

## **CIJEVNI BLOKOVI ZA GRIJANJE TEKUĆIH TERETA**

### **Sažetak**

Visoko viskozna ulja općenito treba grijati tijekom plovidbe kako bi se osiguralo njihovo djelotvorno iskrčavanje. Grijanje tereta se obično provodi grijaćim cijevima koje su smještene pri dnu tanka. Kao ogrjevnna tvar služi vodena para ili zagrijano termalno ulje koje struji kroz ogrjevnne cijevi. Postupak izradbe i ugradnje grijaćih cijevi je dugotrajan, težak i skup. U ovom radu se predlaže novi način izvedbe i ugradnje cjevovoda za grijanje tankova tereta primjenom tipiziranih blokova grijaćih cijevi. Po ovom prijedlogu svi blokovi se izrađuju u radionici, izvan broda, i potom ugrađuju u tankove. Povezivanje blokova vrši se spojnim cijevima. Ovim načinom mogu se postići značajne uštede u utrošku radnih sati potrebnih za izradbu i ugradnju. U radu je dana konstrukcija tipiziranih blokova, kao i smjernice za njihovu konstrukciju, izradbu i primjenu. Na kraju, dani su i primjeri primjene ovakvih blokova grijaćih cijevi.

*Ključne riječi: cijevni blok, grijanje tekućih tereta, tanker*

## **COIL BLOCKS FOR LIQUID CARGO HEATING**

### **Summary**

High-viscosity oils generally require heating during the voyage as to maintain pumpability at the time of cargo discharge. Cargo heating is usually performed by heating coils situated at the tank's bottom. Heating medium is steam or hot thermal oil that circulates through the coils. Heating coil production process is time consuming, laborious and expensive. In this paper a novel approach to the heating coil design and manufacture is proposed. According to this approach the stand-alone heating blocks, prefabricated in the workshop, need to be placed on the tank's bottom and welded with the adjacent blocks by means of connection pipes. This way, significant man-hour savings could be achieved. In this paper typical heating block designs are presented. Moreover, hints for heating block design, production and application are given. Finally, typical heating coil arrangements are presented.

*Key words: coil block, liquid cargo heating, tanker*

## 1. Uvod

Prijevoz tekućih tereta predstavlja najznačajniju sastavnicu svjetskoga teretnoga pomorskoga prometa. Određeni tekući tereti zbog svoje viskoznosti (sirova ulja, uljne prerađevine, asfalt i dr.) moraju biti grijani tijekom plovidbe kako bi se omogućio njihov nesmetan iskrcaj. Naime, vrlo viskozni fluidi značajno smanjuju djelotvornost crpki, pa se grijanjem tereta smanjuje njegova viskoznost i skraćuje vrijeme iskrcaja.

Načelno, tekući tereti se mogu grijati na dva načina. Prvi, tradicionalni, način je grijanje tereta grijaćim cijevima koje su postavljene u obliku vijuga pri dnu tanka. Kroz vijuge struji vodena para ili termalno ulje, a u posebnim slučajevima, npr. pri prijevozu melase ili drugih temperaturno osjetljivih tvari, i zagrijana voda. Drugi način grijanja se temelji na primjeni izmjenjivača topline, obično smještenih na palubi broda, kroz koje struji teret. Kao ogrjevna tvar služe vodena para ili termalno ulje. Oba sustava grijanja imaju svojih prednosti, ali i nedostataka [1]. Ipak, čini se da još uvijek prevladava tradicionalni način grijanja grijaćim cijevima.

U klasično izvedenim sustavima grijanja tankova tereta grijaćim cijevima svaki tank se grije s dva ili više ogrjevnih krugova. Svaki krug grijanja ima odvojenu armaturu, svoj odvojeni dovod pare s glavnoga cjevovoda pare na palubi broda i svoj odvojeni odvod kondenzata do glavnoga cjevovoda kondenzata na palubi broda.

Svaki krug grijanja izvodi se u obliku cijevnih vijuga ravnomjerno raspoređenih po površini dna tanka. Duljina jednoga ogrjevnoga kruga određena je vrstom tereta i parametrima grijanja i u pravilu ne smije biti veća od djelatne duljine cijevi – duljine potrebne za potpunu kondenzaciju pare u cijevi [2]. Pojedine cijevi koje tvore krug grijanja spajaju se međusobno čeonim zavarivanjem i pričvršćene su obujmicama za samostalne nosače cijevi koji su zavareni za dno tanka. Uobičajeni razmak između nosača cijevi je 1,5 do 2 metra, dok je uobičajena visina polaganja grijaćih cijevi 100 do 150 mm. Obično se sve grijaće cijevi polažu u jednoj razini – na istoj visini od dna tanka.

Ovako izveden cjevovod odlikuje se pouzdanim i ravnomjernim grijanjem tereta, dobrim odvođenjem kondenzata i dobrim podnošenjem toplinskih dilatacija cijevi. Glavni nedostatak ovakve izvedbe cjevovoda je dugotrajan i skup način ugradnje. Osim toga, ne treba zanemariti ni potrebu izradbe opsežne radioničke dokumentacije. Kako duljina grijaćih cijevi u jednomu tanku najčešće iznosi više stotina metara, nerijetko u svakomu tanku treba ugraditi više stotina samostalnih nosača cijevi i čeonu zavariti više desetaka cijevi. Promatrano na razini cijeloga broda, potrebno je ugraditi više tisuća nosača cijevi i ostvariti više stotina čeonih zavara cijevi (na visini od 100 do 150 mm od dna tanka). Sve to zajedno čini postupak izradbe i ugradnje grijaćih cijevi dugotrajnim, teškim i skupim.

U ovom radu se predlaže novi način izvedbe i ugradnje cjevovoda za grijanje tankova tereta primjenom tipiziranih blokova grijaćih cijevi. Po ovom prijedlogu, svi blokovi se izrađuju u radionici, izvan broda, i potom ugrađuju u tankove. Međusobno povezivanje blokova u veće cjeline vrši se spojnim cijevima, čime se broj cijevnih spojeva – zavara koje treba izvesti na brodu značajno smanjuje u odnosu na tradicionalni način izradbe i ugradnje.

## 2. Blokovi cijevi za grijanje

Predloženo rješenje blokova cijevi za grijanje tekućih tereta nastalo je iz želje da se dosadašnji, dugotrajan i skup, način izradbe cjevovoda za grijanje tekućih tereta, zamijeni novim, učinkovitijim, načinom.

## 2.1. Projektna načela

Predloženo rješenje rezultat je sljedećih polaznih projektnih načela:

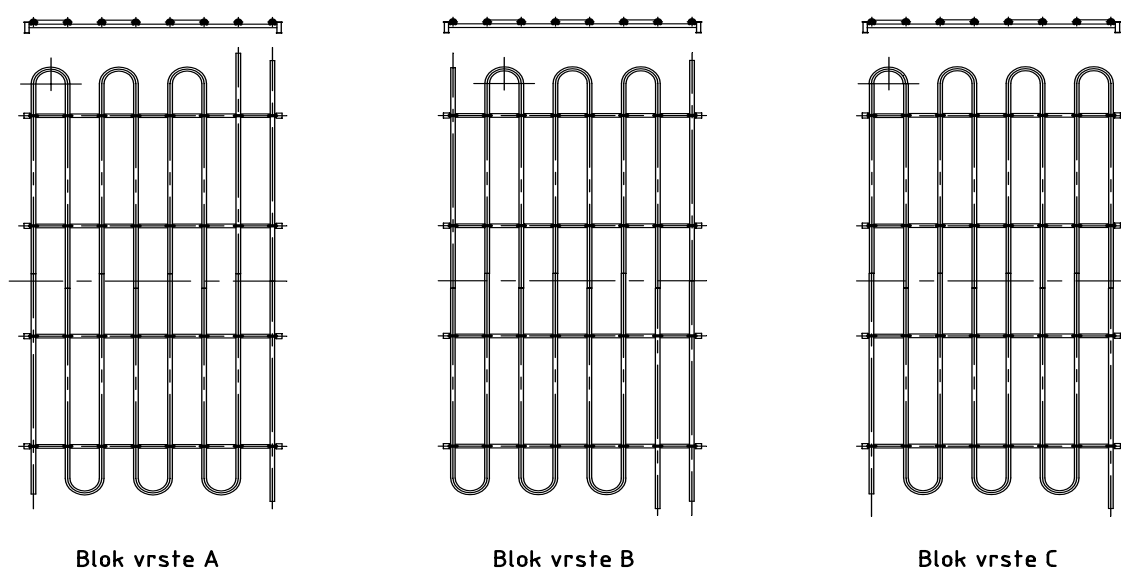
- cjevovod za grijanje tankova tereta gradi iz već pripremljenih, tipiziranih, blokova. Svaki blok se sastoji iz grijaće cijevi savijene u obliku vijuge i nosive konstrukcije koja služi za spajanje bloka za podlogu,
- duljina grijaće cijevi u jednom bloku određena je duljinom bloka i brojem vijuga u bloku,
- dimenzije bloka određene su tvorničkom duljinom cijevi (praktički nema otpadnoga materijala),
- povezivanjem blokova pomoću vezivnih cijevi mogu se izgraditi veće cjeline – krugovi grijanja,
- krugovi grijanja mogu biti pravocrtni, usmjereni "pramac-krma", ili "bok-bok", ili proizvoljne geometrije,
- nosiva konstrukcija bloka omogućuje i "slaganje" blokova po visini, kada nastaju dvorazinska, ili čak višerazinska grijaća tijela (svi blokovi iste razine pripadaju istom krugu grijanja),
- blokovi grijaćih cijevi izrađuju se u radionici i tako pripremljeni, zajedno s nosivom konstrukcijom, donose u tank broda. Montažni rad u tanku broda tada se sastoji samo od spajanja blokova za podlogu, međusobnog povezivanja blokova i spajanja početnih blokova za glavne vodove (silazne i uzlazne).

## 2.2. Tipizirani blokovi grijaćih cijevi

Ovim rješenjem predviđena su tri različita, ali vrlo slična, bloka grijaćih cijevi: blok A, blok B i blok C (slika 1).

## 2.3. Tvorba krugova grijanja

Ogrjevni krug, samostalna cjelina s vlastitim dovodom pare, odvodom kondenzata i pripadajućom armaturom (ventilima, odvajačima kondenzata, pipcima itd.), tvori se međusobnim povezivanjem blokova A, B i C (ovim redoslijedom).



**Slika 1.** Predloženi blokovi grijaćih cijevi (A – početni blok; B – međublok; C – završni blok)

**Fig. 1** Proposed heating coil blocks (A – initial block; B – intermediate block; C – final block)

Blokovi se međusobno povezuju spojnim cijevima iste vrste i istoga promjera kao i cijevi u blokovima. Različitim duljinama spojnih cijevi prilagođavaju se dimenzije grijaćega kruga dimenzijama tanka.

#### 2.4. Tvorba dvorazinskih blokova

Jednake dimenzije okvirnih nosača omogućuju spajanje blokova cijevi po visini. Spajanjem bloka A iznad bloka A, bloka B iznad bloka B i bloka C iznad bloka C, dobivaju se dvorazinski blokovi A, B i C.

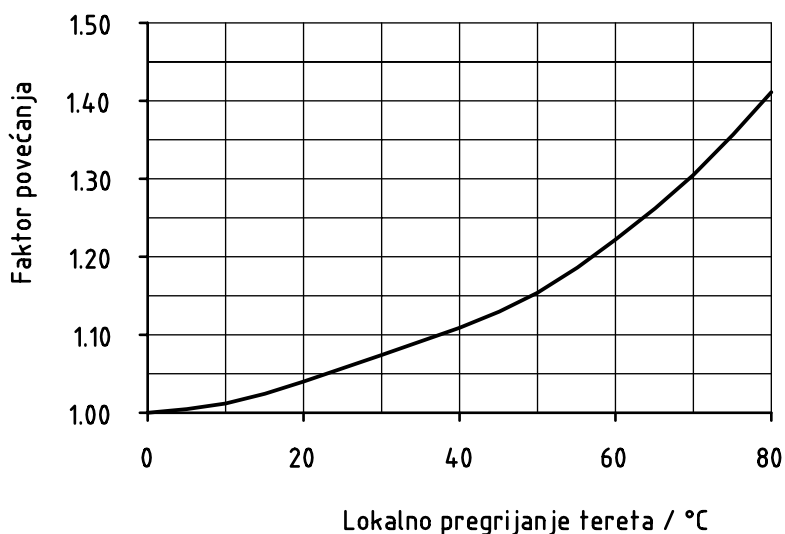
Međusobno povezivanje dvorazinskih blokova A, B i C (ovim redoslijedom) omogućuje konstrukciju dvaju odvojenih, međusobno neovisnih grijaćih krugova. Svaki od ova dva ogrjevnog kruga ima svoj dovod pare, svoj odvod kondenzata i svoju armaturu (ventile, odvajače kondenzata, pipce itd.).

### 3. Dimenzioniranje

Primjenom grijaćih cijevi u blokovima dolazi do gomilanja grijaćih cijevi na razmjerno maloj površini dna tanka i značajnih površina tanka koje nisu opremljene cjevovodima za grijanje. Posljedica može biti neravnomjerno zagrijavanje tereta i stvaranje "džepova" hladnoga, čak stvrdnutoga tereta koji se ne može iscrpiti iz broda. Ova činjenica ukazuje na izuzetnu važnost rasporeda blokova za grijanje unutar tanka. Isto tako, ova činjenica naglašava važnost poznavanja razdiobe temperatura i strujnica zagrijanoga tereta unutar tanka.

Mehanizam prijenosa topline s jedne usamljene cijevi bitno je različit od mehanizma prijenosa topline sa skupine cijevi kakva se javlja u slučaju primjene blokova grijaćih cijevi. Naime, jedna cijev ima nesmetan dotok hladnoga tereta, dok se kod bloka cijevi javlja mogućnost da grijaćoj cijevi prilazi već zagrijan teret s druge, susjedne, grijaće cijevi. Time se smanjuje temperaturna razlika i smanjuje prijenos topline (toplinski tok), iako je sam koeficijent prijelaza topline veći.

Ovaj nedostatak može se nadoknaditi povećanjem ogrjevnog površine za određeni iznos. Međutim, da bi se točno procijenilo potrebno povećanje ogrjevnog površine, odnosno potrebne duljine grijaćih cijevi, nužno je poznavanje temperature lokalnoga pregrijanja tereta.



Slika 2. Faktor povećanja potrebne ogrjevnog površine zbog upliva okolnih cijevi

Fig. 2 Necessary heating area enlargement factor due to influence of adjacent coils

Temperatura lokalnoga pregrijanja tereta u ovom slučaju je određena kao temperaturna razlika između srednje temperature tereta koji nastrojava grijaće cijevi bloka i temperature tereta koji nastrojava usamljenu grijaću cijev.

Za potrebe ovoga projekta izvršena je, programskim sustavom *TankHD* [3], računalna simulacija upliva lokalnoga pregrijanja tereta na povećanje potrebne duljine grijaćih cijevi. Rezultat je dan na slici 2.

Označi li se potrebna duljina grijaćih cijevi primjenom blokova s  $L_B$ , a potrebna duljina klasične izvedbe grijanja s  $L$ , onda je

$$L_B = \varphi \cdot L, \quad (1)$$

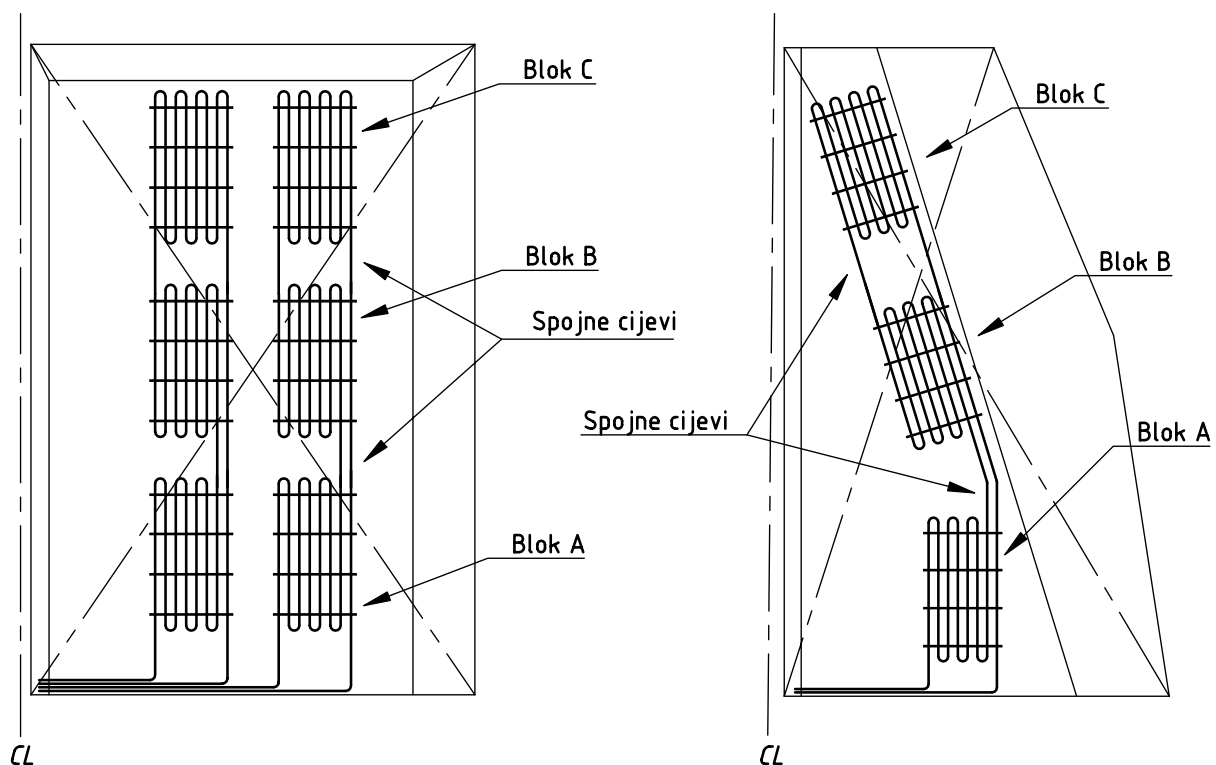
gdje je  $\varphi$  faktor povećanja potrebne duljine, određen lokalnim pregrijanjem tereta (slika 2). U nedostatku točne vrijednosti lokalnoga pregrijanja tereta, koja se može odrediti samo mjerenjima ili složenim matematičkim modelima, ova vrijednost daje se okvirno procijeniti, npr. u području od 30°C do 60°C.

Ostali parametri sustava za grijanje tekućih tereta na tankerima određuju se na jednak način kao i odgovarajuće veličine klasične izvedbe sustava grijanja i dani su drugdje [2, 4].

#### 4. Primjer primjene

Primjer praktične primjene predloženoga načina izgradnje sustava cjevovoda za grijanje tekućih tereta dan je na slikama 3, 4 i 5.

Slika 3 prikazuje uobičajeni raspored blokova grijaćih cijevi u tankovima. Predloženi raspored pospješuje stvaranje snažne uzgonske struje zagrijanoga tereta i postizanje dobre cirkulacije tereta po čitavom tanku. Ukoliko dva kruga grijanja nisu dovoljna, dopunski



Slika 3. Uobičajeni raspored

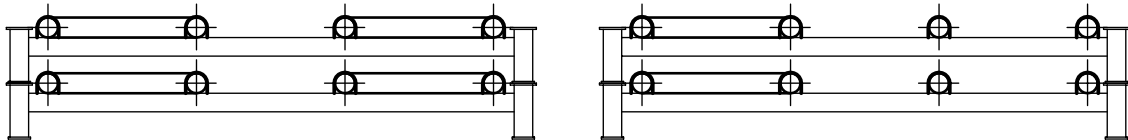
Fig. 3 Typical arrangement

Slika 4. Raspored blokova u tanku br. 1

Fig. 4 Tank #1 arrangement

krugovi grijanja mogu se postaviti iznad postojećih, tvoreći tako dvorazinske krugove grijanja, slika 5.

Slika 4 prikazuje raspored blokova grijaćih cijevi u pramčanim tankovima, gdje skromna površina pokrova dvodna ne dopušta pravocrtno postavljanje. Kao i u slučaju uobičajenoga rasporeda (slika 3), drugi krug grijanja može se postaviti iznad prvoga, slika 5.



Slika 5. Tvorba dvorazinskih krugova grijanja

Fig. 5 Construction of two-layer heating coils

Kako su blokovi grijaćih cijevi razmjerno velikih dimenzija, a i velike mase, njihova izradba iz dva dijela, slika 5, doprinosi lakšem rukovanju u tanku broda. Osim toga, izvedbom blokova iz dva dijela postiže se i veća krutost nosive konstrukcije.

## 5. Zaključak

Predloženi način izgradnje sustava cjevovoda za grijanje tekućih tereta nudi niz pogodnosti (skraćenje rokova, smanjenje troškova, mogućnost serijske proizvodnje blokova izvan brodogradilišta), ali i otvara brojna pitanja (razvoj odgovarajuće tehnologije ugradnje, dimenzioniranje cjevovoda, osiguravanje dobre cirkulacije tereta).

Pravilnim dimenzioniranjem i prikladnim rasporedom blokova grijaćih cijevi može se ostvariti učinkovito grijanje tekućih tereta uz ostvarenje značajnih ušteda pri izgradnji i ugradnji sustava za grijanje.

## Zahvala

Ovaj rad rezultat je projekta - idejnoga rješenja koji je autor izradio za potrebe i u suradnji s brodogradilištem Brodosplit u Splitu. Zahvaljujem se na potpori i odobrenju objavljivanja rezultata.

Ugodna mi je dužnost zahvaliti se dipl. ing. Tomislavu Sinovčiću, Brodosplit, na brojnim zamislima i prijedlozima. Bez njegova pionirskog rada ne bi bilo ni ovoga projekta.

## LITERATURA

- [1] Bratošević, M., Bukša, Z., et. al., Zajednička razrada ekonomičnog principa grijanja tekućih tereta putem strujanja zagrijanog tereta, isključujući primjenu ogrjevnih cijevi u tankovima tankera, Elaborat u sklopu znanstveno-tehničke suradnje Jadranbrod-Ministarstvo brodograđevne industrije SSSR, Tema IV, voditelj G. Magazinović, Jadranbrod, Zagreb 1989.
- [2] Magazinović, G., Projektiranje i analiza grijanja tankova elektroničkim računalom, Brodogradnja 35 (4-5) 1987, pp. 193-202.
- [3] Magazinović, G., TankHD v2.1 – Program za projektiranje i analizu grijanja tankova, CADEA, Split 2003.
- [4] Couchman, A.A.J., Dowie, W.F., McClimont, W., Heating of High-viscosity Oil Cargoes, Transactions of the Institute of Marine Engineers 78, 1966, pp. 53-71.