složen i povezan sustav broda, tereta i proizvodnih jedinica. Znanje koje je potrebno za kvalitetno rukovođenje kemijskim tankerima zahtjeva poznavanje prilika svjetskog tržišta uz dugogodišnje školovanje i iskustvo kako bi brod u potpunosti bio isplativ, a posada zaštićena i dobro obučena.

LITERATURA

- [1] TheRevisions to MARPOL Annex II- A PracticalGuide, Intertanko, 2006.
- [2] Milošević Pujo, B., Radovan, H. Sprječavanje onečišćenja mora po MARPOL konvenciji. Naše more, 2005., 52(5-6), 231-234.
- [3] Milošević Pujo, B., Pavlić, T. Brodske isprave i knjige. Naše more, 2006., 53(5-6), 239-243.
- [4] Mencer, I., Tržište morskog brodarstva, Školska knjiga, Zagreb, 1990., str. 92.
- [5] Galović, P., Kovačević, M., Podobnik, M. Pomorsko tržište tankera- brodovi za prijevoz sirove nafte i naftnih derivata, ukapljenih plinova i kemikalija. Pomorski zbornik, 2008., 45(1), 111-122.
- [6] Isporuke hrvatskih brodogradilišta, Brodogradnja, 64(2013)1
- [7] Alar, V., Juraga, I., Stojanović, I., Šimunović, V. Korozija i metode zaštite od korozije. URL: http://www.fsb.hr/korozija/PROIZVODNI_POSTUPCI.pdf
- [8] Martinez, S., Štern, I. (1999). Korozija i zaštita – eksperimentalne metode. Zagreb: HINUS
- [9] Komadina, P., Kos, S., Martinović, D., Matković, M., Mohović, R., Vranić, D., et al. Prijevoz kemijskim tankerima sigurnost i zaštita okoliša. Rijeka: Pomorski fakultet Rijeka, 1997.
- [10] Sustav ukrcaja i iskrcaja tekućeg tereta na tankerima. Brodski sustavi, Dio 11. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.
- [11] Tomašević, S., Dinamička izdržljivost brodskih konstrukcija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2003.
- [12] Brodski strojni sustavi. Sustavi na tankerima.
URL:<http://www.pomorci.com/Edukacija/1-20/Brodski%20strojni%20sustav%20-%20specijalni%20tankeri.pdf>, 2008.
- [13] Sustav inertnog plina. Brodski sustavi, Dio 13. Tehnički fakultet. Rijeka, 2010.

- [14] Stanković, P. Propisi koji se odnose na sigurnost plovidbe tankera i sprječavanje onečišćenja. Rijeka: Visoka pomorska škola Rijeka, 1999.
- [15] Fakultet strojarstva i brodogradnje (2004). Baza korozivskih oštećenja. URL: <http://www.fsb.hr/korozija/prva.php?p=pretrazivanje>
- [16] Sustav zagrijavanja tereta. Brodski sustavi, Dio 12. Tehnički fakultet. Rijeka
- [17] <http://www.eduvizija.hr/portal/lekcija/7-razred-kemija-svojstva-tvari>
- [18] www.pfst.hr/old/data/materijali/KZMpredavanje_4.ppt
- [19] www.pfri.uniri.hr/~rudan/3%20godina%20tankeri

POPIS SLIKA

Slika 1: Opća korozija	19
Slika 2: Rupičasta korozija.....	20
Slika 3: Potpovršinska korozija.....	21
Slika 4: Cink silikatni premaz	22
Slika 5: Smještaj tankova tereta ovisno o tipu broda.....	25
Slika 6: Presjek poprečnih pregrada	28
Slika 7: Paluba tankera za prijevoz kemikalija.....	29
Slika 8: Detalj spoja uzdužnjaka boka s ukrepom okvirnog rebra kod brodova s uzdužno ukrepljenim bokovima [68, Ch 12, App 1].....	30
Slika 9: Montaža cjevovoda na brodu	32
Slika 10: Centrifugalne pumpe.....	34
Slika 11: Rad veće i manje pumpe	34
Slika 12: Vijčana pumpa	35
Slika 13: Posušivanje tankova.....	36
Slika 14: Princip hlađenja tereta.....	36
Slika 15: Prikaz cijevi za zagrijavanje tereta u tanku.....	37
Slika 16: Prikaz serpentina za zagrijavanje tereta u tanku	38
Slika 17: Stroj za pranje tankova.....	39
Slika 18: Sustav inertnog plina.....	45
Slika 19: Kombinirani sustav inertnog plina	46
Slika 20: Uređaj za proizvodnju inertnog plina.....	46
Slika 21: Pročišćivač inertnog plina	47
Slika 22: Palubna brtva.....	48
Slika 23: Princip rada mokre palubne brtve	49
Slika 24: Polusuha palubna brtva	49
Slika 25: Suha palubna brtva.....	50
Slika 26: Sigurnosni P/V ventil	50
Slika 27: P/V ventil	51
Slika 28: Sigurnosni P/V ventil	51
Slika 29: Uređaj za dobivanje dušika iz zraka.....	52
Slika 30: Presjek membranskog separatora zraka	52
Slika 31: Brzina prolaska pojedinih plinova kroz polupropusnu membranu	53
Slika 32: Smještaj otvora za ulaz inertnog plina i učinkovitost izmjene sastava plina u tanku.....	54
Slika 33: Ventilacija tankova tereta.....	55
Slika 34: Prijenosni detektor plinova	61

POPIS TABLICA

Tablica 1: Mogućnosti i uvjeti ispuštanja kemikalija u more.....	6
Tablica 2: Isporučeni brodovi u 2012. godini	15
Tablica 3: Knjiga narudžbi (period do 28.02.2013. godine)	16
Tablica 4: Tablica kompatibilnosti (opasni tereti).....	23
Tablica 5: Tablica kompatibilnosti (manje opasni tereti).....	24
Tablica 6: Odnos širina/dubina kod brodova za prijevoz kemikalija	26