

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Κατασκευαστικές Ιδιαιτερότητες Των Υγραεριοφόρων

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΣΚΑΡΠΟΥ ΑΓΓΕΛΟΥ
Α.Γ.Μ:

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:

A/A	Όνοματεπώνυμο	Ειδικότητα	Αξιολόγηση	Υπογραφή
1				
2	ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ			
3				
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΠΟΥΔΩΝ:

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Πρόλογος.....σελ.4
Ιστορικά.....σελ.5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ LNG

Μετρά προστασίας καθ' όλη την παραμονή των υγραεριοφόρων στα λιμάνιασελ. 6
Κίνδυνοι LNGσελ. 8
Κίνδυνοι
πυρκαγιάς.....σελ.10
Εκρήξεις.....σελ.11
Μέθοδος βέλτιστης φλόγας (Baker strehlow).....σελ.11
Ταχύτητα φλόγας.....σελ. 12
Ο τρόπος εξάπλωσης της φλόγαςσελ. 12
Η δραστηριότητα του καυσίμου.....σελ. 12
Η πυκνότητα των εμποδίων.....σελ. 12
Άμεση μεταβατική φάση (RAPID PHASE TRANSITION).....σελ. 12
Κρυογόνες επιδράσεις.....σελ. 13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο:ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ LNG

Υλικά κατασκευής.....σελ. 14
Μονωτικά υλικά σελ. 14 Το εσωτερικό του ενός πλ. μεταφοράς LNG.....σελ. 15
Προβλήματα σχεδιασμού.....σελ. 16
Σχεδίαση δεξαμενών.....σελ. 16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ LNG

Δεξαμενές τύπου A, B, C.....σελ. 18
Δεξαμενές μεμβράνης.....σελ. 19
Ημι-Δεξαμενές μεμβράνης.....σελ. 20
Αναπόσπαστη δεξαμενή.....σελ. 21
Δεξαμενές εσωτερική μόνωσησελ. 21
Προθέρμανση.....σελ. 21
Αδρανοποίηση.....σελ. 21
Δεξαμενές Moss.....σελ. 23
IHI (Ishikawajima-Harima Heavy Industries).....σελ. 24
Κατασκευαστικές απαιτήσεις δεξαμενών.....σελ. 26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΓΡΑΕΡΙΟΦΟΡΩΝ

Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας ενός Υγραεριοφόρου Πλοίου.....σελ. 27
Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός για προγραμματισμένη συντήρηση.....σελ. 27
Γεννήτριες.....σελ. 27
Γεννήτριες έκτακτης ανάγκης.....σελ. 29
Μπαταρίες.....σελ. 30
Κινητήρες.....σελ. 30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΟΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ

Χαρακτηριστικά του κύκλου φορτίου.....	σελ. 32
Υγραέριο απαιτήσεις εξοπλισμού φορτηγού πλοίου.....	σελ. 33
ΥΦΑ απαιτήσεις εξοπλισμού φορτηγού πλοίου.....	σελ. 33
Τα συστήματα συγκράτησης φορτίων σε πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου.....	σελ. 38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΠΛΟΙΑ LPG

Παραγωγή υγροποιημένου αερίου.....	σελ. 39
Πλοία μεταφοράς αερίων (LPG).....	σελ. 41
Πίνακας τεχνολογία μεταφοράς φυσικού αερίου και κόστος σε σχέση με την απόσταση...	σελ. 45

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Βιβλία ΑΕΝ:

- Ναυπηγεία,
- Ναυτιλία,
- Μεταφορά Φορτίου,
- Ευστάθεια.

E-books:

- International Code For The Construction And Equipment Of Ships Carrying Liquefied Gases In Bulk.
- Specialized Training for Liquefied Gas Tankers
- Υγραεριοφόρα Πλοία
- Δουμάνη Δ.Α., « Μεταφορά Επικινδύνων Φορτίων με Πλοία », Σταυριδάκης, Πειραιάς, 1984

Εργασίες και Πτυχιακές:

- ✓ Κατηγορίες και τύποι πλοίων.
- ✓ Μελέτη επιπτώσεων από την διαρροή υγροποιημένου φυσικού αερίου από υγραεριοφόρα σκάφη.
- ✓ Μελέτη σκοπιμότητας LPG/LNG πλοίων στην σημερινή ναυτιλία.
- ✓ Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου κατά την μεταφορά υγροποιημένου αερίου.
- ✓ "Maritech News" τεύχος Δεκ. 2010, (Δεξαμενόπλοιο αερίων), σελ.13.
- ✓ "Σύγχρονο ναυτιλιακό εγκυκλοπαιδικό λεξικό" - "Inter/books" Αθήνα 1977. (Δεξαμενόπλοιο/Υγραεριοφόρο) σελ.47.
- ✓ Ωστιν Ντόναλντ, « Μελέτη Σκοπιμότητας LPG και LNG πλοίων στη σύγχρονη ναυτιλία », Διπλωματική Εργασία, Αθήνα, Ιούνιος 2009.

Πρόλογος:

Τα λεγόμενα Υγραεριοφόρα πλοία είναι ειδικός τύπος εμπορικών πλοίων, δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια. Τα πρώτα υγραεριοφόρα που ναυπηγήθηκαν στη δεκαετία του 1960 έφεραν ορθογώνιες τραπεζοειδείς δεξαμενές όπου και στη συνέχεια αυτές εξελίχθηκαν σε σφαιροειδείς δεξαμενές των οποίων τα άνω τμήματα υπερέχουν του κυρίου καταστρώματος του πλοίου.

Ακόμα πιο σύγχρονα υγραεριοφόρα φέρουν δεξαμενές τύπου μεμβράνης. Σημειώνεται πως η μεταφορά των υγραερίων γίνεται είτε σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, που για ορισμένα φθάνει τους - 250°F, είτε σε υψηλές πιέσεις. Τούτο παρουσιάζει πολλές δυσχέρειες καθώς και ιδιαίτερους κινδύνους. Έτσι εξ αντικειμένου τα πλοία αυτά θεωρούνται λίαν επικίνδυνα σε ατυχήματα και για το λόγο αυτό τα μέτρα ασφαλείας που λαμβάνονται σ' αυτά είναι πολύ σχολαστικά. Η προσέγγιση τέτοιων πλοίων επιτρέπεται μόνο σε ειδικούς προβλήτες συναφών εγκαταστάσεων που παρέχουν σε υψηλό βαθμό μέσα ασφαλείας, πρόβλεψης και αντιμετώπισης έκτακτων συνθηκών. Η παγκόσμια χωρητικότητα τέτοιου τύπου πλοίων το 1976 έφθανε τους 3.380.000 κόρους επί της συνολικής παγκόσμιας χωρητικότητας που ήταν 372.000.000 κ.ο.χ., δηλαδή περίπου το 0,9%. Παρά ταύτα η αύξηση σε αριθμό τέτοιων πλοίων είναι μεν αργή αλλά σταθερή αφού αυξάνονται οι παγκόσμιες ανάγκες σε κατανάλωση υγραερίων, όπου μέσα σε μια μόνο δεκαετία 1960-1970 αυτή είχε διπλασιαστεί από 20 σε 42 δισεκατομμύρια κυβικού πόδες.

Στις σύγχρονες θαλάσσιες μεταφορές παρατηρούνται δύο βασικοί τύποι υγραεριοφόρων πλοίων:

1. Τα Υγραεριοφόρα φυσικού αερίου, λεγόμενα και δεξαμενόπλοια ή τάνκερ φυσικού αερίου, (Gas Tanker-LNG), εκ του Liquefied Natural Gas, και
2. Τα Υγραεριοφόρα πετρελαϊκού αερίου, λεγόμενα αντίστοιχα δεξαμενόπλοια ή τάνκερ πετρελαϊκού αερίου (Gas Tankers-LPG), εκ του Liquefied Petroleum Gas.

Η χωρητικότητα των πλοίων αυτών έχει επικρατήσει να υπολογίζεται και να δηλώνεται σε κυβικά μέτρα με διεθνές σύμβολο cbm. Μία από τις μεγαλύτερες πλοιοκτήτριες εταιρίες τέτοιου τύπου πλοίων είναι η ελληνική εταιρία Stealth Gas του Ομίλου Βαφειά της οποίας ο στόλος αριθμεί περίπου 40 πλοία LPG, των οποίων οι ονομασίες τους, στη πλειονότητά τους, έχουν πρώτο συνθετικό τη λέξη Gas, π.χ. Gas Marathon, Gas Chios.

Το πώς θα σχεδιαστεί ένα υγραεριοφόρο πλοίο εξαρτάται από:

1. Το είδος των προϊόντων που θα μεταφέρει,
2. Τις συνθήκες στις οποίες θα μεταφέρεται το φορτίο (ψύξη/πίεση/ενδιάμεσης κατάσταση) και
3. Τα λιμάνια που πρόκειται να καλέσει μέσα στο Trading Area του.

Τα φορτία των υγραεριοφόρων, μεταφέρονται όλα σε υγρή κατάσταση, είτε υπό πίεση και συνθήκες περιβάλλοντος (temperature) είτε σε ψύξη και υπό ατμοσφαιρική πίεση ή σε συνδυασμό αυτών των δύο.

Οι τύποι των υγραεριοφόρων είναι:

1. Pressurized,
2. Semi-Pressurize,
3. Semi-Refrigerated,
4. Semi-Pressurize Fully Refrigerated και
5. Fully Refrigerated.

Παρακάτω αναλύονται οι κατασκευαστικές τους ιδιαιτερότητες καθώς και τα μειονεκτήματα - τα πλεονεκτήματα και η χρήση αυτών στην εποχή μας.

ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Το πρώτο Πλοίο μεταφοράς LNG Methane Princess (5034 τόνοι dwt) αποχώρησε από το Calcasieu ποταμό στην ακτή του Κόλπου της Λουϊζιάνας στις 25-01-1959, με φορτίο υγροποιημένου φυσικού αερίου και έπλευσε προς το Ηνωμένο Βασίλειο, όπου το φορτίο παραδόθηκε..

Το εμπόριο άρχισε, στα τέλη του 1960, από την εξαγωγή υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Αλάσκα στην Ιαπωνία. Δύο πλοία, το καθένα με χωρητικότητα 71.500 κυβικά μέτρα χτίστηκαν στη Σουηδία. Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 η αμερικανική κυβέρνηση ενθάρρυνε ΗΠΑ ναυπηγεία για την κατασκευή πλοίων μεταφοράς LNG, και συνολικά 16 πλοία ΥΦΑ χτίστηκαν. Η τέλη του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 έφερε την προοπτική της Αρκτικής πλοίων ΥΦΑ με μια σειρά έργων υπό μελέτη. Με την αύξηση της παραγωγικής ικανότητας φορτίου ~ 143.000 κυβικά μέτρα, τα νέα σχέδια δεξαμενή αναπτύχθηκαν, από Moss σε Technigaz Mark III και Gaztransport No.96.

Τα τελευταία χρόνια, το μέγεθος και η χωρητικότητα των πλοίων μεταφοράς LNG έχει αυξηθεί σημαντικά. Μέχρι το τέλος του 2005 συνολικά 203 σκάφη έχουν κατασκευαστεί, εκ των οποίων 193 είναι ακόμη σε λειτουργία. Από το 2005, το Qatargas υπήρξε πρωτοπόρος στην ανάπτυξη των δύο νέων κατηγοριών πλοίων μεταφοράς LNG, που αναφέρεται ως Q-Flex και Q-Max. Κάθε πλοίο έχει μεταφορική ικανότητα μεταξύ 210.000 και 266.000 κυβικά μέτρα και είναι εξοπλισμένο με νέα εγκατάσταση υγροποίησης. Αυτή τη στιγμή υπάρχει μια έκρηξη στο στόλο, με συνολικά περισσότερα από 140 σκάφη κατά παραγγελία στα ναυπηγεία του κόσμου. Σήμερα η πλειοψηφία των νέων πλοίων υπό κατασκευή είναι το μέγεθος των 120.000 m³ με 140.000 m³. Αλλά υπάρχουν παραγγελίες για πλοία με χωρητικότητα έως και 260.000 m³. Στις 6 Μαρτίου 2010, υπήρχαν 337 πλοία που εκτελούν ΥΦΑ στη διακίνηση των βαθέων υδάτων υγροποιημένου φυσικού αερίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ LNG

Μετρά Προστασίας καθ' όλη την παραμονή των Υγραεριοφόρων στα λιμάνια.

1. πρώτα πλευρισμένο στην προβλήτα θα πρέπει καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής του να είναι προσδεμένο με ασφάλεια. Θα πρέπει κατά διαστήματα να γίνονται έλεγχοι στα σχοινιά και στα συρματόσχοινα πλώρα πρίμα να είναι τεντωμένα και το πλοίο σε επαφή με τη προβλήτα έτσι ώστε να μην παλινδρομεί πλώρα-πρύμα και ούτε να ανοιγοκλείνει πράγμα πολύ επικίνδυνο. Δεμένο το πλοίο δεν θα έχουμε τα βαρούλκα στο αυτόματο διότι πολλές είναι οι περιπτώσεις που δεν λειτούργησαν σωστά.
2. τα σύρματα ρυμούλκησης έκτακτης ανάγκης να ελέγχονται τακτικά, να είναι δεμένα με ασφάλεια στις μπιντές, να έχουν τα απαιτούμενα μπόσικα στην κουβέρτα και οι γάζες τους εξωτερικά να βρίσκονται στο σωστό ύψος από τη θάλασσα. Τοποθετημένα στη πλευρά του πλοίου που βλέπει στην θάλασσα ή αν είναι προσδεμένο το πλοίο σε σημαντήρα στην αντίθετη πλευρά από εκείνη που είναι η μάνικα.
3. κάτω από τη σκάλα επιβίβασης ή αποβίβασης πλοίου/στεριάς πρέπει να στερεώνεται δίκτυ ασφαλείας επίσης κοντά στη σκάλα να υπάρχει κυλινδρικό σωσίβιο και τη νύκτα να φωτίζεται κατάλληλα. Θα πρέπει να απαγορεύεται η είσοδος στο πλοίο σε άτομα που δεν έχουν νόμιμη εργασία ή δεν έχουν άδεια του πλοιάρχου.
4. οι μάνικες πυρκαγιάς και οι πυροσβεστήρες πρέπει να είναι στη θέση τους έτοιμοι για άμεση χρήση.
5. οι μάνικες ή οι μεταλλικοί βραχίονες φορτίου και καυσίμων πρέπει να αρματώνονται σωστά, όλες οι συνδέσεις με φλάντζες πρέπει να έχουν όλες τις βίδες (μπουλόνια) και να ελέγχονται για τυχόν διαρροές.
6. όλα τα μπούνια πρέπει να είναι φραγμένα αποτελεσματικά. Το νερό που συγκεντρώνεται πρέπει περιοδικά να αποστραγγίζεται. Στην περιοχή των λήψεων φορτίου δηλ. στα μάνιφολντς τα μόνιμα ή φορητά δοχεία για τις μικροδιαρροές θα πρέπει να αδειάζοντας κατάλληλα οποτεδήποτε απαιτείται αλλά πάντοτε μετά το πέρας του συγκεκριμένου χειρισμού.
7. οι λήψεις του φορτίου και των καυσίμων που δεν χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι φραγμένες με τυφλές φλάντζες και με όλες τις βίδες.
8. τα επιστόμια θαλάσσης και τα επιστόμια εκβολής στη θάλασσα όταν δεν χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι κλειστά και ασφαλισμένα. Πάντοτε ελέγχουμε εξωτερικά του πλοίου ολόγυρα για τυχόν διαρροή φορτίου.
9. όλα τα καλύμματα στα κουβούκλια και τις δεξαμενές καυσίμων πρέπει να είναι κλειστά, εκτός από τα ανοίγματα που χρησιμοποιούνται για τον εξαερισμό των δεξαμενών. Εκτός από τα Δ/Ξ μεταφοράς υγραποιημένων αερίων, τα σημεία μέτρησης κενών και λήψης δειγμάτων μπορούν να ανοίγονται για λίγο διάστημα που απαιτείται για τη μέτρηση ή τη δειγματοληψία. Κλειστά συστήματα μέτρησης και δειγματοληψίας πρέπει να χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται από εθνικούς ή τοπικούς κανονισμούς. Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση του φορτίου και τους διεθνείς, εθνικούς και τοπικούς κανονισμούς το σύστημα εξαερισμού των δεξαμενών θα είναι είτε ανοικτό στην ατμόσφαιρα είτε μόνιμο, που περιλαμβάνει και το σύστημα αδρανούς αερίου ή προς τη ξηρά μέσω άλλων συστημάτων συγκέντρωσης εξατμίσεων.
10. οι φακοί πρέπει να είναι εγκεκριμένου τύπου ως επίσης και τα μέσα συνεννόησης.
11. τα ανακουφιστικά επιστόμια πρέπει να είναι καλά συντηρημένα και να ελέγχονται.

12. τα καλώδια των φορητών ηλεκτρικών ειδών εξοπλισμού πρέπει να είναι αποσυνδεδεμένα από τις ηλεκτρικές πηγές ενέργειας. Τα τηλεφωνικά καλώδια που χρησιμοποιούνται στο σύστημα επικοινωνίας πλοίου / ξηράς πρέπει κατά προτίμηση να περνάνε έξω από την επικίνδυνη ζώνη. Οποudήποτε αυτό δεν είναι κατορθωτό τα καλώδια θα πρέπει να τοποθετούνται και να προστατεύονται με τρόπο που να μη δημιουργείται κίνδυνος από τη χρήση τους.
13. κατά τους χειρισμούς φορτίου όλες οι εξωτερικές πόρτες και φινιστρίνια των χώρων ενδιαίτησης πρέπει να είναι κλειστές, να έχουν εμφανή σήμανση αλλά ποτέ να μην είναι κλειδωμένες.
14. το κάπνισμα επιτρέπεται μόνο σε χώρους που καθορίζονται από τον πλοίαρχο σε συνεννόηση με τον διευθυντή της τερματικής εγκατάστασης ή τον αντιπρόσωπο του.
15. πρέπει να τηρούνται οι απαιτήσεις σχετικά με τις ακάλυπτες πηγές ανάφλεξης. Λέγοντας ακάλυπτες πηγές ανάφλεξης εννοούμε φωτιά, δημιουργία σπινθήρα, ακάλυπτο φώς και κάθε επιφάνεια με θερμοκρασία ίση ή υψηλότερη από την ελάχιστη θερμοκρασία ανάφλεξης των προϊόντων που γίνεται ο χειρισμός.
16. εκτός από τη σκάλα επιβίβασης στο πλοίο θα πρέπει να υπάρχει πρόσθετος ασφαλής και γρήγορος τρόπος διαφυγής έκτακτης ανάγκης. Στο πλοίο ο τρόπος διαφυγής μπορεί να είναι σωσίβια βάρκα κατά προτίμηση στη πρυμνιά άκρη του πλοίου, έτοιμη για άμεση χρήση.
17. οι μάνικες ή οι μεταλλικοί βραχίονες φορτίου και καυσίμων πρέπει να έχουν μονωτικές φλάντζες για να διακόπτουν την ηλεκτρική συνέχεια πλοίου / ξηράς και να αποφεύγεται ο σπινθήρας κατά τη σύνδεση ή αποσύνδεση τους.
18. καθ όλη τη διάρκεια χειρισμών φορτίου το σύστημα αερισμού του αντλιοστασίου πρέπει να είναι σε λειτουργεί.
19. έξω από το υπερστέγασμα (deck house) σε εμφανή υδατοστεγή χώρο πρέπει να υπάρχουν σχέδια πυρκαγιάς έκτακτης ανάγκης και κατάλογοι πληρώματος του πλοίου. Αυτά θα βοηθήσουν το προσωπικό καταπολέμησης πυρκαγιάς της ξηράς.
20. εάν οι δεξαμενές του πλοίου είναι αδρανοποιημένες θα πρέπει να εξασφαλίζουμε τη σωστή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και τη θετική πίεση.
21. σε πλοίο μεταφοράς αργού πετρελαίου όταν γίνεται πλύσιμο με αργό πετρέλαιο θα πρέπει να ελέγχουμε τα μηχανήματα πλύσης να λειτουργούν σωστά να προγραμματίζονται σύμφωνα με το εγχειρίδιο και να γίνεται το πλύσιμο στις καθορισμένες δεξαμενές.
22. να ελέγχονται όλες οι σωληνώσεις φορτίου, πλυσίματος, γενικά το κατάστρωμα, το αντλιοστάσιο, ιδιαίτερα οι μάνικες ή οι μεταλλικοί βραχίονες και η γύρω περιοχή για τυχούσα διαρροή ούτως ώστε να ανακαλυφθεί στην αρχή και να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπιση της.
23. επιπροσθέτως σε όλα τα Δ/Ξ, χημικά και στα υγραεριοφόρα πλοία θα πρέπει να έχουμε τις απαραίτητες πληροφορίες για τον ασφαλή χειρισμό των φορτίων και όπου απαιτείται πιστοποιητικό ανάσχεσης φορτίου. Οι πληροφορίες φορτίου θα περιλαμβάνουν:
- A) σχεδιάγραμμα φόρτωσης όπου θα δείχνεται που φορτώθηκαν τα φορτία κατά είδη και ποσότητες.
 - B) ενέργειες που λαμβάνονται σε περίπτωση διαρροής φορτίου.
 - Γ) μέτρα που λαμβάνονται στην περίπτωση που έλθει άνθρωπος σε επαφή με το φορτίο.
 - Δ) Διαδικασία καταπολέμησης πυρκαγιάς και μέσα κατάσβεσης.
 - Ε) διαδικασίες για μεταφορά φορτίου, απαλλαγή από τα βλαβερά αέρια, ερματισμό, πλύσιμο δεξαμενών και αλλαγή φορτίων.
 - Ζ) ειδικός εξοπλισμός που απαιτείται για τον ασφαλή χειρισμό των φορτίων.
 - Η) διαδικασία εκτάκτου ανάγκης.
24. το σύστημα ψεκασμού με νερό πρέπει να είναι έτοιμο για χρήση.

25. επαρκείς φορητές αναπνευστικές συσκευές και προστατευτικά ρούχα έτοιμα για άμεση χρήση. Δεν αρκεί μόνο η επίδειξη της αναπνευστικής συσκευής, θα πρέπει το άτομο να εκπαιδεύεται, να εξοικειώνεται στη χρήση της και ασφαλώς δεν θα πρέπει να έχει γενειάδα στο πρόσωπο, για να είναι αεροστεγής η προσωπίδα.
26. στα υγραεριοφόρα ο θάλαμος των αεροσυμπιεστών πρέπει να αερίζεται κατάλληλα και ο θάλαμος των ηλεκτρικών κινητήρων να έχει θετική πίεση. Το σύστημα συναγερμού να είναι σε λειτουργία. Οι ανεμιστήρες θα πρέπει να μπαίνουν σε λειτουργία τουλάχιστο δέκα λεπτά πριν από την έναρξη χειρισμών και να λειτουργούν χωρίς διακοπή κατά τη διάρκεια χειρισμών φορτίου.
27. πηγαίνοντας στο Δ/Ξ θυμήσου ότι δεν πρέπει να φέρεις μαζί σου αναπτήρα ή σπέρτα ασφαλείας. Φρόντισε να φοράς υγιεινά ρούχα, ευρύχωρα και όχι συνθετικά καθ' όσον γνωρίζεις ότι αν εκτεθεί σε υψηλή θερμοκρασία το συνθετικό ρούχο θα λιώσει και θα δημιουργήσει έγκαυμα στο σώμα.
28. μη μεταφέρεις στην επικίνδυνη ζώνη ραδιόφωνο, φωτογραφική μηχανή, κασετόφωνο, Η/Υ κλπ. Εκτός θα έλεγα μόνο από μικρά ατομικά είδη που λειτουργούν με μπαταρίες όπως ρολόγια. Τα μικροσκοπικά ακουστικά βαρηκοΐας και οι βηματοδότες καρδιάς δεν αποτελούν σημαντικές πηγές ανάφλεξης.
29. πάντα να θυμάστε ότι οτιδήποτε μεταλλικό εξάρτημα φύγει από τα χέρια σας ακόμη και αν θεωρείται εργαλείο που δεν παράγει σπινθήρα (Non-Ferrous so called Non - Sparkling Tool) θα κτυπήσει σε μέταλλο και μπορεί να δημιουργηθεί εμπρηστικός σπινθήρας, εκτός και αν είναι ψευδάργυρος μόνο.
30. απορροφητικά υλικά που προέρχονται από φυτικές ίνες όπως στουπιά, μουσαμάδες κλπ ποτισμένα με πετρέλαιο ή ακόμη χειρότερα με φυτικά λάδια αν βρεθούν κοντά σε θερμικές επιφάνειες μπορεί να αναφλέγουν από θερμότητα η οποία παράγεται από εξωθερμική χημική αντίδραση εντός του υλικού χωρίς να εκτεθούν σε εξωτερική πηγή ανάφλεξης.
31. μη πτητικά φορτία όταν, ιδιαίτερα, κάτω από πίεση πέφτουν υπό μορφή ψεκασμού (SPRAY) πάνω σε θερμές επιφάνειες παρόν ο αέρας βέβαια αυταναφλέγονται. Επίσης όταν καύσιμο (FUEL) στάξει πάνω σε σωλήνα ατμού στη συνέχεια εξατμίζεται και αυταναφλέγεται. Θερμομονωτικές επενδύσεις που είναι ποτισμένες με λάδι θα πρέπει να αντικαθίστανται. Η διαρροή φορτίου είναι κίνδυνος πυρκαγιάς και κίνδυνος ρύπανσης της θάλασσας.

Κίνδυνοι LNG

Οι κύριοι κίνδυνοι από LNG προκύπτουν από την κρυογόνο θεοκρασία του (-162 °C), την ευφλεκτότητα του και τα χαρακτηριστικά διασποράς του ατμού που δημιουργείται. Σε υγρή μορφή, το LNG από μόνο του ούτε θα καεί ούτε θα εκραγεί. Το μεθάνιο, το κύριο συστατικό του LNG, είναι άχρωμο και άγευστο και είναι ταξινομημένο ως απλό ασφυξιογόνο στην ανθρώπινη έκθεση. Το LNG εξατμίζεται ταχύτατα όταν εκτίθεται σε περιβαλλοντικές περιοχές θερμότητες όπως το θαλασσινό νερό, δημιουργώντας 620 με 630 m³ φυσικού αερίου για κάθε 1 m³ υγροποιημένου φυσικού αερίου. Όταν διαρρεύσει πάνω στο νερό, το LNG θα παράγει αρχικά ένα σύννεφο ατμού (οι κρύοι ατμοί είναι πυκνότεροι από τον αέρα και μένουν πιο κοντά στο νερό ή στο έδαφος). Καθώς αναμιγνύεται το σύννεφο αυτό με τον αέρα, θερμαίνεται και διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα. Εάν δεν υπάρξει ανάφλεξη, το εύφλεκτο σύννεφο ατμού θα παρασυρθεί από τον αέρα έως ότου τα αποτελέσματα της διασποράς αραιώσουν τους ατμούς σε επίπεδα κάτω από την ελάχιστη συγκέντρωση που το κάνει εύφλεκτο. Σε μια συγκέντρωση 5% του αερίου στον αέρα, οι LNG ατμοί βρίσκονται στο κατώτερο εύφλεκτο όριο τους (lower flammability limit). Κάτω από αυτή την αναλογία ατμού-αέρα, το σύννεφο είναι πολύ αραιωμένο για να υπάρξει ανάφλεξη. Σε ένα ποσοστό 15% αυτής της αναλογίας, οι LNG ατμοί βρίσκονται στο ανώτερο εύφλεκτο όριο τους και

είναι η κατάσταση πέρα της οποίας το σύννεφο είναι πολύ πλούσιο και ανίκανο για ανάφλεξη. Η απόσταση που μπορεί να φτάσει ένα εύφλεκτο σύννεφο ατού LNG εξαιτίας του αέρα, είναι μια συνάρτηση του όγκου του υγρού που διέρρευσε, του ρυθμού της διαρροής αυτής και των καιρικών συνθηκών που επικρατούν εκείνη τη στιγμή. Επίσης, προκειμένου να φτάσει το σύννεφο σε αυτές τις αποστάσεις, θα πρέπει να αποφύγει την ανάφλεξη. Διαπιστώνεται, ότι οι μμεγάλες απελευθερώσεις από ένα LNG πλοίο θα απαιτούσαν πιθανώς μια σημαντική πηγή ενέργειας για ανάφλεξη (να παραβιαστεί δηλαδή το εξωτερικό τμήμα της γάστρας, το εσωτερικό μέρος του double hull και η δεξαμενή αποθήκευσης). Ένα γεγονός ικανοποιητικού μμεγέθους ώστε να παραβιάσει τη δεξαμενή του LNG, μπορεί να παρέχει τις πηγές ανάφλεξης. Εάν το εύφλεκτο σύννεφο αναφλέγεται από το γεγονός της έναρξης του ρήγματος ή από κάποιες άλλες πηγές (π.χ. στο σκάφος, σε άλλα κοντινά σκάφη, στην ακτή), η φλόγα θα κατευθυνθεί προς την πηγή παραγωγής του ατού και το εύφλεκτο σύννεφο δεν θα απομακρυνθεί πολύ από το σημείο εκείνο.

Όταν ένα εύφλεκτο μίγμα αερίου-αέρα από LNG διαρροή αναφλέγεται, μπορεί να οδηγήσει σε μια πυρκαγιά λάμψης, η οποία είναι μια πυρκαγιά μμικρής διάρκειας που καίει τους ατμούς που ήδη αναμίχθηκαν με τον αέρα σε εύφλεκτες συγκεντρώσεις. Το μέτωπο της φλόγας κατευθύνεται προς τα πίσω στη περιοχή της διαρροής, υπό τον όρο ότι η συγκέντρωση ατού κατά μμήκος αυτής της πορείας είναι αρκετά υψηλή να συνεχίσει. Ο ρυθμός με τον οποίο το μέτωπο αυτό ταξιδεύει εξαρτώμενο από το άκαυστο αέριο ονομάζεται ελασματική ταχύτητα καψίματος (laminar burning velocity). Ένα μίγμα μεθανίου- αέρα θα καίγεται αργά, τείνοντας να αναφλέξει τα καύσιμα συστατικά του σύννεφου ατού, ενώ οι γρήγορες ταχύτητες της φλόγας οδηγούνται περισσότερο σε πυρκαγιές λάμψης.

Αν και οι LNG ατού μμπορούν να εκραγούν (δημιουργώντας τεράστιες υπερπώσεις) εάν υπάρξει ανάφλεξη μέσα σε περιορισμένο χώρο, όπως ένα κτίριο ή μια κατασκευή, δεν υπάρχει καμία ένδειξη που να προτείνει ότι το LNG εκρήγνυνται σε περίπτωση ανάφλεξης σε ανοιχτό χώρο. Έχουν γίνει πειράματα σχετικά με τον καθορισμό του πότε μμπορεί να εκραγούν τα μίγματα μεθανίου- αέρα και μέχρι σήμερα είναι αρνητικά.

Οι κύριοι κίνδυνοι από LNG σχετίζονται με την εύφλεκτη διασπορά του ατού και την θερμική ακτινοβολία που προκαλείται. δευτερογενείς κίνδυνοι, όπως κρυογόνα εγκαύματα και ασφυξία, είναι χαρακτηριστικά εντοπισμένα στις διαδικασίες μμεταφορών και αποθήκευσης του LNG.

Το LNG είναι λιγότερο επικίνδυνο από το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG) και το υγροποιημένο αιθυλένιο, τα οποία έχουν μμεγαλύτερο ειδικό βάρος, μμεγαλύτερη τάση στο να δημιουργήσουν εκρηκτικά σύννεφα ατού, απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την ανάφλεξη τους και έχουν υψηλότερες θεμελιώδεις ταχύτητες καψίματος. Το LNG δεν είναι τοξικό και εξατμίζεται ακαριαία, επομένως οι μμακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιδράσεις από μια απελευθέρωση είναι αμελητέες εάν δεν υπάρχει καμία ανάφλεξη των φυσικών ατού αερίου. Παρακάτω παρουσιάζονται οι διάφοροι κίνδυνοι που σχετίζονται με μια διαρροή υγροποιημένου φυσικού αερίου στο νερό, όπως τους έχει κατηγοριοποιήσει ο ABS (2004).

- Κίνδυνοι πυρκαγιάς
- Εκρήξεις
- Άμεση μμεταβατική φάση (RPT)
- Κρυογόνες επιδράσεις

A.ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Το LNG ατμοποιείται γρήγορα δεδομένου ότι απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον, και ο προκύπτων ατμός είναι εύφλεκτος όταν αναμειγνύεται στον αέρα στις συγκεντρώσεις από 5 σε 15% (κατά όγκο). Οι ιδιότητες του σχετικά με τη φωτιά είναι συγκρίσιμες με άλλα ελαφριά καύσιμα υδρογονανθράκων. Η μόνη σημαντική διαφορά είναι ότι το μοριακό βάρος του είναι αρκετά μικρότερο από αυτό του αέρα, έτσι μόλις θερμανθεί πάνω από περίπου -162°F (-108°C) θα γίνει λιγότερο πυκνό από τον αέρα και θα τείνει να αυξηθεί και να διασκορπίσει γρηγορότερα. Εντούτοις, ο LNG ατμός στο κανονικό Σημείο βρασμού του -259°F (-162°C) είναι 1.5 φορές πυκνότερος από τον αέρα σε 77°F (25°C). Υπάρχουν 3 είδη πυρκαγιών: η πυρκαγιά λίμνης, jet fires και πυρκαγιές λάμψης.

Πυρκαγιά λίμνης - Όταν ένα εύφλεκτο υγρό απελευθερώνεται από μια δεξαμενή αποθήκευσης ή μια σωλήνωση, μια υγρή λίμνη μπορεί να δημιουργηθεί. Καθώς σχηματίζεται αυτή η λίμνη, ένα μέρος του υγρού θα εξατμιστεί, και αν το εύφλεκτο αυτό σύννεφο βρει μια πηγή ανάφλεξης, η φλόγα μπορεί να ταξιδέψει προς τα πίσω στη διαρροή, προκαλώντας μια πυρκαγιά στη λίμνη, πάνω από την οποία καίγεται το σύννεφο ατμού που μόλις είχε εξατμιστεί από αυτήν και αναμίχθηκε με τον αέρα.

Jet fire - Εάν τα συμπιεσμένα ή υγροποιημένα αέρια διαρρεύσουν από την δεξαμενή αποθήκευσης ή από διάφορες σωληνώσεις, τα υλικά που απελευθερώνονται από την τρύπα θα σχηματίσουν ένα gas jet που παρασύρεται και αναμειγνύεται με τον περιβάλλον αέρα. Εάν το υλικό αυτό συναντήσει κάποια πηγή ανάφλεξης καθώς βρίσκεται εύφλεκτη απόσταση, μια jet πυρκαγιά μπορεί να συμβεί. Για LNG αποθηκευόμενα σε χαμηλή πίεση ως υγρά, όπως γίνεται στα LNG βυτιοφόρα, τέτοιου είδους πυρκαγιά είναι απίθανη. Μπορούν μόνο να συμβούν κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης ή της μεταφοράς όταν οι πιέσεις είναι αυξημένες λόγω της άντλησης

Πυρκαγιά λάμψης - Όταν ένα πτητικό, εύφλεκτο υλικό απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, ένα σύννεφο ατμού σχηματίζεται και διασκορπίζεται (αναμειγνύεται με τον αέρα). Εάν το επακόλουθο σύννεφο ατμού αναφλέγεται προτού να αραιωθεί κάτω από LFL του, μια πυρκαγιά λάμψης μπορεί να εμφανιστεί. Η καύση εξαφανίζεται συνήθως σε τμήματα του σύννεφου (εκεί όπου αναμειγνύεται με τον αέρα στις εύφλεκτες συγκεντρώσεις) παρά σε ολόκληρο το σύννεφο. Μια πυρκαγιά λάμψης μπορεί να κάψει προς τα πίσω στο σημείο απελευθέρωσης, με συνέπεια μια πυρκαγιά λίμνης ή jet fire, αλλά είναι απίθανο να παραγάγει τις καταστρεπτικές υπερπιέσεις και να οδηγήσει σε έκρηξη.

B.ΕΚΡΗΞΕΙΣ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, μια πυρκαγιά λάμψης μπορεί να εμφανιστεί εάν απελευθερωθεί LNG στην ατμόσφαιρα και αναφλεγεί. Εάν συμβεί αυτό σε ανοιχτές περιοχές, το μεθάνιο δεν είναι γνωστό για τις καταστρεπτικές υπερπιέσεις που δημιουργεί. Εντούτοις, εάν υπάρχει κάποιος περιορισμός στο σύννεφο ατμού, το μεθάνιο μπορεί να προκαλέσει τέτοιες καταστρεπτικές υπερπιέσεις που θα οδηγήσουν σε έκρηξη. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να παρασχεθεί από διαστήματα μέσα στο πλοίο ή γειτονικών κατασκευών, όπως κτίρια στη ξηρά ή διπλανά πλοία. Περιοχές ασφυκτικά γεμάτες με εξοπλισμό και κατασκευές μπορούν επίσης να διευκολύνουν τις καταστρεπτικές υπερπιέσεις εάν ένα σύννεφο ατμού αναφλεγεί μέσα σε αυτές. Παραδείγματος χάριν εάν ένα σύννεφο ατμού διεισδύσει σε εγκαταστάσεις χημικών διαδικασιών σε μια περιοχή με διάφορα σκάφη, κατασκευές, και σωληνώσεις και το σύννεφο αναφλεγεί, το τμήμα του σύννεφου μέσα σε εκείνη την κορεσμένη περιοχή μπορεί να παραγάγει τις καταστρεπτικές υπερπιέσεις.

Ένα μεγαλύτερο μέρος όγκου των βαρύτερων υδρογονανθράκων LNG (1) μειώνει την ελάχιστη ενέργεια ανάφλεξης που απαιτείται για την εκτυρσοκρότηση και (2) αυξάνει το ειδικό βάρος του μίγματος υδρογονανθράκων (και ως εκ τούτου μειώνει την τάση να διασκορπιστεί γρήγορα).

Και τα δύο αυτά αποτελέσματα αυξάνουν την πιθανότητα της εμφάνισης καταστροφικών υπερπίεσεων.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να συμβεί κάτι τέτοιο, είναι η διαρροή του υγρού να γίνει σε ένα περιορισμένο χώρο με την ύπαρξη εμποδίων. Μονάχα σε εκείνη την περίπτωση εμφανίζεται το φαινόμενο της έκρηξης, κάτι το οποίο είναι εξαιρετικά δύσκολο να συμβεί, παρόλα αυτά όμως πρέπει να εξεταστεί και το ενδεχόμενο αυτό όσο μικρό και αν είναι. Μέχρι στιγμής δεν έχει παρατηρηθεί τέτοιο συμβάν σε υγραεριοφόρα καθώς κατά ένα συντριπτικό ποσοστό το υγρό διαρρέει στη θάλασσα και όχι σε εσωτερικά τμήματα του πλοίου.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια μέθοδος που μπορούμε να ακολουθήσουμε σε περίπτωση έκρηξης, έτσι ώστε να εκτιμήσουμε τις επιπτώσεις στον άνθρωπο και στις κοντινές κατασκευές.

Μέθοδος βέλτιστης φλόγας (Baker strehlow)

Η μέθοδος Baker-Strehlow (Baker et al. 1996, et al. 1998) προτάθηκε το 1996 και βασίζεται στη ιδέα των παρεμποδιζομένων περιοχών στην οποία η παρουσία εμποδίων στην εξάπλωση της φλόγας προκαλεί έκρηξη μεγάλης ισχύος. Η καθοριστική παράμετρος στην επιλογή της ισχύος της έκρηξης είναι η Ταχύτητα της Φλόγας.

Αυτή καθορίζεται από:

1. τον τρόπο εξάπλωσης της φλόγας
2. τη δραστικότητα του καυσίμου
3. την πυκνότητα των εμποδίων

Θα καθοριστούν πρώτα οι διαστάσεις του νέφους και στη συνέχεια η ενέργεια της έκρηξης. Στη συνέχεια η υπερπίεση θα υπολογιστεί ως συνάρτηση της αδιάστατης απόστασης με παράμετρο την ταχύτητα της φλόγας. Οι επιπτώσεις της έκρηξης στους ανθρώπους και στα υλικά θα υπολογιστούν στο τέλος ως συνάρτηση της υπερπίεσης σε δεδομένη απόσταση.

Διαστάσεις νέφους

Ο όγκος του προκύπτοντος νέφους (που αποτελείται από το φυσικό αέριο και τον απαιτούμενο αέρα), V (m^3), υπολογίζεται με βάση τη στοιχειομετρία της αντίδρασης, από τη οποία προκύπτει ο όγκος του απαιτούμενου οξυγόνου και συνεπώς του απαιτούμενου αέρα. Στην περίπτωση μας, που το διαρρέον ρευστό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση, θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί ο ρυθμός εξάτμισης του υγρού, με το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μέχρι την έναρξη της έκρηξης προκειμένου να υπολογιστεί η ποσότητα του υλικού που συμμετέχει στη δημιουργία του αέριου νέφους.

Ταχύτητα φλόγας

Όπως ήδη ειπώθηκε, η βασική παράμετρος επιλογής της ισχύος της έκρηξης είναι η ταχύτητα της φλόγας. Η παρουσία εμποδίων στην εξάπλωση της φλόγας δημιουργεί επιπλέον συνιστώσες ταχύτητας με αποτέλεσμα το μέτωπο της φλόγας να εμφανίζει πτυχώσεις και έτσι να αυξάνεται η επιφάνεια του. Λόγω της αύξησης του μετώπου της φλόγας, απαιτείται περισσότερη κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα χρόνου, και έτσι αυξάνει ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι η αύξηση της ταχύτητας της φλόγας.

Ο τρόπος εξάπλωσης της φλόγας χωρίστηκε σε 3 κατηγορίες:

3-D: Όταν μια φλόγα είναι ελεύθερη να επεκταθεί σε 3 διαστάσεις (σφαιρικά ή ημισφαιρικά), η συνολική επιφάνεια της φλόγας αυξάνεται ανάλογα με του τετραγώνου της απόστασης από το σημείο ανάφλεξης. Το πεδίο ροής που προκαλείται από τη φλόγα μπορεί να εξασθενίζει ελεύθερα σε 3 διαστάσεις. Για το λόγο αυτό οι ταχύτητες ροής είναι χαμηλές, και έτσι οι αναταραχές ροής λόγω εμποδίων είναι μικρές. Επιπλέον η επίδραση αυτών των αναταραχών στην ταχύτητα της φλόγας είναι μικρή, καθότι επηρεάζουν μόνον ένα μικρό τμήμα τη αρχικής επιφάνειας.

2-D: τη δυσδιάστατη εξάπλωση (π.χ. εξάπλωση κυλινδρικής φλόγας κάτω από συμπαγές κατάστρωμα) η συνολική επιφάνεια της φλόγας είναι ανάλογη της απόστασης από το σημείο ανάφλεξης. Συνεπώς, παραμορφώσεις της επιφάνειας της φλόγας, θα έχουν μεγαλύτερη επίδραση από την τρισδιάστατη εξάπλωση και αναταράξεις στο πεδίο ροής θα είναι επίσης ισχυρότερες.

1-D: Κατά τη μονοδιάστατη εξάπλωση (π.χ. εξάπλωση φλόγας μέσα σε ένα σωλήνα) η επιφάνεια της φλόγας είναι σταθερή, σχεδόν δεν υφίσταται εξασθένιση του πεδίου, και δεν υπάρχει απόκλιση από το ισχύον πεδίο ροής. Αποτέλεσμα αυτών είναι ένας ισχυρότατος μηχανισμός ανάδρασης για την αύξηση της επιτάχυνσης της φλόγας.

Η δραστικότητα του καυσίμου χωρίστηκε επίσης σε 3 κατηγορίες.

Χαμηλή δραστικότητα θεωρήθηκε ότι παρουσιάζουν μόνο αέρια όπως το μεθάνιο, το οποίο στη περίπτωση του φυσικού αερίου είναι το βασικότερο συστατικό. Υψηλή παρουσιάζουν το υδρογόνο, το ακετυλένιο και μερικά άλλα ενώ η πλειοψηφία των καυσίμων ανήκει στη μεσαία δραστικότητα.

Η πυκνότητα των εμποδίων είναι η δυσκολότερη παράμετρος για να ποσοτικοποιηθεί. Έχουν γίνει πολλές, πολύ πολύπλοκες προσπάθειες για το σκοπό αυτό που είναι πέραν του σκοπού της μελέτης αυτής. Έτσι η μεταβλητή αυτή παραμένει στη λογική κρίση του αναγνώστη.

Γ.ΑΜΕΣΗ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΦΑΣΗ (RAPID PHASE TRANSITION)

Η άμεση μεταβατική φάση είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα φαινόμενο που αναγνωρίζεται σε μερικά LNG πειράματα απελευθέρωσης, που περιλαμβάνουν τη σχεδόν στιγμιαία μετάβαση του υγρού στη φάση ατμού και μια σχετικά γρήγορη αύξηση πίεσης. Όταν το LNG διαμορφώνει μια λίμνη στο νερό, η θερμότητα από το νερό το ατμοποιεί γρήγορα, εντούτοις, αυτός ο βρασμός δεν είναι το φαινόμενο καλούμενο RPT. Σε ένα RPT, ένα μέρος του LNG αλλάζει από την υγρή στην αέρια μορφή ουσιαστικά στιγμιαία. Αν και ο φυσικός μηχανισμός δεν γίνεται απόλυτα κατανοητός, η RPT αποδίδεται στην υπερθέρμανση του LNG.

Μια RPT μπορεί να οδηγήσει σε δύο τύπους αποτελεσμάτων:

- (1) υπερπίεση ως αποτέλεσμα της γρήγορης αλλαγής φάσης και
- (2) διασπορά της «ριπής» LNG που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα.

Οι γρήγορες αλλαγές φάσης έχουν προκαλέσει πολυάριθμες εκρήξεις ατμού σε χυτήρια και σε άλλες βιομηχανικές διαδικασίες, αλλά δεν έχουν οδηγήσει σε σημαντικά ατυχήματα σχετικά με τη μεταφορά LNG. Τα γεγονότα άμεσης μεταβατικής φάσης μπορεί να είναι αρκετά βίαια και να εκτινάξουν τμήμα του υγρού στον αέρα. Ένα μεγάλο μέρος του LNG θα εκτιναχθεί και στην συνέχεια θα εξατμιστεί καθώς θα πέφτει προς τα κάτω. Η πηγή από την οποία παράγεται ο ατμός θα είναι διαφορετική συγκριτικά με μια ομαλώς διαδιδόμενη λίμνη, με πιθανές μεγάλες επιδράσεις στην διασπορά του σύννεφου στον αέρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η επικύρωση μοντέλων σχετικά με ομαλή εξάπλωση και ατμοποίηση της λίμνης σε πειράματα μεγάλης κλίμακας, μπορεί να μην είναι εφικτή ή ακόμα και σχετική.

Η RPT δημιουργεί ένα εκρηκτικό κύμα, το οποίο μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις παρακείμενες περιοχές. Παρά όλα αυτά όμως, όλες οι ενδείξεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι δεν θα υπάρξει κάποιο ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα σχετικά με γεγονότα RPT σε πλοία LNG με γάστρα από χάλυβα. Σαν ένα παράδειγμα, μπορεί να αναλυθεί ένα σενάριο διαρροής 150 m³ από ένα LNG πλοίο. Η εκτιμώμενη ενέργεια που θα εκλυθεί πάνω στη γάστρα του LNG πλοίου είναι 60KJ/m³, ικανή να την παραμορφώσει αλλά όχι να την παραβιάσει.

Λ. ΚΡΥΟΓΟΝΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Τα LNG βυτιοφόρα σχεδιάζονται ώστε αποτρέψουν την επαφή των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχωμάτων της γάστρας με το LNG. Είναι δυνατόν ότι μια απελευθέρωση υγρού LNG στο εσωτερικό τοίχωμα θα προκαλούσε χαμηλές θερμοκρασίες σε περιοχές του τοιχώματος που δεν σχεδιάζονται για αντοχή σε Κρυογόνες θερμοκρασίες.

Μια μελέτη από τον Lloyd (2001) περιλαμβάνει συνοπτικές περιγραφές 10 LNG διαρροών από LNG βυτιοφόρα που εμφανίστηκαν μεταξύ 1965 και 1989. Επτά από αυτές τις δέκα οδήγησαν στο σπάσιμο των καλυμμάτων του καταστρώματος ή της δεξαμενής αποθήκευσης, αλλά κανένα από τα δεν προκάλεσε τη σοβαρή δομική ζημία. Λαμβάνοντας υπόψη τα σημεία όπου η ζημία εμφανίστηκε (δηλ. κάλυμμα δεξαμενής ή καταστρώματος), είναι πιθανό ότι όλες αυτές οι απελευθερώσεις εμφανίστηκαν από τα συστήματα σωληνώσεων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των LNG μεταφορών. Επίσης, τα σκάφη που χτίζονται από το 1976 πρέπει να συμμορφωθούν με τους τρέχοντες κανόνες σχεδίου σκαφών και σχεδιάζονται με χάλυβα που απαιτείται για τις χαμηλές αυτές θερμοκρασίες.



LNG Tanker Fire

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΩΝ LNG.

Υλικά κατασκευής

Η γάστρα ενός LNG δεξαμενόπλοιου κατασκευάζεται συνήθως από έναν συνδυασμό βαθμών ελαφρού χάλυβα. Κατά Lloyd' s Register χάλυβες βαθμού A χρησιμοποιούνται συνήθως για ελάχιστες θεοκρασίες κοντά στους 0 °C, βαθμού D από -10 °C έως -5 °C και βαθμού E για ακόμα χαμηλότερες. Βασική επιδίωξη είναι η αποφυγή της άμεσης επαφής του LNG με την μμεταλλική κατασκευή της γάστρας του πλοίου ώστε η θερμοκρασία του χάλυβα να μην πέσει πιο κάτω από εκείνη για την οποία έχει δοκιμαστεί και εγκριθεί. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο είναι πολύ σημαντικό πολλές φορές να χρησιμοποιούνται κάποια μέσα πρόσδωσης θερμότητας στις γειτονικές χαλύβδινες περιοχές των δεξαμενών.

Για την επιλογή των υλικών κατασκευής τόσο της γάστρας του πλοίου όσο και των δεξαμενών φύλαξης του LNG ισχύουν κάποιες προϋποθέσεις:

- Τα υλικά θα πρέπει να είναι ικανά ώστε να αντέχουν σε όλες τις πιέσεις συμπεριλαμβανομένων και αυτών από το στατικό βάρος του φορτίου, των γειτονικών θερμοκρασιών, ιδιαίτερα όταν ψύχονται οι δεξαμενές κατά τις Δυναρικές φορτίσεις που δημιουργούνται όταν κινείται το πλοίο.
- Τέλος τα υλικά αυτά θα πρέπει να είναι λειτουργικά τόσο ως προς την καλή κατασκευή (συγκολλήσεις), όσο και ως προς τον οικολογικό τομέα.

Μονωτικά υλικά

Η μόνωση στην φύλαξη του LNG σε δεξαμενές διαφόρων τύπων είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας, γιατί χάρη σε αυτήν μειώνονται στο ελάχιστο οι λοιπές θερμικές ροές από και προς την δεξαμενή και προστατεύεται η υπόλοιπη μεταλλική κατασκευή του πλοίου από τις κρυογονικές αρνητικές ιδιότητες του LNG. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μονωτικών υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται με επιτυχία. Μερικά από τα μονωτικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι:

- Ξύλο από Balsa
- Ίνες γυαλιού
- Πολυουρεθάνη
- Σιλκόνη με περλιτική επίστρωση

Το εσωτερικό του ενός πλοία μεταφοράς LNG

Σήμερα υπάρχουν τέσσερα συστήματα περιορισμού στη χρήση για την κατασκευή νέων πλοίων. Δύο από τα σχέδια είναι του εαυτού τύπου υποστήριξη, ενώ οι άλλες δύο είναι του τύπου μεμβράνης και σήμερα τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας που ανήκουν Gaz Μεταφορών & Technigaz (GTT).

Υπάρχει μια τάση προς τη χρήση των δύο διαφορετικών τύπων μεμβράνης αντί των συστημάτων που υποστηρίζουν τον εαυτό αποθήκευσης. Αυτό είναι πολύ πιθανόν επειδή πρισματική δεξαμενές μεμβράνης χρησιμοποιούν το σχήμα κύτους πιο αποτελεσματικά και ως εκ τούτου έχουν λιγότερο χώρο κενό μεταξύ των δεξαμενών φορτίου και των δεξαμενών έρματος. Ως αποτέλεσμα αυτού, Moss τύπου σχεδιασμού σε σχέση με ένα σχέδιο μεμβράνη της ίσης δυναμικότητας θα είναι πολύ πιο δαπανηρή για τη διαμετακόμιση της διώρυγας του Σουέζ. Ωστόσο, αυτοφερόμενες δεξαμενές είναι πιο ανθεκτικά και έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε παίζονται δυνάμεις, και θα ενδεχομένως να εξεταστεί στο μέλλον για τις υπεράκτιες αποθήκευσης όπου κακές καιρικές συνθήκες θα είναι ένας σημαντικός παράγοντας.

Προβλήματα σχεδιασμού

Τα LNG carriers αποτελούνται από δύο βασικά μέρη, την γάστρα σε συνδυασμό με την εγκατάσταση πρόωσης, και τον κρυογόνο τομέα που διασφαλίζει την σωστή φύλαξη του φορτίου. Όλα τα LNGC είναι απαραίτητο να σχεδιάζονται με διπλά τοιχώματα τόσο στον πυθμένα όσο και στα πλαϊνά του πλοίου ώστε σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης η ζημιά στις δεξαμενές φορτίου να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη και να μην υπάρξει διαρροή.

Επειδή το υγροποιημένο φυσικό αέριο έχει πολύ μικρή πυκνότητα ($0,4 - 0,5 \text{ tn/m}^3$), ένα πλοίο που σχεδιάζεται για την μεταφορά του θα έχει τεράστια χωρητικότητα σε σχέση με το DWT του. Σε αντίθεση με τα δεξαμενόπλοια πετρελαίου τα LNGC σε μία κατάσταση Ballast δεν μπορούν να γεμίσουν τις δεξαμενές φορτίου με νερό. Μάλιστα πολλές φορές κρατείται μικρή ποσότητα LNG μέσα στις δεξαμενές (κατά την διάρκεια μιας κατάστασης ερμητισμού) προκειμένου αυτές να διατηρήσουν την κανονική θερμοκρασία μεταφοράς.

Τέλος όσο αναφορά την ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου, αυτή εξαρτάται άμεσα από την εγκατάσταση πρόωσης.

Σχεδίαση δεξαμενών

Όπως προαναφέραμε υπάρχουν δύο είδη δεξαμενών κατηγοριοποιώντας τις σύμφωνα με τον τρόπο κατασκευής τους:

1. Αυτοφερόμενες (self-supporting)
2. Μembrανικές (membrane-type)

Έχουν αναπτυχθεί και σχεδιαστεί και διάφορες υποκατηγορίες των δύο παραπάνω τύπων LNG δεξαμενών:

- a. Moss tanks που αναπτύχθηκε από την Νορβηγική εταιρία Moss Maritime. Πρόκειται για σφαιρική **αυτοφερόμενη** δεξαμενή από αλουμίνιο.
- b. IHI που αναπτύχθηκε από την Ishikawajima-Harima Heavy Industries. Πρόκειται για **αυτοφερόμενη** δεξαμενή από αλουμίνιο.
- c. TGZ Mark III που αναπτύχθηκε από την Technigaz. Πρόκειται για δεξαμενή **μεμβρανικού τύπου** με μεμβράνη από ανοξείδωτο χάλυβα με ειδικές εσοχές (waffles) για την απορρόφηση θερμικών συστολών καθώς ψύχεται η δεξαμενή.
- d. GT96 που αναπτύχθηκε από τη Gas Transport. Πρόκειται για δεξαμενή **μεμβρανικού τύπου** που αποτελείται από μία πρωτεύουσα και μια δευτερεύουσα λεπτή μεμβράνη από το υλικό Invar το οποίο έχει μηδενικές θερμικές συστολές.

Η μόνωση είναι φτιαγμένη από ειδικά κουτιά από κόντρα πλακέ γεμισμένα με περλίτη.

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ: Η μόνωση στην φύλαξη του LNG σε δεξαμενές διαφόρων τύπων είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας, γιατί χάρη σε αυτήν μειώνονται στο ελάχιστο οι λοιπές θερμικές ροές από και προς την δεξαμενή και προστατεύεται η υπόλοιπη μεταλλική κατασκευή του πλοίου από τις κρυογονικές αρνητικές ιδιότητες του LNG. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μονωτικών υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται με επιτυχία. Μερικά από τα μονωτικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι:

- Ξύλο από Balsa
- Ίνες γυαλιού
- Πολυουρεθάνη
- Σιλικόνη με περλιτική επίστρωση

Η επιλογή των μονωτικών υλικών θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέξουν οποιοδήποτε πιθανό φορτίο τους επιβληθεί, να είναι αδιάβροχα σε υδρατμούς, να εμποδίσουν την περεταίρω διείσδυση της εξωτερικής γάστρας και τέλος να έχουν αντιπυρικές ιδιότητες.

Οι βασικοί τύποι δεξαμενή φορτίου που χρησιμοποιούνται επί του πλοίου μεταφοράς αερίου είναι σύμφωνα με την παρακάτω λίστα:

- Ανεξάρτητος Τύπος 'Α', Ανεξάρτητη τύπου «Β»: εσωτερική μόνωση Τύπος '1', Ανεξάρτητος Τύπος «C»: εσωτερική μόνωση Τύπος '2'
- Ανεξάρτητες δεξαμενές είναι εντελώς αυτοφερόμενο και δεν αποτελούν μέρος της δομής του κύτους του πλοίου. Επιπλέον, δεν συμβάλλουν στην αντοχή της γάστρας του πλοίου. Όπως ορίζεται στον κώδικα IGC, και ανάλογα κυρίως με την πίεση, υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι ανεξάρτητες δεξαμενές για πλοίο μεταφοράς φυσικού αερίου: αυτές είναι γνωστές ως τύπου «Α», «Β» και «C». Πληκτρολογήστε Δεξαμενές 'Α'

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ LNG

Οι δεξαμενές τύπου «Α» κατασκευάζεται κυρίως από τις επίπεδες επιφάνειες. Η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση σχεδιασμού δεξαμενή στο χώρο ατμών του για αυτόν τον τύπο του συστήματος είναι 0,7 barg? Αυτό σημαίνει ότι τα φορτία θα πρέπει να πραγματοποιείται σε πλήρως ψυγείο κατάσταση ή κοντά σε ατμοσφαιρική πίεση (συνήθως κάτω από 0,25 barg).

Αυτός ο τύπος της δεξαμενής, όπως βρέθηκε σε μια πλήρως ψυγεία υγραερίου μεταφορά. Αυτό είναι ένα αυτοφερόμενο πρισματική δεξαμενή η οποία απαιτεί συμβατική εσωτερική σκλήρυνση. Στο παράδειγμα αυτό οι δεξαμενές περιβάλλεται από δέρμα μονωτικό αφρό. Σε περίπτωση που ο περιλίτης χρησιμοποιείται μόνωση, θα βρεθεί το σύνολο πλήρωση του χώρου αποσκευών.

Το υλικό που χρησιμοποιείται για τον διαβήτη τύπου δεξαμενών «Α» δεν έχει σπάσει ανθεκτικό διάδοσης. Ως εκ τούτου, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφάλεια, στην απίθανη περίπτωση διαρροής της δεξαμενής φορτίου, ένα δευτερεύον σύστημα συγκράτησης απαιτείται. Αυτό το δευτερεύον σύστημα συγκράτησης είναι γνωστό ως δευτερεύον φράγμα και είναι χαρακτηριστικό όλων των πλοίων με «Α» Τύπος δεξαμενές που μπορούν να μεταφέρουν τα φορτία κάτω από -10 βαθμό Γ.

Για μια πλήρως ψυγείο μεταφορέας υγραέριο (που δεν θα μεταφέρουν φορτία κάτω από -55 βαθμού Κελσίου), η δευτερεύουσα πρέπει να είναι εμπόδιο για μια πλήρη εμπόδιο ικανό να περιέχει το συνολικό όγκο του δοχείου σε μια καθορισμένη γωνία κλίσης και μπορεί να αποτελούν μέρος του πλοίου απολύτως, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Σε γενικές γραμμές, είναι η προσέγγιση του σχεδιασμού που έχει εγκριθεί. Με τον τρόπο αυτό τα κατάλληλα τμήματα του κύτους του πλοίου είναι κατασκευασμένα από ειδικό χάλυβα αντέχουν σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η εναλλακτική λύση είναι να οικοδομήσουμε μια ξεχωριστή δευτεροβάθμιας φράγμα γύρω από κάθε δεξαμενή φορτίου.

Ο κώδικας IGC προβλέπει ότι ένα δευτερεύον φράγμα πρέπει να είναι σε θέση να περιέχουν διαρροή δεξαμενής για μια περίοδο 15 ημερών.

Από τα πλοία αυτά, ο χώρος μεταξύ της δεξαμενής φορτίου (μερικές φορές αναφέρεται ως το βασικό εμπόδιο) και το δευτερεύον φράγμα είναι γνωστή ως το χώρο αποσκευών. Όταν τα εύφλεκτα φορτία που μεταφέρονται, οι χώροι αυτοί πρέπει να συμπληρωθεί με αδρανές αέριο για την πρόληψη μια εύφλεκτη ατμόσφαιρα που δημιουργείται στην περίπτωση της πρωτογενούς διαρροής εμπόδιο.

Δεξαμενών «Β» Τύπος μπορεί να κατασκευαστεί από επίπεδες επιφάνειες ή μπορεί να είναι του σφαιρικού τύπου. Αυτός ο τύπος συστήματος συγκράτησης αποτελεί το αντικείμενο της πολύ πιο λεπτομερή ανάλυση των τάσεων σε σχέση με συστήματα τύπου «Α». Οι έλεγχοι αυτοί πρέπει να περιλαμβάνουν την έρευνα της ζωής και της κόπωσης ανάλυση ρωγμών. Η πιο συνηθισμένη διάταξη των δεξαμενών «Β» τύπος είναι μια σφαιρική δεξαμενή. Αυτή η δεξαμενή είναι από το σχεδιασμό Kvaerner Moss.

Λόγω των αυξημένων παράγοντες σχεδιασμού, «Β» ενός τύπου δεξαμενή απαιτεί μόνο μια μερική δευτεροβάθμια εμπόδιο υπό τη μορφή ενός υποδοχέα. Σφαιρικό «Β» δεξαμενή του τύπου είναι σχεδόν αποκλειστικά εφαρμόζεται σε πλοία υγροποιημένου φυσικού αερίου? Σπάνια διαθέτουν στο εμπόριο υγραερίου. Δεξαμενή «Β» ενός τύπου, ωστόσο, δεν χρειάζεται να είναι σφαιρική.

Υπάρχουν τύπου «Β» οι δεξαμενές του πρισματικού σχήματος στην υπηρεσία ΥΦΑ. Δεξαμενή «Β» η πρισματική Τύπος έχει το πλεονέκτημα της μεγιστοποίησης των πλοίων κατάστρωμα. Όταν η πρισματικού σχήματος χρησιμοποιείται, η μέγιστη πίεση σχεδιασμού είναι ατμών χώρο, όπως για τα οχήματα τύπου «Α» δεξαμενές, περιορίζεται σε 0,7 barg. Δεξαμενές 'Γ' Κατηγορία

Δεξαμενών «C» τύπου είναι συνήθως σφαιρικό ή κυλινδρικό δοχεία πίεσης με πίεση σχεδιασμού είναι μεγαλύτερος από 2 barg. Τα κυλινδρικά δοχεία μπορεί να είναι κάθετα ή οριζόντια τοποθετημένο. Αυτός ο τύπος συστήματος συγκράτησης χρησιμοποιείται πάντα για ημι-πίεση και πίεση πλήρως μεταφοράς αερίου.

Στην περίπτωση των ημι-πίεση των πλοίων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την πλήρη μεταφορά στο ψυγείο, εφόσον οι κατάλληλες χαμηλή θερμοκρασία χάλυβες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή δεξαμενών. Οι δεξαμενές «C» του τύπου έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί με τα

συμβατικά κωδικούς δοχείο πίεσης και, ως εκ τούτου, μπορεί να υποβληθεί σε ακριβή ανάλυση των τάσεων. Επιπλέον, τονίζει το σχεδιασμό διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει δευτερεύουσα εμπόδιο απαιτείται για τις δεξαμενές «C» Τύπος και ο χώρος αποσκευών μπορεί να πληρωθεί είτε με αδρανές αέριο ή ξηρό αέρα.

Στην περίπτωση μιας τυπικής πλήρως υπό πίεση πλοίο (όπου το φορτίο μεταφέρεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος), οι δεξαμενές μπορεί να είναι σχεδιασμένο για μέγιστη πίεση λειτουργίας του περίπου 18 barg. Για μια ημι-πλοίο υπό πίεση οι δεξαμενές φορτίου και το σχετικό εξοπλισμό σχεδιασμένο για πίεση λειτουργίας περίπου 5 έως 7 barg και ένα κενό της τάξης του 0,5 barg. Συνήθως, οι χάλυβες δεξαμενή για τα ημι-πίεση πλοία είναι ικανά να αντέξουν σε θερμοκρασίες -48 μεταφορά του Γ βαθμού για το υγραέριο ή -104 Γ βαθμού για το αιθυλένιο. (Φυσικά, ο πραγματικός αιθυλενίου μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά υγραερίου.)

Τύπος «C» οι δεξαμενές που έχουν τοποθετηθεί σε ένα τυπικό πλήρως μεταφοράς αερίου υπό πίεση. Με μια τέτοια ρύθμιση δεν υπάρχει συγκριτικά μικρή χρησιμοποίηση του όγκου γάστρας? Ωστόσο, αυτό μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση δοχείων πίεσης που τέμνονται ή αμφιλοβικές δεξαμενές τύπου που μπορεί να σχεδιαστεί με ένα κωνικό στο προωαίο άκρο του πλοίου. Αυτό είναι μια κοινή συμφωνία σε ημι-πίεση των πλοίων.

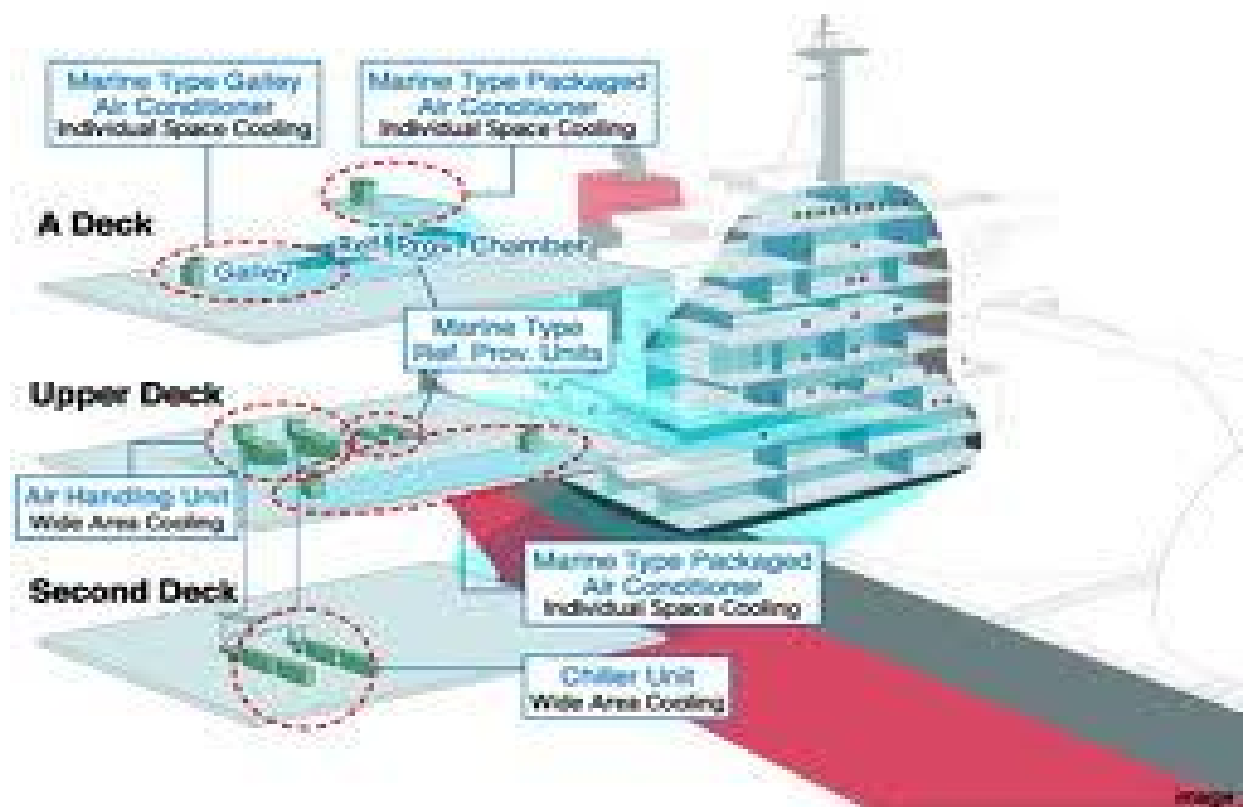
Δεξαμενές μεμβράνης (μεμβράνη - 0,7 έως 1,5 mm πάχος)

Η έννοια του συστήματος συγκράτησης μεμβράνης βασίζεται σε ένα πολύ λεπτό βασικό εμπόδιο (μεμβράνη - 0,7 έως 1,5 mm πάχος) που υποστηρίζεται από τη μόνωση. Οι δεξαμενές δεν είναι αυτοδύναμοι, όπως οι ανεξάρτητες δεξαμενές. Μια εσωτερική γάστρα αποτελεί το φέροντος. Συστήματα συγκράτησης μεμβράνης πρέπει πάντοτε να παρέχονται με δευτερογενή εμπόδιο για την εξασφάλιση της ακεραιότητας του συνολικού συστήματος σε περίπτωση διαρροής των πρωτογενών εμπόδιο.

Η μεμβράνη έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε θερμική διαστολή ή συστολή, χωρίς να αντισταθμίζεται η υπερβολική καταπόνηση της μεμβράνης ίδια. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι του συστήματος μεμβράνης σε κοινή χρήση - και οι δύο το όνομά του από τις εταιρείες που τους έχουν ήδη αναπτυχθεί και τα δύο έχουν σχεδιαστεί κυρίως για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου. Αυτές οι δύο εταιρείες έχουν πλέον να συνδυαστούν σε μία.



Ναυπήγηση LNG ship



Κατάταξη των καταστροφμάτων του LNG.

Ημι-Δεξαμενές μεμβράνης

Η ημι-μεμβράνη έννοια είναι μια παραλλαγή του συστήματος δεξαμενή μεμβράνης. Το κύριο εμπόδιο είναι πολύ παχύτερο από ό, τι στο σύστημα της μεμβράνης, με επίπεδες πλευρές και γωνίες μεγάλο σφαιροειδές. Η δεξαμενή είναι αυτοφερόμενο όταν είναι κενό, αλλά όχι σε συνθήκες φορτίου. Σε αυτή την κατάσταση το υγρό (υδροστατική) και ατμών που ενεργεί για το βασικό εμπόδιο μεταδίδονται μέσω της μόνωσης στο εσωτερικό του σκάφους, όπως είναι η περίπτωση με το σύστημα μεμβράνης. Οι γωνίες και οι άκρες σχεδιάσκει για να φιλοξενήσει διαστολής και συστολής.

Παρόλο που η ημι-μεμβράνη δεξαμενές ήταν αρχικά αναπτύχθηκε για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου, καμία εμπορική μεγέθους πλοία μεταφοράς LNG έχει ακόμα κατασκευαστεί με αυτό το σχέδιο. Το σύστημα έχει, ωστόσο, έχουν εγκριθεί για χρήση σε πλοία LPG και αρκετές ιαπωνικές πλήρως ενσωματωμένο στο ψυγείο υγραερίου αερομεταφορείς έχουν παραδοθεί σε αυτό το σχέδιο.

Αναπόσπαστο Δεξαμενές

Αναπόσπαστο δεξαμενές αποτελούν ένα δομικό μέρος της γάστρας του πλοίου και επηρεάζονται από τα ίδια φορτία που τονίζουν τη δομή του κύτους. Αναπόσπαστο δεξαμενές δεν επιτρέπεται κανονικά για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου, εάν η θερμοκρασία του φορτίου είναι κάτω από -10 C. βαθμό Ορισμένες δεξαμενές σε περιορισμένο αριθμό ιαπωνικής κατασκευής φορείς υγραερίου είναι το αναπόσπαστο τύπου για την αποκλειστική μεταφορά πλήρη ψύξη βουτανίου.

Δεξαμενές εσωτερική μόνωση

Εσωτερικά μονωμένες δεξαμενές φορτίου είναι παρόμοια με ενσωματωμένη δεξαμενή. Χρησιμοποιούν υλικά για να περιέχουν το φορτίο. Η μόνωση είναι στερεωμένη στο εσωτερικό του κύτους εσωτερικό του πλοίου ή σε ανεξάρτητη φέρουσα επιφάνεια. Η μη-αυτοφερόμενο σύστημα καθιστά περιττή την ανάγκη για μια ανεξάρτητη δεξαμενή και επιτρέπει τη μεταφορά των φορτίων πλήρως ψύξη σε θερμοκρασίες μεταφορά τόσο χαμηλές όσο -55 βαθμό Γ.

Έχουν εσωτερικά συστήματα μόνωσης έχουν ενσωματωθεί σε ένα πολύ περιορισμένο αριθμό των μεταφορέων ψυγεία υγραερίου, αλλά, μέχρι σήμερα, η έννοια δεν έχει αποδειχθεί ικανοποιητική στην υπηρεσία.

Οι εργασίες ξεκινούν με τη διάθεση όλων των υπολοίπων υγρών, και ολοκληρώνεται με τη δημιουργία της ατμόσφαιρας δεξαμενή πληροί όλα τα κριτήρια που απαιτεί το ναυπηγείο. Οι πολιτικές αυτές διεξάγονται με την ακόλουθη σειρά.

Προθέρμανση

(1) Σε ένα ταξίδι ακριβώς πριν από δεξαμενισμό, το φορτίο πρέπει να απορρίπτονται όσο το δυνατόν λιγότερο να αφήσει κατάλοιπα φορτίου επί του σκάφους, όπως και υγρό που απομένει πρέπει να απορρίπτονται με αεριοποίηση.

(2) Το υπόλοιπο υγρό αεριοποιείται με ένεση μέσα στο υγρό από το πυθμένα της δεξαμενής ζεστού αερίου, το οποίο συντάχθηκε με συμπιεστές σε λειτουργία. Το παραγόμενο αέριο αποστέλλεται στην ακτή όταν το πλοίο βρίσκεται δίπλα σε ένα κρεβάτι, και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα όταν στη θάλασσα.

(3) Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της προόδου θα πρέπει να παρακολουθείται με τη λήψη θερμοκρασίες καθώς και τη μέτρηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στις δεξαμενές φορτίου.

Τα κριτήρια της θερμοκρασίας έχουν ως εξής:

θ) C3 Δεξαμενή ελάχιστο βαθμό -20 C

ii) C4 ελάχιστη δεξαμενή 5 μοίρες Γ.

Αδρανοποίηση

Μετά την ολοκλήρωση της προθέρμανσης λειτουργία, προκειμένου να πάρει τις δεξαμενές φορτίου αερίου ελευθερώθηκε για δεξαμενισμό, τα εύφλεκτα αέρια αφαιρούνται από το φυσικό αέριο άζωτο ή άλλο αδρανές αέριο, για την πρόληψη της δημιουργίας μιας εύφλεκτης ατμόσφαιρας.

Μετά την αδρανοποίηση λειτουργίας των δεξαμενών φορτίου έχουν ολοκληρωθεί, οι αντλίες φορτίου και απαλλαγή γραμμές και άλλα συστήματα αδρανοποιούνται από τη χρήση του αδρανούς αερίου υπό πίεση στις δεξαμενές φορτίου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα εύφλεκτα αέρια που απελευθερώνονται για να το ανώτερο κατάστρωμα, τα μέλη του πληρώματος θα πρέπει να διεξάγει την επιχείρηση δίνοντας προσοχή στη θέση των εργαζομένων και των πηγών ανάφλεξης (Φορτηγό ατμών πρέπει να διατηρούνται κάτω των 2% Vol). Αερισμού

Μετά την αδρανοποίηση λειτουργίας, έρχεται μια επιχείρηση στην οποία ο αέρας εγγέεται δεξαμενές, έως ότου μετά από το περιεχόμενο της κάθε αερίων φτάνει τα ακόλουθα κριτήρια, έτσι ώστε ο άνθρωπος μπορεί να μπει μέσα σε δεξαμενές.

- εύφλεκτο αέριο: Λιγότερο από το 1% ΚΟΕ
- CO₂: 0,5% Vol ή λιγότερο
- CO: 0,005% Vol ή λιγότερο
- H₂: 21% Vol

Η καθημερινή λειτουργία του υγροποιημένου φυσικού αερίου φορέα τους ενδεχόμενους κινδύνους. Εκπαίδευση σε διαδικασίες έκτακτης ανάγκης και τη χρήση οποιουδήποτε ειδικού εξοπλισμού έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να δοθεί ανάλογα με τα μέλη του πληρώματος σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η διδασκαλία θα πρέπει να περιλαμβάνουν προσωπικά μέτρα πρώτων βοηθειών για την αντιμετώπιση τυχαίας επαφής με βλαβερές ουσίες του φορτίου που μεταφέρεται και εισπνοή επικίνδυνων αερίων και καπνών. Λόγω των κινδύνων αρνητικές συνέπειες που προκύπτουν από τη μόλυνση με ορισμένα φορτία υγρών, ειδικά αυτών που σε χημικά δεξαμενόπλοια και φυσικού αερίου, το προσωπικό θα πρέπει να διατηρήσουν πολύ υψηλά πρότυπα προσωπικής καθαριότητας και ιδιαίτερα όταν έχουν εμπλακεί στη διακίνηση φορτίων και τον καθαρισμό δεξαμενών.

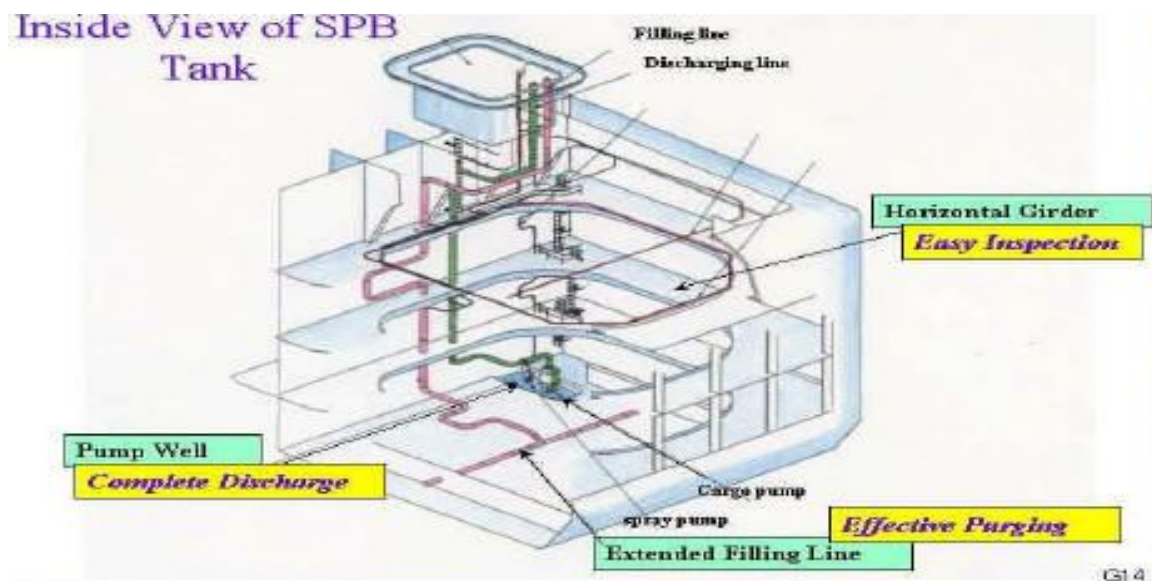
Οι επί του σκάφους υπεύθυνη για την ασφαλή φόρτωση και μεταφορά του φορτίου πρέπει να έχουν όλες τις σχετικές πληροφορίες για τη φύση και το χαρακτήρα του πριν από τη φόρτωση και για τις προφυλάξεις που πρέπει να τηρούνται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Το υπόλοιπο του πληρώματος πρέπει να ενημερώνεται για τυχόν προφυλάξεις που πρέπει να τηρούν πολύ. Υψηλή κίνδυνοι απαιτούν την αυστηρή τήρηση των κανόνων που περιορίζουν το κάπνισμα και τη μεταφορά των σπίρτα ή αναπτήρες τσιγάρων.

Οι διαρροές και οι διαρροές του φορτίου πρέπει να φροντίσουμε αμέσως. Πετρέλαιο-μέσα ρούχα δεν πρέπει να απορρίπτονται απερίσκεπτα όπου μπορεί να είναι ένας κίνδυνος πυρκαγιάς ή ενδεχομένως αυτοαναφλεγεί. Άλλες σκουπίδια καύσιμα δεν πρέπει να αφήνονται να συσσωρεύονται. Χειρισμός και εξοπλισμός φορτίου, όργανα ελέγχου, αυτόματη και άλλα συστήματα συναγερμού θα πρέπει να διατηρηθεί σε πολύ υψηλό επίπεδο απόδοσης ανά πάσα στιγμή. Όταν το ηλεκτρολογικό υλικό να χρησιμοποιηθεί στην περιοχή φορτίου θα πρέπει να είναι εγκεκριμένο σχεδιασμό και «πιστοποιημένα ασφαλή». Η ασφάλεια του εξοπλισμού αυτού εξαρτάται από την διατήρηση ενός υψηλού για τα οποία θα πρέπει να πραγματοποιείται μόνο από τα αρμόδια πρόσωπα. Παράνομη προσωπικό δεν

πρέπει να παρεμβαίνει με τέτοιο εξοπλισμό. Τυχόν λάθη που παρατηρήθηκαν, όπως χαλαρά ή ελλείποντα πώματα ή καλύμματα, σοβαρή διάβρωση, ραγισμένο ή σπασμένο λαμπτήρα κλπ ποτήρια θα πρέπει να αναφέρονται αμέσως.

Οι εργασίες σχετικά με το πλοίο που μπορεί να προκαλέσουν σπινθήρες ή η οποία περιλαμβάνει τη θερμότητα δεν πρέπει να αναληφθεί εκτός εάν έχει εγκριθεί μετά από το χώρο εργασίας έχει ελεγχθεί και βρεθεί ελεύθερες αερίων, ή την ασφάλεια του με άλλο τρόπο εξασφαλισμένη.

Όταν κάποιο κλειστό χώρο πρέπει να εγγραφεί, τις κατάλληλες προφυλάξεις θα πρέπει να τηρηθούν αυστηρά. Επικίνδυνα αέρια μπορούν να απελευθερωθούν ή να διαρρεύσει από τα γειτονικά τους χώρους εργασίας, ενώ είναι σε εξέλιξη και συχνές δοκιμές στην ατμόσφαιρα πρέπει να αναληφθούν. Διαδικασίες 'Άδεια στην εργασία», θα πρέπει γενικά να εγκριθούν.



Διατομή δεξαμενής δεξαμενόπλοιου ΥΦΑ διαρθρωτικού πρισματικού σχεδιασμού

Δεξαμενές Moss

Αυτό το σχέδιο ανήκει στο νορβηγικό Ναυτιλιακή Εταιρεία Moss και είναι μια σφαιρική δεξαμενή. Τα περισσότερα σκάφη τύπου Μοσ έχουν 4 ή 5 δεξαμενές.

Το εξωτερικό της δεξαμενής έχει ένα παχύ στρώμα από μονωτικό αφρό που είτε τοποθετούνται στο πάνελ ή σε πιο μοντέρνα σχέδια τυλίγεται τη δεξαμενή. Πάνω σε αυτή τη μόνωση είναι ένα λεπτό στρώμα "αλουμινοχαρτο" που επιτρέπει η μόνωση πρέπει να διατηρούνται στεγνές, με μια ατμόσφαιρα αζώτου. Αυτή η ατμόσφαιρα ελέγχεται συνεχώς για κάθε μεθάνιο, το οποίο θα αναφέρει μια διαρροή της δεξαμενής. Επίσης, το εξωτερικό της δεξαμενής ελέγχεται τακτικά σε διάστημα περίπου 3 μηνών για κάθε κρύα σημεία που θα υποδεικνύουν βλάβη στη μόνωση.

Η δεξαμενή στηρίζεται γύρω από την περιφέρεια του ισημερινού δακτυλίου το οποίο υποστηρίζεται από ένα μεγάλο κυκλικό φούστα που παίρνει το βάρος της δεξαμενής κάτω στη δομή των πλοίων. Αυτή η φούστα επιτρέπει η δεξαμενή να διαστέλλονται και συστέλλονται κατά τη διάρκεια της ηρεμίας και της προθέρμανσης επιχειρήσεις. Κατά τη διάρκεια της εν ψυχρώ ή προθέρμανσης η δεξαμενή μπορεί να συστέλλονται ή διαστέλλονται περίπου 2 πόδια. Λόγω αυτής της διαστολής και συστολής όλες οι σωληνώσεις στην δεξαμενή έρχεται μέσω του πάνω και συνδέεται με τις γραμμές των πλοίων μέσω ευέλικτων φυσητήρες.

Μέσα σε κάθε δεξαμενή υπάρχει ένα σύνολο κεφαλές ψεκασμού. Αυτά τα κεφάλια τοποθετηθεί γύρω από το δακτύλιο του ισημερινού και χρησιμοποιούνται για να ψεκάζετε υγρά ΥΦΑ επάνω στα τοιχώματα της δεξαμενής να μειώσει τη θερμοκρασία.

Είναι συνήθης πρακτική να κρατήσει επί 5% έως 10% του φορτίου μετά την απαλλαγή σε μία δεξαμενή. Αυτό αναφέρεται ως το τακούνι και αυτό χρησιμοποιείται για την εν ψυχρώ τις υπόλοιπες δεξαμενές που δεν έχουν τακούνι πριν από τη φόρτωση. Αυτό πρέπει να γίνει σταδιακά γιατί αλλιώς

θα σοκάρει κρύο τις δεξαμενές εάν φορτώσετε απευθείας στο ζεστό δεξαμενές. Cooldown μπορεί να πάρει περίπου 36 ώρες σε ένα πλοίο Μορς έτσι ένα τακούνι που επιτρέπει την εν ψυχρώ πρέπει να γίνει πριν το σκάφος φθάσει στο λιμάνι δίνοντας μια σημαντική εξοικονόμηση χρόνου. Οι δεξαμενές έχουν συνήθως μια πίεση λειτουργίας έως 22Kpa σε κανονική χρήση, αλλά αυτό μπορεί να αυξηθεί για την απαλλαγή έκτακτης ανάγκης. Αν και οι δύο κύριες αντλίες αποτυγχάνουν στη συνέχεια να αφαιρέσει το φορτίο οι βαλβίδες ασφαλείας δεξαμενών προσαρμοστεί ώστε να άρει στο 1bar. Στη συνέχεια, η πλήρωση γραμμή που πηγαίνει στο κάτω μέρος της δεξαμενής ανοίγει μαζί με τις γραμμές πλήρωσης των δεξαμενών εν πλω άλλα. Η πίεση έχει αυξηθεί στη συνέχεια στη δεξαμενή με τα ελαττωματικά αντλίες που ωθεί το φορτίο σε όλες τις άλλες δεξαμενές όπου μπορεί να αντληθεί από.

IHI

Ishikawajima-Harima Heavy Industries έχει αναπτύξει το SPB, ή Self Πρισματικός υποστήριξη δεξαμενής τύπου Β. Μόνο δύο σκάφη έχουν επί του παρόντος το SPB σύστημα συγκράτησης.

TGZ Mark III

Αυτός ο σχεδιασμός είναι αρχικά από Technigaz και είναι του τύπου μεμβράνης. Η μεμβράνη αποτελείται από ανοξείδωτο χάλυβα με «βάφλες να απορροφούν τη θερμική συστολή όταν η δεξαμενή έχει κρυώσει. Το κύριο εμπόδιο, είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα κυματοειδές περίπου 1,2 mm πάχος είναι το ένα σε άμεση επαφή με το υγρό φορτίο (ή ατμών σε κατάσταση άδειο ρεζερβουάρ). Αυτό ακολουθείται από μια βασική μόνωση η οποία με τη σειρά του καλύπτεται από ένα δευτερεύον φράγμα που έχει κατασκευαστεί από ένα υλικό που ονομάζεται «triplex», το οποίο είναι ουσιαστικά ένα φύλλο μετάλλου ανάμεσα σε φύλλα υαλοβάμβακα και συμπιεσμένα μαζί. Αυτή η εκ νέου κάλυψη από δευτεροβάθμια μόνωση, η οποία με τη σειρά του υποστηρίζεται από τη δομή του κύτους του πλοίου από το εξωτερικό.

Έτσι, πηγαίνοντας από το εσωτερικό των δεξαμενών προς τα έξω, έχουμε:

ΥΦΑ | Δημοτικό φράγμα των 1,2 mm πάχος κυματοειδές / waffled ανοξείδωτο χάλυβα | βασική μόνωση (ονομάζεται επίσης ο χώρος interbarrier) | Δευτεροβάθμια φράγμα της μεμβράνης triplex | Δευτεροβάθμια μόνωσης (που ονομάζεται επίσης ο χώρος μόνωση) | δομή του κύτους του πλοίου.

GT96

Αυτό είναι το σχέδιο δεξαμενών υγραερίου Μεταφορών. Οι δεξαμενές αποτελείται από πρωτογενείς και δευτερογενείς λεπτή μεμβράνη κατασκευασμένη από το υλικό Invar η οποία δεν έχει σχεδόν καμία θερμική συστολή. Η μόνωση είναι από κόντρα πλακέ κουτιά γεμάτα με περλίτη και συνεχώς ξεπλυθεί με αέριο άζωτο. Η ακεραιότητα και των δύο μεμβρανών ελέγχεται διαρκώς από την ανίχνευση των υδρογονανθράκων στο άζωτο. Μια εξέλιξη προτείνεται από NG2, με την αντικατάσταση του αζώτου από αργό ως αδρανές ξεπλυθούν και μόνωση αερίου. Αργό έχει καλύτερη μόνωση εξουσία από το άζωτο, το οποίο θα μπορούσε να εξοικονομήσει το 10% των αερίων εξάτμισης.

CS1

CS1 σημαίνει συνδυασμένη σύστημα νούμερο ένα. Σχεδιάστηκε από τη συγχώνευση Technigaz τώρα και Gaz Transport επιχειρήσεις και αποτελείται από τα καλύτερα στοιχεία και των δύο Mk III και No96 συστήματα. Το βασικό εμπόδιο είναι κατασκευασμένο από INVAR 0,7 χιλιοστά, και κατά δεύτερο λόγο από Τριάρι. Η πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια μόνωση αποτελείται από πάνελ αφρό Πολυουρεθάνη.

Τρία πλοία με CS1 τεχνολογία έχουν κατασκευαστεί από ένα ναυπηγείο, αλλά εγκατεστημένους ναυπηγεία έχουν αποφασίσει να διατηρήσει την παραγωγή του MKIII & NO96.

Reliquefaction και εξατμίζεται

Προκειμένου να διευκολύνει τη μεταφορά, το φυσικό αέριο ψύχεται σε περίπου -163 βαθμούς Κελσίου σε ατμοσφαιρική πίεση, σε ποιο σημείο το αέριο συμπυκνώνεται σε υγρό. Οι δεξαμενές επί ενός πλοίου μεταφοράς μεθανίου ουσιαστικά λειτουργούν ως γιγάντια thermoses να κρατήσει το υγρό κρύο κατά την αποθήκευση φυσικού αερίου. Δεν είναι τέλεια μόνωση, όμως, και έτσι το υγρό είναι συνεχώς βρασμός κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.

Σύμφωνα με WGI, σε ένα τυπικό ταξίδι ένα εκτιμώμενο 0,1% - 0,25% του φορτίου μετατρέπεται σε αέριο κάθε μέρα, ανάλογα με την αποτελεσματικότητα της μόνωσης και την τραχύτητα του ταξιδιού. [3] Σε ένα τυπικό 20-ημερών ταξίδι, οπουδήποτε από 2% - 6% του συνολικού όγκου του υγροποιημένου φυσικού αερίου αρχικά φορτωθεί μπορεί να χαθεί.

Κανονικά ένα δεξαμενόπλοιο υγροποιημένου φυσικού αερίου τροφοδοτείται από τουρμπίνες ατμού με λέβητες. Οι λέβητες είναι διπλού καυσίμου και μπορεί να τρέξει είτε μεθάνιο ή το πετρέλαιο ή με συνδυασμό των δύο.

Το αέριο που παράγεται από το σημείο βρασμού είναι παραδοσιακά χρησιμοποιούνται για τους λέβητες και χρησιμοποιείται ως καύσιμο για το σκάφος. Πριν από αυτό το αέριο χρησιμοποιείται σε λέβητες πρέπει να ζεσταθεί σε περίπου 20C με τη χρησιμοποίηση των θερμάστρες αερίου. Το αέριο διοχετεύεται είτε στο λέβητα με δεξαμενή πίεσης ή αυξάνεται η πίεση από τη Ν.Δ. συμπιεστές.

Τι καύσιμο το σκάφος κινείται με εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που περιλαμβάνουν τη διάρκεια του ταξιδιού, επιθυμούν να μεταφέρουν ένα τακούνι για εν ψυχρώ, η τιμή του πετρελαίου κατά τιμή του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Υπάρχουν τρεις βασικές λειτουργίες διαθέσιμες.

Ελάχιστες από βρασμό / πετρελαίου max: - Σε αυτό το δοχείο πιέσεων λειτουργίας διατηρούνται υψηλά για τη μείωση των εξατμίζεται στο ελάχιστο και η πλειοψηφία της ενέργειας προέρχεται από το πετρέλαιο. Αυτό μεγιστοποιεί το ποσό των υπολειπόμενων υγροποιημένου φυσικού αερίου, αλλά δεν επιτρέπει temps δεξαμενή να αυξηθεί λόγω της έλλειψης της εξάτμισης. Οι υψηλές temps φορτίου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αποθήκευσης και εκφόρτωσης προβλήματα.

Μέγιστη boil off / Ελάχιστη πετρελαίου: - Σε αυτόν τον τρόπο οι πιέσεις δεξαμενή διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα και έχετε μια μεγαλύτερη εξάτμισης, αλλά εξακολουθεί να υπάρχει μεγάλη ποσότητα πετρελαίου που χρησιμοποιείται ως καύσιμο. Αυτό deceases το ποσό των υπολειπόμενων υγροποιημένου φυσικού αερίου, αλλά το φορτίο θα παραδοθεί κρύο που προτιμούν πολλά λιμάνια.

100% Φυσικό αέριο: - Οι πιέσεις δεξαμενή διατηρείται σε παρόμοια επίπεδα με το μέγιστο αριθμό βράσει μακριά, αλλά αυτό δεν είναι αρκετό για να παράσχει το σύνολο των λεβήτων πρέπει επομένως θα πρέπει να αρχίσει να "αναγκάσει". Για να αναγκάσετε μια αντλία ψεκασμού ξεκινά σε μια δεξαμενή για να προμηθεύσει υγρό ΥΦΑ στη αναγκάζοντας εξατμιστήρα αυτό δεξαμενές υγρών υγροποιημένου φυσικού αερίου και την μετατρέπει σε ένα αέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε λέβητες. Σε αυτή τη λειτουργία δεν μαζούτ που χρησιμοποιείται.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία επέτρεψαν φυτά Reliquefaction να τοποθετηθεί σε σκάφη, επιτρέποντας το να βράσει μακριά να Reliquefied και επιστραφεί στις δεξαμενές. Εξαιτίας αυτού, οι φορείς εκμετάλλευσης και τους κατασκευαστές των πλοίων ήταν σε θέση να προβλέπει τη χρήση πιο αποδοτικών αργή ταχύτητα κινητήρες ντίζελ (στο παρελθόν τα περισσότερα πλοία μεταφοράς LNG έχουν ατμοστρόβιλου -powered). Εξαιρέσεις αποτελούν το Πλοίο μεταφοράς LNG Hanfū (χτίστηκε ως Venator το 1973), η οποία αρχικά είχε δύο μηχανές ντίζελ, και αδελφού πλοίου του αιώνα (όπως ο Λουκιανός χτίστηκε το 1974), που επίσης κατασκευάστηκε με τη διπλή τους αεροστρόβιλους καυσίμου πριν να μετατραπεί σε μια μηχανή ντίζελ σύστημα το 1982. Τα σκάφη που χρησιμοποιούν διπλής ή τριπλής ντίζελ συστήματα ηλεκτροκίνησης είναι τώρα σε λειτουργία. Κανονιστικές απαιτήσεις για LNG και LPG

Όπως ανά Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού, ένα πλοίο υγροποιημένου φυσικού αερίου μπορούν να τρέχουν μόνο σε διεθνή ύδατα, εφόσον έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί σύμφωνα με το Διεθνές αεροφόρων (ΔΚΔ) 1986 κώδικα και είναι σύμφωνη με την SOLAS 74 κεφάλαιο VII, τμήμα Γ - "κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια χύμα.

Οι απαιτήσεις που περιγράφονται συνοπτικά στο ΔΔ κώδικα είναι:

Βλάβη περιορισμούς του φορτίου και την επιβίωση του πλοίου σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης.

Διευθέτηση απαιτήσεων ασφαλείας για το πλοίο.

Συγκράτησης φορτίου και φορτίου διαδικασία διεκπεραίωσης.

Υλικό κατασκευής για συγκράτηση και διευκόλυνση της μεταφοράς.

Απαιτήσεις για φόρτωσης και εκφόρτωσης.

Πυρκαγιά προστασία απαιτήσεις.

Απαιτήσεων ελέγχου της ρύπανσης.

Χρήση του φορτίου καυσίμου, όπως μηχανήματα πλοίου.

για την παροχή θερμικής διαστολής και συστολής παρέχεται

Τυπικό set -up των δεξαμενών .

Το ακόλουθο κείμενο βασίζεται σε ένα τυπικό set-up των δεξαμενών, που είναι να έχει 4-6 δεξαμενές σε όλο το μήκος του άξονα του πλοίου. Γύρω από τις δεξαμενές είναι ένας συνδυασμός των δεξαμενών έρματος, φρεατίων και κενά. Οι περιοχές αυτές δίνουν στο σκάφος διπλού κύτους σχεδιασμό τύπου.

Μέσα στη δεξαμενή υπάρχουν συνήθως τρεις αντλίες του τύπου βυθισμένη-κινητήρα. Υπάρχουν δύο κύριες αντλίες φορτίου που χρησιμοποιούνται σε εργασίες απόρριψης φορτίου και σε πολύ μικρότερη αντλία η οποία είναι η αντλία ψεκασμού. Η αντλία ψεκασμού χρησιμοποιείται είτε για άντληση υγρών ΥΦΑ να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μέσω ενός ψεκαστήρα, ή για ψύξη δεξαμενές φορτίου. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την «απογύμνωση» από την τελευταία του φορτίου σε επιχειρήσεις εκκένωσης. Όλες αυτές οι αντλίες που περιέχονται σε αυτό που είναι γνωστό ως ο πύργος αντλία, η οποία κρέμεται από την κορυφή της δεξαμενής και να τρέχει όλο το βάθος της δεξαμενής. Ο πύργος της αντλίας περιλαμβάνει επίσης το σύστημα μέτρησης δεξαμενή και το γέμισμα γραμμής τα οποία έρχονται κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής.

Στα σκάφη τύπου μεμβράνης υπάρχει επίσης ένα άδειο σωλήνα με ένα ελατήριο της βαλβίδας πόδι που μπορεί να ανοίξει με το βάρος ή πίεση. Αυτός είναι ο πύργος αντλία έκτακτης ανάγκης. Σε περίπτωση που οι δύο κύριες αντλίες φορτίου αποτύχει η κορυφή μπορεί να αφαιρεθεί από αυτό το σωλήνα και μία αντλία φορτίου έκτακτης ανάγκης μειώνεται στο κάτω μέρος του σωλήνα. Η κορυφή αντικαθίσταται στη στήλη και στη συνέχεια η αντλία επιτρέπεται να σπρώξετε προς τα κάτω στο πόδι βαλβίδα και ανοίξετε το. Το φορτίο μπορεί στη συνέχεια να αντληθεί.

Όλες οι αντλίες εκκένωσης του φορτίου σε ένα κοινό σωλήνα που εκτείνεται κατά μήκος του καταστρώματος του πλοίου. Είναι διακλαδίζεται σε κάθε πλευρά του πλοίου για τις πολλαπλές φορτίου, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη φόρτωση ή εκφόρτωση.

Όλοι οι χώροι φορτίου δεξαμενή ατμού που συνδέονται μέσω ενός κεφαλίδα ατμών που τρέχει παράλληλα με την κεφαλίδα φορτίου. Αυτό έχει επίσης συνδέσεις με τις πλευρές του πλοίου δίπλα στους συλλέκτες φόρτωση και την εκφόρτωση.

Κατασκευαστικές απαιτήσεις

Διαφορετικοί τύποι των δεξαμενών φορτίου πρέπει να είναι εφοδιασμένες με ειδικό υλικό διατηρείται σε πίεση, όπως περιγράφεται στον κατασκευαστικό και διακίνηση φορτίου απαίτηση του κώδικα IGC, τόσο για το LPG και LNG πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΓΡΑΕΡΙΟΦΟΡΩΝ

✓ **Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας ενός Υγραεριοφόρου Πλοίου**

Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας ενός Υγραεριοφόρου Πλοίου είναι αρκετά σύνθετο, καθώς για την εξυπηρέτηση όλων των αναγκών εξοπλισμού σε ηλεκτρική ενέργεια περιλαμβάνει υποκυκλώματα σε επίπεδα τάσης λειτουργίας Υψηλής Τάσης αλλά και Χαμηλής Τάσης.

✓ **Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός για προγραμματισμένη συντήρηση**

Στο σχέδιο προγραμματισμένης συντήρησης γενικά εντάσσονται όλα τα στοιχεία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Ωστόσο, στη συνέχεια δίνονται τεχνικά χαρακτηριστικά και στοιχεία συντήρησης μόνον από τα κυριότερα από αυτά.

A. Γεννήτριες: σύγχρονες μηχανές EP 6.6 kV, 60 Hz

Το συγκεκριμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας του Υγραεριοφόρου πλοίου (LNG) διαθέτει συνολικά τρεις μεγάλες κύριες γεννήτριες. Από αυτές οι δύο κινούνται από κινητήρες Diesel είναι D/G (Diesel generators) με στοιχεία: 3450 KW, 377.2 A, AC 6600 V ή AC 6.6 KV στα 60Hz PF0.8 (Power Factor 0.8), ενώ η τρίτη είναι μία στροβιλογεννήτρια, T/G (turbo generator), με τα ίδια στοιχεία, όπως οι προηγούμενες γεννήτριες.

Η ταχύτητα της γεννήτριας D/G οδηγείται από ένα ηλεκτρονικό όργανο, που καλείται ρυθμιστής ταχύτητας (speed governor). Αυτός φροντίζει να κρατά σταθερή τη συχνότητα των 60Hz ανάλογα με τις απαιτήσεις των καταναλωτών, ρυθμίζοντας κατάλληλα τις στροφές της μηχανής. Ανάλογα, στις T/G υπάρχει αυτό το ηλεκτρονικό όργανο, αλλά η διαφορά του είναι ότι ρυθμίζει τις στροφές ελέγχοντας την ροή του ατμού.

Το μηχανολογικό τμήμα της γεννήτριας, δηλαδή αυτό που την κινεί, στην προκειμένη περίπτωση ο κινητήρας Diesel θα πρέπει να συντηρηθεί σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του. Θα πρέπει να γίνονται οι γενικές επιθεωρήσεις (overhaul ή O/H), όπως ορίζουν οι κατασκευαστές, ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας τους. Οι έλεγχοι ρουτίνας, όμως, όπως είναι ο έλεγχος της στάθμης των λαδιών του στροφαλοθαλάμου, οι θερμοκρασίες του νερού ψύξης των χιτωνίων, καθώς και οι οπτικοακουστικοί έλεγχοι είναι επιβεβλημένοι. Το σχέδιο της προγραμματισμένης συντήρησης καταρτίζεται σε βάθος κάποιου χρόνου π.χ. Εβδομαδιαίου, μηνιαίου, ετήσιου. Η προληπτική συντήρηση και η προβλεπτική συντήρηση υπαισέρχονται στον μηχανολογικό εξοπλισμό. Ωστόσο, η διπλωματική αυτή ασχολείται μόνον με το σχέδιο προγραμματισμένης συντήρησης στον καθαρά ηλεκτρικό εξοπλισμό, που αφορά το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος δηλ. την γεννήτρια AC.

Όσον αφορά στην κατασκευαστική δομή της γεννήτριας, αυτή αποτελείται από δύο κύρια τμήματα ήτοι : το στάτη, ή στάτορα (stator) δηλ. το σταθερό τμήμα της γεννήτριας με τις τριφασικές περιελίξεις, οι οποίες είναι μονωμένες με ειδικό βερνίκι, και τον δρομέα ή ρήτορα (rotor), δηλ. το περιστρεφόμενο τμήμα της που περιέχει την περιέλιξη διέγερσης.

Η τακτική επιθεώρηση και η σωστή συντήρηση της γεννήτριας είναι βασικής σημασίας στο να προλαμβάνονται αποτυχίες και ανεπιθύμητες καταστάσεις. Στη συνέχεια περιγράφονται οι εργασίες συντήρησης, ενώ, στην αντίστοιχη φόρμα εκτέλεσης των εργασιών, αυτές θα διατυπώνονται με λίγες περιεκτικές λέξεις σε πολύ μικρές προτάσεις. Επίσης, θα αναφέρονται λεπτομερειακά το προσωπικό, τα ανταλλακτικά και ο χρόνος εκτέλεσης της εργασίας, καθώς και τα ειδικά εργαλεία που απαιτούνται:

Πάντοτε, σε οποιαδήποτε διαδικασία επέμβασης στη γεννήτρια, η πρώτη κίνηση είναι η εξασφάλιση της ακινησίας της γεννήτριας και το κατέβασμα όλων των διακοπών που αφορούν την συγκεκριμένη γεννήτρια τοποθετώντας κατάλληλες καρτέλες στους πίνακες με σημάψεις και προειδοποιήσεις. Επίσης, απαιτείται απενεργοποίηση του συστήματος αυτόματης εκκίνησης αυτής.

Όλες οι καλωδιώσεις (ηλεκτρικές συνδέσεις της γεννήτριας) θα πρέπει να επιθεωρούνται για βλάβες ή φθαρμένες μονώσεις και σύσφιξη όλων των τερματικών συνδέσεων. Ιδιαίτερος έλεγχος για καλώδια εκτεθειμένα χωρίς κάλυψη προστατευτικών κουτιών από ίχνη προσβολής, από λάδια ή νερό στην μόνωση των καλωδίων.

Έλεγχος των διόδων ψύξης και εξαερισμού της γεννήτριας να μην είναι φραγμένες και να είναι καθαρές από σκόνες και βρωμιές.

Επιθεώρηση των εδράνων-ρουλεμάν του ρήτορα από υπερβολική θέρμανση ή θόρυβο που καταμαρτυρούν βλάβη. Συνήθως αυτά τα ρουλεμάν είναι κλειστού τύπου, δηλαδή έχουν δική τους λίπανση και δεν επιδέχονται πρόσθετη, οι μπίλιες τους είναι σφραγισμένες από μεταλλική επιφάνεια για να κρατά το γράσο στο εσωτερικό τους και για να μην ξεραίνονται από τον αέρα ψύξης που εισέρχεται στον χώρο του στάτορα και ρήτορα για να απάγει την θερμότητα που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της γεννήτριας AC.

Επιθεώρηση και καθαρισμός της επιφάνειας του ρήτορα καθώς και των σχισμών του.

Επιθεώρηση στα “καρβουνάκια” του συστήματος διέγερσης του ρήτορα, καθώς και έλεγχος των ελατηρίων που πιέζουν τις ψήκτρες (τα καρβουνάκια) στις ψηκτροθήκες .

Επίσης, επιθεώρηση και καθαρισμός των περιελίξεων του στάτορα. πρώτα αφαιρώντας την σκόνη με εμφύσηση, με αέρα ή το σωστότερο με αναρρόφηση με ειδικές απορροφητικές σκούπες με άκρα λαστιχένια ή πλαστικά για να μην προκληθεί καμιά ζημιά στο βερνίκι μόνωσης της περιέλιξης. Κατόπιν, καλό πλύσιμο με ειδικά υγρά (solvents ή electroclean) που δεν προκαλούν βλάβη στις περιελίξεις. Στην συνέχεια, αφού στεγνώσει καλά, έλεγχος της μόνωσης οπτικά και με όργανο ειδικό. Σε περίπτωση που διαπιστωθούν διαρροές θα πρέπει να εφαρμοστεί (να επαλειφθεί) με κατάλληλο ταχυστεγνωτο βερνίκι.

B. Γεννήτρια Έκτακτης Ανάγκης – Emergency Generator

Επίσης το πλοίο διαθέτει και μία γεννήτρια έκτακτης ανάγκης (emergency generator) κινούμενη με κινητήρα Diesel με στοιχεία: 500 KW, AC 450V, PF 0.8, 802 A προσαρμοσμένης με κύκλωμα αυτόματης εκκίνησης σε περίπτωση ανάγκης.

Η τιμή της ισχύος μίας γεννήτριας AC έκτακτης ανάγκης είναι υπολογισμένη ανάλογα με το μέγεθος και τον ρόλο της στο πλοίο. Στα LNG υγραεριοφόρα, τα οποία είναι πλοία μεγάλα με πολύπλοκα συστήματα και με πολλές απαιτήσεις ισχύος θα πρέπει αυτή να έχει την τιμή μερικών εκατοντάδων KW, όπως στο δικό μας LNG η οποία είναι 500 kW και η λειτουργία της είναι παρόμοια με αυτές των κυρίων γεννητριών AC. Σε ένα σύστημα τάσεων HV/LV δηλαδή High Voltage/Low Voltage, όπως στο εν λόγω πλοίο, δηλαδή 6.6 kV/440V αυτή συνδέεται στον πίνακα έκτακτης ανάγκης στο μηχανοστάσιο.

Η γεννήτρια AC έκτακτης ανάγκης ευρίσκεται σε ξεχωριστό χώρο συνήθως πάνω από την ίσαλο πλεύσης του πλοίου, στο ονομαζόμενο boat-deck ή poop-deck σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο. Σε κανονική λειτουργία του πλοίου, ο ηλεκτρικός πίνακας έκτακτης ανάγκης τροφοδοτείται από τον κύριο πίνακα με ένα καλώδιο το οποίο ονομάζεται interconnector. Δεν είναι κανονικά σωστό να συγχρονίσουμε την γεννήτρια AC (emergency generator) με τις κύριες γεννήτριες AC (main generators). Ειδικοί διακόπτες που φέρουν μανδαλώσεις (interlocks) στα κυκλώματα ελέγχου των διακοπών που βρίσκονται εκατέρωθεν του καλωδίου interconnector εμποδίζουν την παράλληλη λειτουργία τους.

Η συντήρηση της γεννήτριας AC έκτακτης ανάγκης συνίσταται στα εξής :

1. Καθημερινός έλεγχος ρουτίνας οπτικός και μετρητικός (στάθμη λαδιών στον κινητήρα, ψύξη κινητήρα, εξαερισμού, συνεχούς ετοιμότητας κ.λπ.)
2. Μετρήσεις στάθμης μόνωσης με MEGGER – όργανο για τυχόν διαρροές και διακρίβωση ικανοποιητικής μόνωσης μεταξύ των αγωγών.
3. Εβδομαδιαία δοκιμασία της γεννήτριας AC με εξομοίωση απώλειας της κανονικής ισχύος.
4. Όλες οι συντηρήσεις που προαναφέρθηκαν για τις κύριες γεννήτριες AC ισχύουν και για την emergency (όσον αφορά τον στάτορα και το ρότοτα κ.λπ.)
5. Έλεγχος του χειροκίνητου χειρισμού της γεννήτριας AC σε περίπτωση αστοχίας της αυτόματης εκκίνησής της.

Γ. Μπαταρίες

Η εξυπηρέτηση του συστήματος από μπαταρίες γίνεται από δύο τύπους, τους εξής : Μολύβδου (Lead-acid) με 200 AH (200 αμπερώρια) Maintenance Free Type και Νικελίου-Καδμίου (NiCd) με 600 AH (600 αμπερώρια) επίσης Maintenance Free Type. Οι μπαταρίες βρίσκονται σε ειδικό κλειστό και πολύ καλά εξαεριζόμενο χώρο του πλοίου, συνήθως, πάνω από το ύψος της ισάλου πλευύσης, κυρίως λόγω των αερίων που εκλύονται από τις ηλεκτροχημικές αντιδράσεις και των κινδύνων που θα εγκυμονούνταν. Οι μπαταρίες στο υπό μελέτη LNG υγραεριοφόρο είναι τύπου “Maintenance Free Type” οπότε δεν χρειάζονται τι γνωστές συντηρήσεις των κοινών (όπως είναι η πλήρωσή τους με ειδικά υγρά μπαταρίας κ.λπ.). Ωστόσο, υπάρχει μία σειρά από διαδικασίες «ρουτίνας» πρέπει να γίνονται:

- a) Διατηρείται ο χώρος καθαρός.
- b) Πραγματοποιούνται μετρήσεις της τάσης των μπαταριών.
- c) Σύσφιξη των πόλων από τυχών χαλαρώσεις.
- d) Επίσης επιβάλλεται ο καθημερινός οπτικός έλεγχος.
- e) Η τοποθέτηση και η συντήρηση των χώρων εξαερισμού τους με ειδικά φίλτρα.
- f) Οι μπαταρίες NiCd, συνδέονται με τον Battery Swithboard DC 24V Feeder (δηλαδή, με τον τροφοδοτικό πίνακα των μπαταριών), ενώ οι μπαταρίες Lead-acid μέσω του UPS (Uninterrupted Power Supply System) στο AC 220V Feeder δηλ.στον τροφοδοτικό πίνακα των 220VAC.

Δ. Κινητήρες

Η κινητήρια (οδηγούσα) ισχύς για αεροσυμπιεστές, αντλίες, ανεμιστήρες κ.τ.λ. προέρχεται από ηλεκτρικούς κινητήρες. Οι ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι κινητήρων είναι τριφασικοί εναλλασσόμενου ρεύματος (3-phase a.c.), επαγωγικοί κινητήρες (induction motors), με δρομέα τύπου κλουβωύ (cage-rotor). Αυτοί οι κινητήρες είναι δημοφιλείς, απλοί και απαιτούν σχετικά μικρή προσοχή- συντήρηση. Επίσης, είναι σχετικά εύκολη η εκκίνηση και το σταμάτημά τους από ειδικούς εκκινητές (starters). Οι τριφασικοί επαγωγικοί κινητήρες είναι συνήθως 440 V, 60 Hz, αλλά και 6.6 KV, 60 Hz που χρησιμοποιούνται σε πολύ μεγάλα σε ισχύ μηχανήματα, όπως εδώ στο LNG υγραεριοφόρο : bow-thrusters, cargo pumps, air compressors και gas compressors. Ο επαγωγικός κινητήρας έχει δύο κύρια συστατικά (όπως και οι γεννήτριες AC), τον στάτη ή στάτορα (stator) και τον δρομέα ή ρήτορα (rotor). Αυτά τα δύο συστατικά

ευρίσκονται μέσα σε ένα μεταλλικό περίβλημα το οποίο εξωτερικά έχει διαμήκεις ραβδώσεις με έναν εξωτερικό ανεμιστήρα με ειδικό προστατευτικό κάλυμμα για την ψύξη του (την απαγωγή της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται).

Οι επαγωγικοί κινητήρες είναι ασύγχρονοι σε αντίθεση με τις γεννήτριες AC που είναι, κατά κανόνα, σύγχρονες.

Οι προληπτικές και προγραμματισμένες συντηρήσεις που υπεισέρχονται στο σχέδιο προγραμματισμένης συντήρησης είναι :

- 1) Καθημερινός έλεγχος στους κινητήρες που εργάζονται οπτικά και ακουστικά για εντοπισμό με πρώτη ματιά για τυχόν προειδοποιήσεις βλαβών,
- 2) Έλεγχος της θερμοκρασίας του κινητήρα με ειδικό όργανο,
- 3) Έλεγχος των ταλαντώσεων για τυχόν βλάβη των εδράνων-ρουλεμάν,
- 4) Έλεγχος για την αντίσταση της μόνωσης των αγωγών με όργανο Megger,
- 5) Τα έδρανα - ρουλεμάν του ρήτορα είναι κλειστού τύπου και δεν επιδέχονται γρασάρισμα, οπότε σε περίπτωση θορύβου ή ανάπτυξης υψηλής θερμοκρασίας (μεγάλες τριβές) γίνεται αντικατάστασή τους.
- 6) Έλεγχος της περιέλιξης του στάτορα με ειδικό όργανο μέτρησης της στάθμης μόνωσης και σε περίπτωση απώλειας μόνωσης γίνεται επάλειψη με βερνίκι ειδικό.
- 7) Το εσωτερικό του κινητήρα επειδή αυτό είναι μέσα σε περίβλημα δεν επιμολύνεται από σκόνη και άλλα υγρά ή λάδια, γιατί είναι υδατοστεγές. Οπότε αρκεί ο έλεγχος της μόνωσης της περιέλιξης του στάτορα και της κατάστασης του ρήτορα. Κίνδυνος προέρχεται μόνο από την υπερθέρμανση ή τις ταλαντώσεις, που κυρίως καταστρέφουν τα ρουλεμάν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΟΥ.

Χαρακτηριστικά του κύκλου φορτίου

Ένας συνήθης κύκλος ξεκινά με το φορτίο των δεξαμενών σε «ελεύθερη αερίου» κατάσταση, δηλαδή οι δεξαμενές είναι γεμάτες από φρέσκο αέρα, η οποία επιτρέπει τη συντήρηση για τη δεξαμενή και τις αντλίες. Φορτίο δεν μπορεί να φορτωθεί απευθείας στη δεξαμενή, όπως η παρουσία του οξυγόνου που σημαίνει ότι κάποιος μπορούσε να συναντήσει εκρηκτικές ατμοσφαιρικές συνθήκες εντός της δεξαμενής. Επίσης, η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει βλάβη στις δεξαμενές.

Πρώτον, η δεξαμενή πρέπει να αδρανοποιούνται με τη χρήση του αδρανούς αερίου εργοστάσιο που καίει πετρέλαιο στον αέρα για να αφαιρέσει το οξυγόνο και να το αντικαταστήσετε με το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Αυτό διοχετεύεται στις δεξαμενές μέχρι να φτάσει κάτω από το 4% οξυγόνο και ξηρή ατμόσφαιρα. Αυτό απομακρύνει τον κίνδυνο μιας εκρηκτικής ατμόσφαιρας στις δεξαμενές.

Στη συνέχεια, το πλοίο πηγαίνει στο λιμάνι για να "αέριο-up" και "δροσερό- κάτω», ως ένα ακόμα δεν μπορούν να φορτώσουν απευθείας στη δεξαμενή: Το CO₂ θα παγώσει και θα βλάψει τις αντλίες και το κρύο σοκ θα μπορούσε να βλάψει στήλη αντλία της δεξαμενής.

Υγρό ΥΦΑ φέρεται στο πλοίο και λαμβάνονται κατά μήκος της γραμμής ψεκασμού στην κύρια εξατμιστήρα, η οποία συνοψίζεται από το υγρό σε αέριο. Στη συνέχεια θερμαίνεται σε περίπου 20 ° C στις θερμάστρες αερίου και στη συνέχεια διοχετεύεται στις δεξαμενές για να εκτοπίσει το «αδρανές αέριο". Αυτό συνεχίζεται μέχρι όλες οι εκπομπές CO₂ αφαιρείται από τις δεξαμενές. Αρχικά, η IG (αδρανές αέριο) είναι αεριζόμενα στην ατμόσφαιρα. Μόλις η περιεκτικότητα σε υδρογονάνθρακες φτάνει το 5% (χαμηλότερη κλίμακα flamability του μεθανίου) το αδρανές αέριο ανακατευθύνεται στην ξηρά μέσω ενός αγωγού και πολλαπλή σύνδεση με την HD (υψηλής κατανάλωσης) συμπιεστές. Τερματικό Shore καίει τότε αυτό ατμού να αποφύγουν τους κινδύνους της ύπαρξης μεγάλων ποσοτήτων υδρογονανθράκων γύρω από την οποία μπορεί να εκραγούν.

Τώρα το πλοίο δηλητηριάστηκαν με αέρια και ζεστό. Οι δεξαμενές βρίσκονται ακόμη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και είναι γεμάτη από μεθάνιο.

Το επόμενο στάδιο είναι δροσερός-κάτω. Υγρό ΥΦΑ ψεκάζεται στις δεξαμενές μέσω ψεκασμού κεφάλια, το οποίο εξατμίζεται και αρχίζει να κρύνει τη δεξαμενή. Η περίσσεια του αερίου διοχετεύεται και πάλι στη στεριά για να είναι εκ νέου υγροποιημένων ή καίγονται σε μια στοιβα φωτοβολίδα . Μόλις οι δεξαμενές φθάσει περίπου -140 ° C, οι δεξαμενές είναι έτοιμο να φορτώσει χύμα.

Μαζική φόρτωση ξεκινά και υγρό ΥΦΑ αντλείται από τις δεξαμενές αποθήκευσης στην ξηρά στις δεξαμενές πλοίων. Εκτοπισμένοι αέριο διοχετεύεται στην ξηρά από το HD συμπιεστές. Φόρτωση συνήθως συνεχίζεται μέχρι το 98,5% έχει επιτευχθεί πλήρης (να καταστεί δυνατή η θερμική διαστολή / συστολή του φορτίου).

Το σκάφος μπορεί τώρα να προχωρήσει στο λιμάνι εκφόρτωσης. Κατά τη διάρκεια της διέλευσης των διαφόρων εξάτμισης στρατηγικές διαχείρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Αερίων εξάτμισης, μπορεί να καεί σε λέβητες για την παροχή ατμού για πρόωση, ή μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν υγροποιείται και θα επιστρέφεται στις δεξαμενές φορτίου, ανάλογα με το σχεδιασμό του πλοίου.

Μόλις στο λιμένα εκφόρτωσης του φορτίου αντλείται στην ξηρά με τη χρήση των αντλιών φορτίου. Όπως αδειάζει δεξαμενής, ο χώρος είναι γεμάτος ατμών είτε από φυσικό αέριο από την ξηρά ή από κάποια ατμών φορτίου στον εξατμιστήρα φορτίου. Είτε το σκάφος μπορεί να αντληθεί στο μέτρο του δυνατού, με την τελευταία να διοχετεύονται έξω με αντλίες ψεκασμού, ή κάποιο φορτίο μπορούν να διατηρούνται επί του σκάφους ως «τακούνι».

Αν όλα το φορτίο αντλείται στην ξηρά, στη συνέχεια, στο πέρασμα των δεξαμενών έρματος θα ζεσταθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, την επιστροφή του σκάφους σε δηλητηριάστηκαν με αέρια και ζεστή κατάσταση. Το σκάφος μπορεί να ψυχθεί εκ νέου για τη φόρτωση.

Εάν το σκάφος να επιστρέψει σε ένα ελεύθερο κράτος αερίου, οι δεξαμενές πρέπει να προθερμαίνονται χρησιμοποιώντας τις θερμάστρες αερίου να κυκλοφορήσει ζεστό αέριο. Μόλις οι δεξαμενές θερμαίνεται, το αδρανές αέριο φυτό χρησιμοποιείται για την αφαίρεση του μεθανίου από τις δεξαμενές. Όταν οι δεξαμενές είναι μεθάνιο, το αδρανές αέριο μονάδα είναι ενεργοποιημένη για να στεγνώσει την παραγωγή του αέρα, η οποία χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει όλες τις αδρανούς αερίου από τις δεξαμενές μέχρι να πάρουν ένα ασφαλές περιβάλλον εργασίας.

[επεξεργασία]

συστήματα συγκράτησης

Υγραέριο απαιτήσεις εξοπλισμού φορτηγού πλοίου

Το υγραέριο μπορεί να μεταφέρονται διά θαλάσσης, εφόσον οποιοδήποτε από τα τρία κριτήρια πληρούνται:

Είναι αποκλειστικά και μόνο υπό πίεση διατηρείται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Είναι πλήρως στο ψυγείο σε σημείο βρασμού του.

Είναι ημι στο ψυγείο, αλλά σε υψηλές θερμοκρασίες και αυξημένη αρτηριακή πίεση.

Άλλοι σημαντικοί βοηθοί που απαιτούνται είναι:

Ένα καλά μονωμένο και ψύξη δεξαμενή υγραερίου να πληροί κανένα από τα παραπάνω κριτήρια

Ένα δωμάτιο συμπίεστές συμπίεστή και ψυκτικές εγκαταστάσεις

Μια τράπεζα αζώτου καθώς και μία γεννήτρια αδρανούς αερίου με σύστημα στεγνωτήρα

Η θερμοκρασία του φορτίου και το περιβάλλον σύστημα παρακολούθησης δεδομένων

Δεξαμενή ατμόσφαιρα και τα δεδομένα της θερμοκρασίας είναι το σύστημα παρακολούθησης

ΥΦΑ απαιτήσεις εξοπλισμού φορτηγού πλοίου

Υγροποιημένου φυσικού αερίου γίνεται σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία που μπορεί να προκαλέσει ρωγμή στη δομή του μετάλλου εάν το φορτίο έρχεται σε επαφή με το κύτος του πλοίου. Επιπλέον, Πλοίο μεταφοράς LNG, πρέπει να έχει μια δεξαμενή φορτίου με διπλό στρώμα προστασίας μόνωσης. Υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την δεξαμενή πρέπει να έχει πολύ χαμηλό συντελεστή θερμικής διαστολής (invar). Για να είναι εφοδιασμένες με ψεκαστήρα για να καλύψουν τις δικές τους απαιτήσεις του ατμούς.

Αερίου φάσμα φορέων, υπό την ιδιότητά από τα μικρά δεξαμενόπλοια υπό πίεση μεταξύ 500 και 6.000 m³ για την αποστολή των προπάνιο, βουτάνιο και τα χημικά αέρια σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέχρι την πλήρη μόνωση των ψυκτικών ποντοπόρα δεξαμενόπλοια άνω των 100.000 m³ χωρητικότητα για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου και υγραερίου . Μεταξύ αυτών των δύο διαφορετικοί τύποι είναι ένας τρίτος τύπος δεξαμενόπλοιο - semipressurised μεταφοράς αερίου. Αυτά τα πολύ ευέλικτο δεξαμενόπλοια είναι σε θέση να μεταφέρουν πολλά φορτία σε κατάσταση πλήρως ψυγείο σε ατμοσφαιρική πίεση ή σε θερμοκρασίες που αντιστοιχούν σε πίεση μεταφορά μεταξύ πέντε και εννέα μπαρ. Η κίνηση των υγροποιημένων αερίων από οδούς είναι πλέον μια ώριμη βιομηχανία, που εξυπηρετείται από ένα στόλο από δεξαμενόπλοια πολλούς, ένα δίκτυο των εξαγωγών και των τερματικών σταθμών εισαγωγής και έναν πλούτο γνώσεων και εμπειριών από την πλευρά των διαφόρων εμπλεκόμενων ατόμων.

Μεταφοράς φυσικού αερίου έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά με άλλα δεξαμενόπλοια που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά χύδην υγρών, όπως το πετρέλαιο και τα χημικά δεξαμενόπλοια.

Ένα χαρακτηριστικό σχεδόν μοναδικό μεταφορέα του φυσικού αερίου είναι ότι το φορτίο βρίσκεται υπό θετική πίεση για την πρόληψη αέρα που εισέρχεται στο σύστημα φορτίου. Αυτό σημαίνει ότι μόνο υγρού φορτίου και φορτίου ατμών είναι παρόντες στη δεξαμενή φορτίου και εύφλεκτες ατμόσφαιρες δεν μπορεί να αναπτυχθεί.

Επιπλέον, όλοι οι αερομεταφορείς που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο κλειστά συστήματα φορτίου κατά τη φόρτωση ή εκφόρτωση, χωρίς εξαερισμό του ατμού που επιτρέπεται στην ατμόσφαιρα.

Στο εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου, παροχή γίνεται πάντα για τη χρήση μιας γραμμής μεταξύ των επιστρεφόμενων ατμών δεξαμενόπλοιο ακτή και να περάσει ατμός που μετατοπίζεται από τη μεταφορά φορτίου. Στο υγραέριο εμπόριο αυτό δεν είναι πάντα η περίπτωση, όπως, υπό κανονικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της φόρτωσης, Reliquefaction χρησιμοποιείται για να διατηρήσει ατμών επί του σκάφους. Με αυτά απελευθέρωση του φορτίου μέσα στην ατμόσφαιρα είναι σχεδόν εξαλειφθεί και ο κίνδυνος ανάφλεξης των ατμών ελαχιστοποιείται.

Οι μεταφορείς αερίου χωρίζονται σε δύο κύριες ομάδες.

Υγραέριο (LPG) Οι μεταφορείς, τα οποία είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν κυρίως βουτάνιο, προπάνιο, βουταδιένιο, προπυλένιο, μονομερές βινυλοχλωρίδιο (VCM) και είναι σε θέση να μεταφέρουν άνυδρης αμμωνίας.

Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG), τα οποία είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο (που είναι ως επί το πλείστον μεθάνιο). Οι μεταφορείς αερίου κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, με βάση τον ενδεχόμενο κίνδυνο:

- i) τύπος 1G, σχεδιασμένα για να μεταφέρουν τα πιο επικίνδυνα φορτία
- ii) τον τύπο και 2PG 2G, με σκοπό να μεταφέρουν φορτία με μικρότερο βαθμό επικινδυνότητας
- iii) 3G τύπου, σχεδιασμένα για να μεταφέρουν φορτία από τα λιγότερο επικίνδυνα φύση.

Τύποι μεταφοράς υγραερίου

Όλα τα φορτία φυσικού αερίου που μεταφέρονται σε υγρή μορφή (δηλαδή δεν πραγματοποιούνται ως αέριο στην αέρια μορφή του) και, λόγω των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους, που γίνονται είτε στη διεύθυνση:

- Πιέσεις μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική, ή σε
- Θερμοκρασίες περιβάλλοντος κάτω, ή ένας συνδυασμός και των δύο.

Ως εκ τούτου, οι μεταφορείς φυσικού αερίου γενικά ομαδοποιούνται ως εξής:

- i) Πλήρως Πιεζόμενα
- ii) ημι-πίεση και ψύξη
- iii) πλήρως ψυγείο

Σημείωση. Αυτά τα ονόματα ομαδοποίηση πιο κύριο λόγο χρησιμοποιούνται κατά τη συζήτηση των κατηγοριών και τύπων του υγραερίου και όχι πλοία μεταφοράς LNG.

Κατ'αρχήν, ο σχεδιασμός είναι «ένα κουτί μέσα σε ένα κουτί που χωρίζεται από ένα κενό διάστημα», παρόμοια με την εφαρμογή της αρχής της φιάλης. Μεταφοράς φυσικού αερίου μπορεί να χωριστεί σε δύο διακριτές ομάδες. Ένα είναι το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Το άλλο είναι το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG) μεταφορέα.

Υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι κυρίως μεθάνιο και αιθάνιο. Υγροποιημένου φυσικού αερίου πλοία μεταφέρουν τα φορτία τους σε -161°C , με σχετική πυκνότητα περίπου 0,600 με αναλογία συρρίκνωση όγκου 1 προς 600. ΥΦΑ φορτίου γίνεται στην πίεση περιβάλλοντος.

Το υγραέριο είναι κυρίως προπάνιο και βουτάνιο. Υγραέριο πλοία μεταφέρουν τα φορτία τους σε -42°C , με σχετική πυκνότητα περίπου 0,500 με αναλογία συρρίκνωση όγκου 1 στα 300. Υγραέριο φορτίο μπορεί να μεταφέρεται υπό πίεση.

Η κατασκευή της δεξαμενής φορτίου υγροποιημένου φυσικού αερίου και υγραερίου πλοία μπορεί να είναι (α) πρισματικά σχεδιασμού (β) σχεδιασμός μεμβράνη ή (γ) σφαιρικό σχεδιασμό. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για αυτές τις δεξαμενές φορτίου μπορεί να είναι από αλουμίνιο, ξύλο μάλσα, κόντρα πλακέ, ίνβαγκ νικέλιο ή χάλυβα, ανοξείδωτου χάλυβα, με περλίτης και αφρό πολυουρεθάνης.

Λόγω της ζήτησης για μόνωση σε αυτές τις εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες φορτίου, το αρχικό κόστος αυτών των εξειδικευμένων πλοίων είναι εξαιρετικά υψηλή. Ένα πολύ υψηλό επίπεδο της δουλειάς που απαιτείται για την κατασκευή αυτών των τύπων πλοίων. Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 75000 σε 138000m³ του φυσικού αερίου, LBP's τους μέχρι 280 τ.μ. και τους Br. MLD 25 έως 46 m. Όταν είναι πλήρως φορτωμένο, CB τους μπορεί να είναι 0,660 έως 0,680 με υπηρεσιακή ταχύτητα της τάξης των 16 με 20,75 χιλιάδες τόνους. Είναι λεπτή μορφή σκάφη.

Μεταφοράς φυσικού αερίου πρέπει να συμμορφώνονται με τα πρότυπα που καθορίζονται από τους κώδικες αερίου ή των εθνικών κανόνων, και με όλες τις απαιτήσεις ασφάλειας και της ρύπανσης που είναι κοινές στα άλλα δεξαμενόπλοια.

Τα χαρακτηριστικά ασφαλείας που σχετίζονται με τις απαιτήσεις σχεδιασμού δεξαμενοπλοίων έχουν βοηθήσει σημαντικά στην ασφάλεια αυτών των δεξαμενόπλοιοιων. Απαιτήσεις εξοπλισμού μεταφοράς φυσικού αερίου για να είναι η θερμοκρασία και η παρακολούθηση της πίεσης, ανίχνευσης φορτίου φυσικού αερίου και οι δείκτες στάθμης της δεξαμενής υγρού, τα οποία παρέχονται με τους συναγεμους και βοηθητικών οργάνων. Η παραλλαγή του εξοπλισμού που μπορεί να τοποθετηθεί ο μεταφορέας αερίου ένα από τα πιο εξελιγμένα δεξαμενόπλοια στη ζωή σήμερα.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στο σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία της μεταφοράς φυσικού αερίου, λόγω της ποικιλίας των μεταφερόμενων φορτίων και τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων συστημάτων συγκράτησης φορτίου. Συστήματα περιορισμού του φορτίου μπορεί να είναι ανεξάρτητη από τις δεξαμενές (πίεση, πίεση ημι-ή πλήρως ψύξη) ή τον τύπο της μεμβράνης.

Προπαρασκευαστικές εργασίες για δικαιωμάτων δεξαμενισμού Το ARCTIC PRINCESS, παραδοθεί τον Ιανουάριο του 2006, ήταν η μεγαλύτερη μεταφοράς LNG που κατασκευάστηκε ποτέ, αν και αυτό ρεκόρ σύντομα αμφισβητήθηκε. ARCTIC PRINCESS είναι 288 μέτρα μήκος και διαθέτει ένα πλήρως φορτωμένο ικανότητα 147 000 κυβικά μέτρα υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μεταφέρεται σε θερμοκρασία μείον 163 βαθμούς Κελσίου σε τέσσερις σφαιρικών δεξαμενών, το καθένα με διάμετρο 42 μέτρα. Ένα πλήρες φορτίο φορτίου υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι αρκετή για να καλύψει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας του συνόλου των νοικοκυριών σε μια πόλη με πληθυσμό 45.000 άτομα. Πρώτη ανακοίνωση και πρόσκληση για υποβολή εργασιών: Μετά την επιτυχία της διεθνούς διάσκεψης για 2006 Μελέτη, Κατασκευή και Λειτουργία του φυσικού αερίου και παράκτια συστήματα, RINA θα διοργανώσει μια νέα διάσκεψη τον Ιανουάριο του 2008 σχετικά με το σχεδιασμό και τη λειτουργία του υγραερίου (υγραέριο) πλοία. Εάν επιθυμείτε να υποβάλουν μια περίληψη για αυτό το γεγονός, στείλτε μια σύντομη περίληψη από το 5ο Νοεμβρίου 2007. Προβλεπόμενη προθεσμία για την υποβολή της τελικής χαρτί θα είναι η πρώτη εβδομάδα του Ιανουαρίου 2008.

Υγραέριο σκάφη μπορεί να έχει πίεση, πίεση ημι-ή πλήρως τα συστήματα ψύξης του φορτίου, τη δυνατότητα να συναλλάσσονται τόσο από πίεση και ψύξη αποθήκες. Πλήρως πλοία-ψυγεία θα απαιτήσει ένα ψυγείο να κρυώσει υγραερίου στο λιμάνι φόρτωσης ή εκ νέου θερμάστρα υγραερίου για να ζεσταθεί η απόρριψη πραγματοποιείται σε πίεση αποθήκευσης. Τα προβληματικά χαρακτηριστικά του υγραερίου έχουν κάνει αργά για την ανάπτυξη. Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός του υγραερίου στην αγορά υγραερίου και του Κατάρ τώρα λέγεται ότι θα πάει με τον ίδιο τρόπο όπως υδροποιημένο αγορά του? Είναι σε καλό δρόμο για να γίνει ο δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός του υγραερίου μέχρι το 2010, με παραγωγή 14 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Με αυξημένες προμήθειες υγραερίου, λόγω της αυξημένης παραγωγής υδροποιημένου φυσικού αερίου και τη διύλιση του αργού πετρελαίου, οι φορείς θα μπορούσαν να αναμένουν αυξηθεί δραματικά ναύλων. Προς το παρόν υπάρχουν παραγγελίες για πάνω από 200 πλοία LPG, 60 εκ των οποίων είναι πάνω από 60.000 cu m. Με τις μεγάλες αλλαγές που αναμένονται στη βιομηχανία υγραερίου, η διάσκεψη αυτή θα παρέχει ένα φόρουμ για συζήτηση και ένα μέσο για την επαγγελματική ανάπτυξη για όσους ασχολούνται με το σχεδιασμό, την κατασκευή και λειτουργία των πλοίων LPG.

RINA προσκαλεί έγγραφα σχετικά με όλες τις πτυχές του σχεδιασμού και της λειτουργίας των πλοίων LPG και συναφών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των εξής θεμάτων:

- Σχεδιασμός των πλοίων, μεγάλης χωρητικότητας, μικρών σκαφών παράκτιας
- Σχεδιασμός και κατασκευή των υπό πίεση, ημι-πίεση και ψύξη των συστημάτων φορτίου
- Πρακτική Σχεδιασμός, κατασκευή και τα υλικά επιλογής
- Διάβρωση και κόπωση διαχείρισης και ελέγχου
- Το άγχος και η ανάλυση της ακεραιότητας
- Κατασκευή δεξαμενών, συγκόλληση και συγκόλληση επιθεώρηση
- Συστήματα χειρισμού φορτίου, μηχανικού εξοπλισμού και
- Φόρτωση, εκφόρτωση, επιχειρησιακών εξελίξεων
- Κανονισμός Λειτουργίας

Η επιλογή των υλικών δεξαμενής φορτίου υπαγορεύεται από την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας και, σε μικρότερο βαθμό, από την συμβατότητα με τα μεταφερόμενα φορτία. Το πιο σημαντικό να ληφθούν υπόψη για την επιλογή των υλικών δεξαμενής φορτίου είναι η χαμηλή θερμοκρασία σκληρότητα. Αυτή η εξέταση είναι ζωτικής σημασίας, όπως τα περισσότερα μέταλλα και κράματα (εκτός από το αλουμίνιο) γίνονται εύθραυστα κάτω από μια ορισμένη θερμοκρασία. Η θεραπεία των διαρθρωτικών χάλυβα άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτευχθεί χαμηλή θερμοκρασία χαρακτηριστικά και οι Κώδικες αερίου καθορίσετε σε χαμηλή θερμοκρασία τα όρια για διάφορα ποιότητες χάλυβα μέχρι -55°C . Πρέπει να γίνει αναφορά στους Κώδικες αερίου και τους κανόνες νηογνώμονα για λεπτομέρειες σχετικά με τις διάφορες ποιότητες χάλυβα. Σύμφωνα με τους Κώδικες αερίου, τα δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν φορτία πλήρως ψυγεία υγραερίου μπορεί να έχουν δεξαμενές αντέχουν θερμοκρασίες μέχρι -55°C . Συνήθως, η τελική θερμοκρασία επιλέγεται από τον εφοπιστή, ανάλογα με τα φορτία αναμένεται να διεξαχθούν. Αυτό καθορίζεται συχνά από το σημείο βρασμού του υγρού προπανίου σε ατμοσφαιρική πίεση και, ως εκ τούτου, οι περιορισμοί θερμοκρασία δεξαμενής φορτίου συχνά ορίζεται σε περίπου -46°C . Για να επιτευχθεί αυτή η θερμοκρασία υπηρεσίας, όπως χάλυβες πλήρως σκοτώθηκαν, λεπτόκοκκο, άνθρακα-χάλυβα μαγγανίου, μερικές φορές κράμα με 0,5 τοις εκατό το νικέλιο, που χρησιμοποιούνται. Όταν ένα δεξαμενόπλοιο έχει σχεδιαστεί ειδικά για να μεταφέρει πλήρως στο ψυγείο αιθυλενίου (με σημείο βρασμού σε ατμοσφαιρική πίεση των -104°C) ή υδροποιημένου φυσικού αερίου (ατμοσφαιρική σημείο βρασμού -162°C), νικέλιο, κράμα χάλυβα, ανοξείδωτου χάλυβα (όπως Invar) ή αλουμινίου, πρέπει να χρησιμοποιούνται για το υλικό κατασκευής της δεξαμενής. Μόνωση δεξαμενής.

Η θερμομόνωση πρέπει να τοποθετούνται στο ψυγείο για δεξαμενές φορτίου για τους ακόλουθους λόγους:

- Για την ελαχιστοποίηση της θερμικής ροής σε δεξαμενές φορτίου, μειώνοντας έτσι εξάτμισης.
- Για την προστασία της δομής δεξαμενόπλοιο γύρω από τις δεξαμενές φορτίου από τις επιπτώσεις της χαμηλής θερμοκρασίας.
- Μονωτικά υλικά για χρήση σε πλοίο μεταφοράς φυσικού αερίου πρέπει να διαθέτουν τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:
- Χαμηλή θερμική αγωγιμότητα.
- Ικανότητα να φέρει φορτία.
- Δυνατότητα να αντέχουν μηχανική βλάβη.
- Ελαφρύ.
- Ανεπηρέαστη από υγρού φορτίου ή ατμών.

Ο ατμός-σφράγιση ιδιοκτησία του συστήματος μόνωσης, για να αποφευχθεί η είσοδος του νερού ή υδρατμών, είναι σημαντικό. Όχι μόνο μπορεί η είσοδος υγρασίας αποτέλεσμα την απώλεια της αποδοτικότητας της μόνωσης, αλλά προοδευτική συμπύκνωση και κατάψυξη μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένες ζημιές στη μόνωση. Συνθήκες υγρασίας θα πρέπει, κατά συνέπεια, να διατηρηθεί όσο το δυνατόν χαμηλότερη σε χώρους αναμονής. Μια μέθοδος για την προστασία της μόνωσης είναι να παράσχει ένα φύλλο του δέρματος που ενεργεί ως φράγμα υδρατμών για να περιβάλλουν το σύστημα.

Η θερμομόνωση μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες επιφάνειες, ανάλογα με το σχεδιασμό του συστήματος συγκράτησης. Για τύπου «B» και «C» συστήματα συγκράτησης, μόνωση εφαρμόζεται άμεσα σε εξωτερικές επιφάνειες της δεξαμενής φορτίου. Για τύπου «A» μόνωση δεξαμενών φορτίου μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα στη δεξαμενή φορτίου ή στο εσωτερικό του κύτους (εάν υπάρχει), μολονότι η εφαρμογή του στη δεξαμενή φορτίου είναι πιο συχνές.

Δεδομένου ότι τα περισσότερα μονωτικά υλικά είναι εύφλεκτα, απαιτείται μεγάλη προσοχή κατά καιρούς από την κατασκευή ή επισκευή για να εξασφαλιστεί ότι αποφεύγονται οι πυρκαγιές.

Τα συστήματα συγκράτησης φορτίων σε πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου

Ένα σύστημα συγκράτησης φορτίου είναι η συνολική ρύθμιση για τον περιορισμό του φορτίου, συμπεριλαμβανομένων, όπου υπάρχουν: 1) Ένα βασικό εμπόδιο (η δεξαμενή φορτίου),

(2) Δευτεροβάθμιας εμπόδιο (εάν υπάρχει),

(3) συνδεδεμένο θερμομόνωση,

(4) Κάθε παρέμβαση χώρους, και

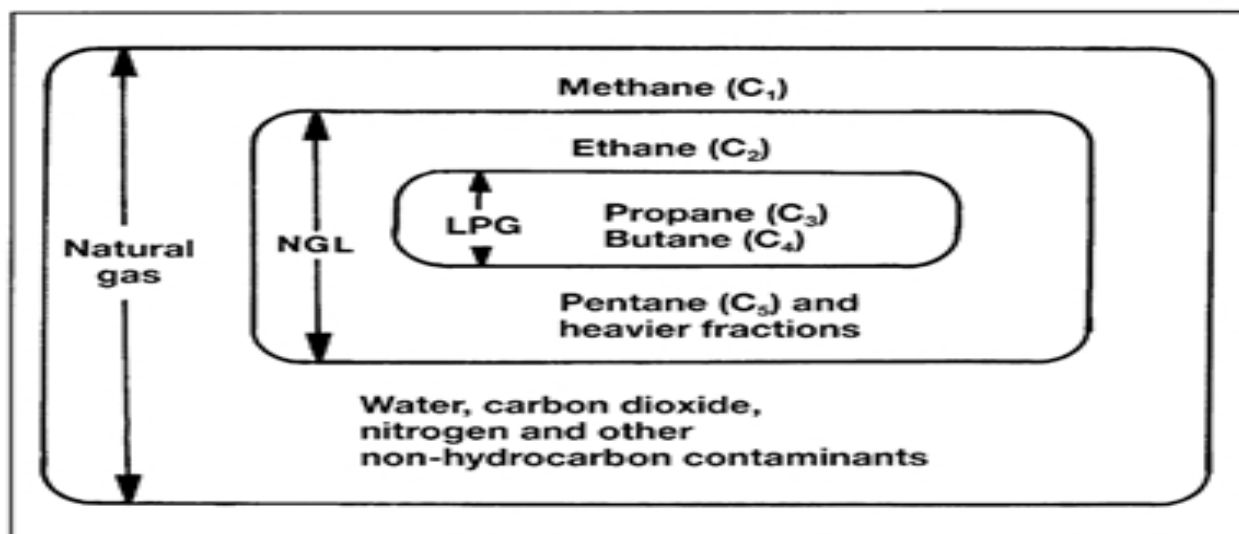
(5) Δίπλα δομή, εάν είναι απαραίτητο, για την υποστήριξη αυτών των στοιχείων

Για τα φορτία μεταφέρονται σε θερμοκρασίες από -10 C και -55 βαθμός Γ βαθμού, η γάστρα του πλοίου δύναται να ενεργεί ως φραγμός και δευτεροβάθμιας σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι το όριο του χώρου αποσκευών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ LPG/LNG

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΑΕΡΙΟΥ :Για την κατανόηση των διάφορων όρων που χρησιμοποιούνται στο εμπόριο υγροποιημένου αερίου, αυτό το τμήμα συζητά την κατασκευή των υγροποιημένων αερίων και περιγράφει τα βασικά φορτία υγροποιημένου αερίου που μεταφέρονται υποθαλασσίων. Είναι πρώτιστης σημασίας η διαφοροποίηση μεταξύ των πρώτων υλών και των συστατικών τους, προκειμένου να διαφοροποιηθεί η σχέση μεταξύ φυσικού αερίου, υγρού φυσικού αερίου (LNG) και υγροποιημένα αέρια πετρελαίου (LPG), τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1

➤ Παραγωγή LNG

Το φυσικό αέριο μπορεί να εμφανιστεί σε:

- Υπόγεια φρεάτια
- Συμπυκνωμένες δεξαμενές
- Μεγάλες πετρελαιοφόρες περιοχές

Το φυσικό αέριο περιέχει μικρότερες ποσότητες βαρύτερων υδρογονανθράκων (γνωστά ως υγρά φυσικού αερίου - LNG). Αυτό είναι σε εξάρτηση με τις κυμαινόμενες ποσότητες νερού, διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου και άλλων μη υδρογονανθρακικών ουσιών.

Το ποσοστό LNG που περιέχεται στο ακατέργαστο φυσικό αέριο ποικίλλει από μια θέση σε άλλη. Εντούτοις, τα ποσοστά LNG είναι γενικά μικρότερα στα φρεάτια αερίου όταν συγκρίνονται με εκείνα που βρίσκονται στις συμπυκνωμένες δεξαμενές. Ανεξάρτητα από την προέλευση, το φυσικό αέριο απαιτεί επεξεργασία για την αφαίρεση βαρύτερων υδρογονανθρακικών και μη υδρογονανθρακικών

συστατικών. Αυτό εξασφαλίζει ότι το προϊόν είναι σε αποδεκτή κατάσταση για ρευστοποίηση ή για τη χρήση του ως αεριώδη καύσιμο.

Το σχήμα 1.2 είναι ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα ροής για εγκαταστάσεις ρευστοποίησης που χρησιμοποιούνται για να παραγάγουν το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Το ακατέργαστο αέριο τροφοδοσίας είναι απαλλαγμένο από κατέλειπα. Ακολουθεί η αφαίρεση των όξινων αερίων (διοξειδίο του άνθρακα και σουλφίδιο υδρογόνου). Το διοξείδιο του άνθρακα πρέπει να αφαιρεθεί καθώς παγώνει σε μια θερμοκρασία πάνω από το ατμοσφαιρικό σημείο βρασμού του LNG και το τοξικό σύνθετο σουλφίδιο υδρογόνου απομακρύνεται δεδομένου ότι προκαλεί ατμοσφαιρική ρύπανση όταν καίγεται ως καύσιμο. Η αφαίρεση του όξινου αερίου προκαλεί εμποτισμό του αερίου ρεύματος με υδρατμούς οι οποίοι στη συνέχεια αφαιρούνται.

Κατόπιν το αέριο περνά σε μια μονάδα διαχωρισμού όπου τα LNG είναι αφαιρούνται και γίνεται η περαιτέρω διάσπαση σε προπάνιο και βουτάνιο. Τέλος, η κύρια ροή αερίου, τώρα συνήθως μεθάνιο, είναι υγροποιημένη στο τελικό προϊόν, υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG).

Για να χαμηλώσουν τη θερμοκρασία του μεθανίου σε περίπου -162°C (το ατμοσφαιρικό σημείο βρασμού του) υπάρχουν τρεις βασικές διαδικασίες ρευστοποίησης σήμερα. Αυτοί περιγράφονται παρακάτω:

- Καθαρή διαδικασία ψυκτικών ουσιών (Pure refrigerant process) -αυτό είναι παρόμοιο σε γενικές γραμμές με τον κύκλο υγροποίησης αλλά προκειμένου να επιτευχθεί η χαμηλή θερμοκρασία που απαιτείται, τρία στάδια περιλαμβάνονται όπου το καθένα έχει την ψυκτική ουσία, το συμπιεστή και τους εναλλακτές θερμότητας του. Το πρώτο στάδιο χρησιμοποιεί το προπάνιο, το δεύτερο είναι ένα στάδιο συμπύκνωσης που χρησιμοποιεί το αιθυλένιο και τελικά το τρίτο στάδιο που χρησιμοποιεί το μεθάνιο. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις πριν από το 1970.

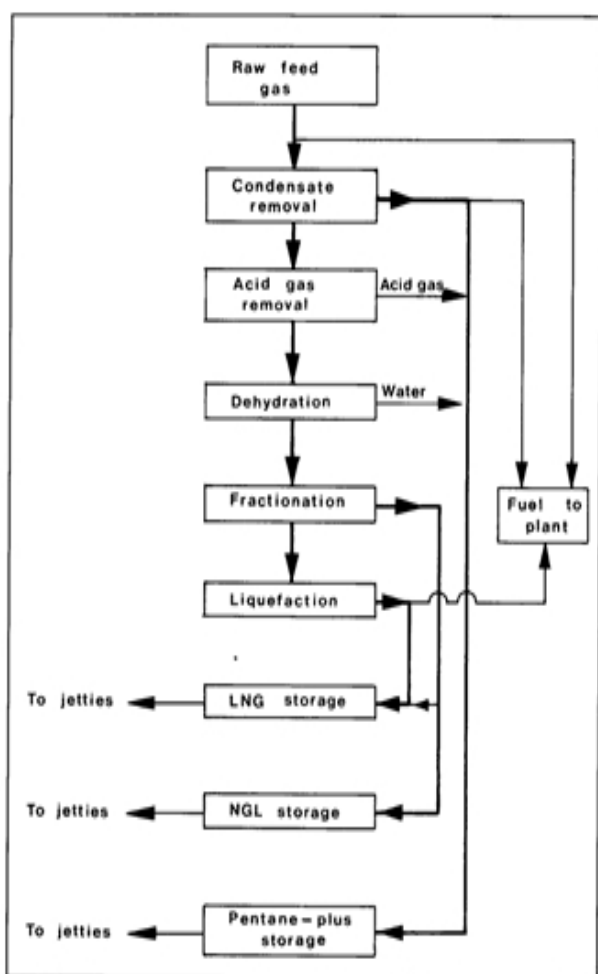
- Μικτή διαδικασία ψυκτικών ουσιών (mixed refrigerant process) - ενώ με τη ν καθαρή διαδικασία ψυκτικών ουσιών (όπως περιγράφεται ανωτέρω), μια διαδικασία τριών κύκλων, με τη μικτή διαδικασία ψυκτικών ουσιών (συνήθως μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο και άζωτο), η διαδικασία επιτυγχάνεται σε έναν κύκλο. Ο εξοπλισμός είναι λιγότερο σύνθετος από την καθαρή διαδικασία ψυκτικών ουσιών αλλά η κατανάλωση ισχύος είναι ουσιαστικά μεγαλύτερη και για αυτόν τον λόγο η χρήση της δεν είναι διαδεδομένη.

- Προψυγμένη μικτή διαδικασία ψυκτικών ουσιών (Pre-cooled mixed refrigerant process) - αυτή η διαδικασία είναι γενικά γνωστή ως διαδικασία MCR (Multi-Component Refrigerant) και είναι ένας συνδυασμός των πιο πάνω διαδικασιών. Είναι κατά πολύ η πιο κοινή διαδικασία σε λειτουργία σήμερα.

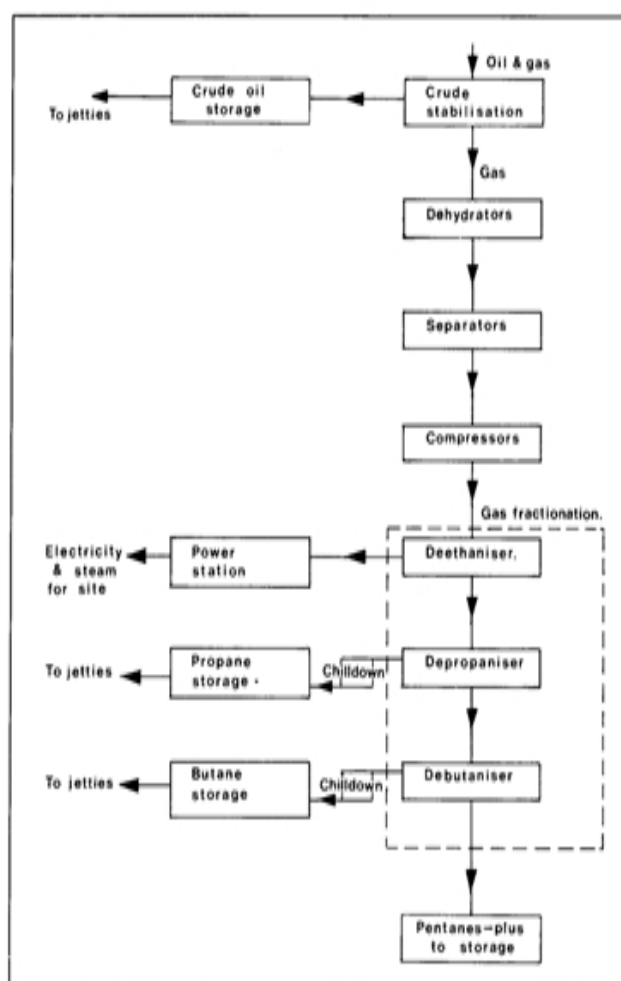
Τα καύσιμα για τις εγκαταστάσεις παρέχονται κυρίως από το στιγμιαίο αέριο κατά τη διαδικασία υγροποίησης. Εάν είναι απαραίτητο, τα πρόσθετα καύσιμα μπορούν να ληφθούν από το ακατέργαστο υγροποιημένο αέριο ή από τα αποσπασμένα συμπυκνώματα. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του LNG που παράγεται και τις απαιτήσεις του εμπορίου, μερικά από τα αποσπασμένα NGL μπορούν να επανεισαχθούν στο LNG.

➤ Παραγωγή LPG

Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG) είναι το γενικό όνομα που δίνεται για το προπάνιο, το βουτάνιο και τα μίγματα των δύο. Αυτά τα προϊόντα μπορούν να ληφθούν από τον καθαρισμό του ακατέργαστου πετρελαίου. Όταν παράγονται κατά αυτόν τον τρόπο κατασκευάζονται συνήθως υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση. Εντούτοις, η κύρια παραγωγή LPG βρίσκεται σε χώρες παραγωγής πετρελαίου. Σε αυτές τις θέσεις το LPG εξάγεται από φυσικά αέρια ή από ποσότητες ακατέργαστου πετρελαίου που προέρχονται από υπόγειες δεξαμενές. Στην περίπτωση πηγής φυσικού αερίου, το ακατέργαστο προϊόν αποτελείται κυρίως από το μεθάνιο. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2, σε αυτήν την διαδικασία είναι φυσιολογική η παραγωγή NGL και τα LPG μπορούν να εξαχθούν από αυτά ως υποπροϊόν πετρελαίου και φυσικού αερίου παρουσιάζεται στο σχήμα 1.3. Σε αυτό το παράδειγμα το μεθάνιο και το αιθάνιο, το οποίο έχει αφαιρεθεί χρησιμοποιείται από το μηχανισμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος του σταθμού, και τα LPG αποθηκεύονται στις τελικές δεξαμενές πριν από την τελική αποστολή τους.



Σχήμα 1.2



Σχήμα 1.3

Τα υγροποιημένα αέρια πετρελαίου (LPG)

Τα υγροποιημένα αέρια πετρελαίου περιλαμβάνουν προπάνιο, βουτάνιο και μίγματα των δύο. Βουτάνιο που αποθηκεύεται στους κυλίνδρους γνωστό ως εμφιαλωμένο αέριο, έχει διαδεδομένη χρήση ως καύσιμο για τη θέρμανση και το μαγείρεμα. Επίσης είναι ένας σημαντικός αυξητικός παράγοντας οκτανίου για τη βενζίνη μηχανών και ένα βασικό πετροχημικό αέριο. Το προπάνιο, επίσης, χρησιμοποιείται ως εμφιαλωμένο αέριο, ειδικά στα κρύα κλίματα (στα οποία η πίεση ατμού της προσαρμόζεται). Εντούτοις, τα LPG χρησιμοποιούνται κυρίως στην ηλεκτρική παραγωγή, για βιομηχανικούς λόγους όπως η κοπή μετάλλων. Περίπου 250 εκατομμύρια τόνοι των LPG παράγονται κάθε έτος παγκοσμίως και περίπου 70 εκατομμύρια τόνοι μεταφέρονται θαλασσίως.

ΠΛΟΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΕΡΙΩΝ (LPG)

Τα πλοία μεταφοράς αερίων κυμαίνονται από τα μικρά υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση σκάφη περίπου 3.500 m³ (fully pressurized) για την αποστολή του προπανίου, του βουτανίου και των χημικών αερίων σε περιβαλλοντική θερμοκρασία μέχρι τα πλήρως μονωμένα ή ειδικά πλοία ψυγεία (fully refrigerated) πάνω από 100.000 m³ για τη μεταφορά LNG και LPG. Μεταξύ αυτών των δύο ευδιάκριτων τύπων υπάρχει και ένας τρίτος τύπος πλοίων ο ημι-διατηρημένος υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση μεταφορέας αερίου (semi-pressurized carriers). Αυτά τα πλοία είναι σε θέση να μεταφέρουν πολλά φορτία υπό συνθήκες κατάψυξης σε ατμοσφαιρική πίεση ή σε θερμοκρασίες που αντιστοιχούν σε πιέσεις μεταξύ 5 και 9 bar. Η μετακίνηση των υγροποιημένων αερίων θαλασσίως είναι τώρα μια ώριμη βιομηχανία, που εξυπηρετείται από έναν στόλο πάνω από 1000 πλοία.



LPG Tanker.

Το 2009 οι αριθμοί πλοίων σε κάθε κατηγορία ήταν προσεγγιστικά ως ακολούθως:

- LNG carriers 300
- Fully refrigerated ships 216
- Ethylene carriers 100
- Semi-pressurized ships 200
- Pressurized ships 450

Οι μεταφορείς αερίου χρησιμοποιούν ορισμένα χαρακτηριστικά σχεδιασμού από κοινού με άλλα σκάφη για τη μεταφορά των υγρών όπως δεξαμενόπλοια χημικών και πετρελαίου. Τα δεξαμενόπλοια χημικών μεταφέρουν τα πιο επικίνδυνα φορτία τους στις κεντρικές δεξαμενές, ενώ τα φορτία μικρότερου κινδύνου μπορούν να σταλούν στις πλαϊνές δεξαμενές. Ο στόχος είναι η προστασία από την έκχυση του επικίνδυνου φορτίου σε περίπτωση σύγκρουσης. Αυτή η ίδια αρχή εφαρμόζεται και για τα πλοία μεταφοράς αερίων. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα σχεδόν μοναδικό στα πλοία μεταφοράς αερίων είναι ότι οι δεξαμενές φορτίου διατηρούνται υπό θετική πίεση για να αποτραπεί ο αέρας στο σύστημα αποθήκευσης φορτίου. Αυτό σημαίνει ό τι μόνο το υγρό φορτίου και ο ατμός είναι παρόντες στη δεξαμενή προ ς αποφυγή αναφλέξεων. Επιπλέον όλα τα πλοία μεταφοράς αερίου χρησιμοποιούν κλειστά συστήματα κατά τη φόρτωση ή την εκφόρτωση, χωρίς να απελευθερώνονται ατμοί στην ατμόσφαιρα. Με αυτά τα μέσα η απελευθέρωση φορτίου στην ατμόσφαιρα αποβάλλεται ουσιαστικά και ο κίνδυνος ανάφλεξης ατμού ελαχιστοποιείται.

Οι μεταφορείς αερίου πρέπει να συμβαδίζουν με τα πρότυπα που καθορίζονται από το διεθνή θαλάσσιο οργανισμό (IMO), και με όλες τις απαιτήσεις ασφάλειας και ρύπανσης . Τα χαρακτηριστικά μέτρα για τον σχεδιασμό ασφάλειας που περιγράφονται στους κανονισμούς μεταφοράς αερίων βοηθήσει καθοριστικά στην ασφάλεια αυτών των πλοίων. Οι απαιτήσεις εξοπλισμού για τους μεταφορείς αερίου περιλαμβάνουν τον έλεγχο θερμοκρασίας και πίεσης, την ανίχνευση αερίου και δείκτες στάθμης των δεξαμενών φορτίου. Όλα τα παραπάνω εξοπλίζονται με κατάλληλους συναγερμούς.

Υπάρχουν αρκετές διαφοροποιήσεις κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία αυτών των πλοίων ανάλογα με το σύστημα συγκράτησης και το είδος του φορτίου που μεταφέρουν. Τα συστήματα συγκράτησης φορτίου μπορούν να είναι ανεξάρτητων δεξαμενών (pressurized, semi-pressurized or fully refrigerated) ή μεμβρανοειδούς τύπου (membrane type). Μερικά από τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα αυτών των παραλλαγών περιγράφονται κατωτέρω.

Πλήρως διατηρημένα υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση πλοία (Fullypressurized ships)Η μεταφορά των υδροποιημένων αερίων θαλασσίως άρχισε το 1934 όταν μια διεθνής επιχείρηση έθεσε σε λειτουργία δύο πλοία μικτού τύπου πετρελαιοφόρου/LPG. Τα πλοία αυτά, βασικά πετρελαιοφόρα, είχαν μετατραπεί σε μικρά, με δεξαμενές υψηλής πίεσης για τη μεταφορά LPG. Αυτό επέτρεψε τη μεταφορά αυτού του προϊόντος σε μεγάλες αποστάσεις. Τα LPG όχι μόνο είναι μη τοξικά, έχουν επίσης υψηλή θερμαντική ικανότητα και είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, τα οποία τα καθιστούν πολύ καθαρά και αποδοτικά κατά τον κάψιμο.

Σήμερα τα περισσότερα διατηρημένα υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση LPG διαθέτουν δύο ή τρεις οριζόντιες, κυλινδρικές ή σφαιρικές δεξαμενές και έχουν την ικανότητα μεταφοράς έως και 5.000 m³ όγκου. Εντούτοις, τα τελευταία χρόνια έχουν ναυπηγηθεί πλοία με σφαιρικές δεξαμενές, έως 10.000 m³, το καθένα από αυτά με πέντε σφαιρικές δεξαμενές.

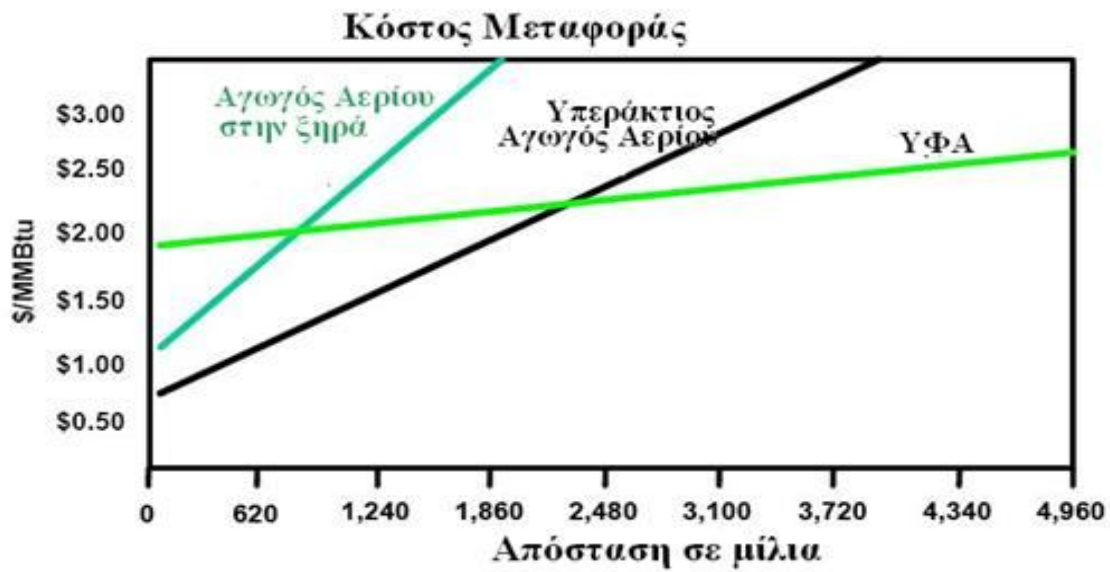
Ημι-διατηρημένα υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση πλοία (Semi-pressurized ships) Παρά την πρόωγη σημαντική ανακάλυψη μεταφοράς φορτίων των υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση LPG, η μετακίνηση υγροποιημένων αερίων θαλασσίως άρχισε πραγματικά να αυξάνεται στις αρχές της δεκαετίας του '60 με την ανάπτυξη των κατάλληλων μετάλλων για τη συγκράτηση αυτών των υγροποιημένων αερίων σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Τα πρώτα σκάφη που χρησιμοποιήσουν αυτήν την νέα τεχνολογία εμφανίστηκαν το 1961. Μετέφεραν αέρια σε ένα ημι-διατηρημένα υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση/ημι-κατεψυγμένη κατάσταση (SP/SR). Από τα τέλη της δεκαετίας του '60 πλοία ημι-διατηρημένα υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση/ πλήρως κατεψυγμένα (SP/FR) είχαν γίνει η επιλογή πλοιοκτητών με την παροχή υψηλής ευελιξίας στο χειρισμό φορτίου. Αυτού του τύπου τα πλοία, χρησιμοποιούν δεξαμενές κυλινδρικές ή σφαιρικές είτε της μορφής bi-lobe και έχουν την ικανότητα να φορτώσουν και να ξεφορτώνουν τα φορτία αερίου και στις κατεψυγμένες και στις διατηρημένες υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση εγκαταστάσεις. Ο υπάρχων στόλος των ημι-διατηρημένων υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση πλοίων περιλαμβάνει μεγέθη από 3.000-22.000 m³.

Μεταφορείς αιθυλενίου και χημικών αερίων (Ethylene and gas/chemical carriers) Οι μεταφορείς αιθυλενίου είναι οι περιπλοκότεροι των ημι-διατηρημένων υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση βυτιοφόρων και έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν όχι μόνο τα περισσότερα φορτία αλλά και το στο ατμοσφαιρικό σημείο βρασμού του στους -104°C. Το πρώτο πλοίο αυτής της κατηγορίας κατασκευάστηκε το 1966 και, από το 1995, υπήρξαν περίπου 100 τέτοια πλοία σε υπηρεσία ικανότητας από 1.000 έως 12.000 m³. Από αυτόν τον στόλο υπάρχει μια ειδική υποομάδα πλοίων ικανών να διαχειριστούν ένα ευρύ φάσμα υγρών χημικών ουσιών και υγροποιημένων αερίων ταυτόχρονα. Αυτά έχουν κυλινδρικές, μονωμένες, δεξαμενές κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ικανές να προσαρμόσουν τα φορτία μέχρι μια μέγιστη πυκνότητα 1.8 σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -104°C έως και +80°C σε μέγιστη πίεση 4 bar. Τα πλοία αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται ως τα πιο ευπροσάρμοστα καθώς έχουν τη δυνατότητα να ξεφορτώνουν και να φορτώνουν σε όλους τους ειδικά κατασκευασμένους τερματικούς σταθμούς.

Fully refrigerated ships Η δεκαετία του '60 είδε επίσης μια άλλη σημαντική ανάπτυξη στην εξέλιξη μεταφορέων αερίου - η εμφάνιση του πρώτου fully refrigerated πλοίου, που χτίστηκε για να μεταφέρει τα υγροποιημένα αέρια σε χαμηλή θερμοκρασία. Το πρώτο πλοίο αυτής της κατηγορίας κατασκευάστηκε από ιαπωνικό ναυπηγείο, το 1962. Το πλοίο διατηρούσε τέσσερις πρισματικές διαμορφωμένες (σαν κουτιά) δεξαμενές κατασκευασμένες το 3% από χάλυβα νικελίου, επιτρέποντας τη μεταφορά των φορτίων σε θερμοκρασίες τόσο χαμηλές όσο -48°C. Οι πρισματικές δεξαμενές επέτρεψαν στα πλοία αυτά να μεγιστοποιήσουν την μεταφορική τους ικανότητα, καθιστώντας τα κατά συνέπεια ιδιαίτερα κατάλληλα για τη μεταφορά μεγάλων όγκων φορτίων όπως LPG, αμμωνία και βινύλιο χλωριδίου για μεγάλες αποστάσεις. Σήμερα, κυμαίνονται από 20.000 έως 100.000 m³. Οι κύριοι τύποι συστημάτων συγκράτησης φορτίου που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα πλήρως κατεψυγμένα σκάφη είναι ανεξάρτητες δεξαμενές που έχουν άκαμπτη μόνωση αφρού. Παλαιότερα σκάφη μπορεί να έχουν ανεξάρτητες δεξαμενές γεμισμένα με μόνωση περλίτη. Στο παρελθόν έχουν υπάρξει μερικά πλήρως κατεψυγμένα σκάφη που ναυπηγούνται με ημι-μεμβράνη (semi- membrane) ή τις ακέραιες δεξαμενές και τις εσωτερικές δεξαμενές μόνωσης αλλά αυτά τα συστήματα έχουν διατηρήσει μόνο ελάχιστο ενδιαφέρον.

Τεχνολογία Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και Κόστος σε σχέση με την Απόσταση



Source: Institute of Gas Technology.