

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ
& ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ
ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΚΡΗΞΕΙΣ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :
ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ
ΨΑΡΡΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ : **ΜΑΥΡΙΔΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ**
ΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2012

Πρόλογος

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην ανάλυση του τρόπου προστασίας των συνήθων χημικών βιομηχανιών και των εγκαταστάσεων των διυλιστηρίων από πυρκαγιές και εκρήξεις.

Στην αρχή αναφέρονται οι τρόποι πυροπροστασίας των πετρελαϊκών βιομηχανιών. Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι μέθοδοι πυρόσβεσης που πρέπει να υπάρχουν σε μονάδες επεξεργασίας υδρογονανθράκων σε στεριά και υπεράκτιες εγκαταστάσεις.

Ευχαριστούμε θερμά τους Επιβλέποντες Καθηγητές μας κ. Ιωάννη Γιαννάκη και κ. Μαυρίδη Κων/νο, καθηγητές του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφεραν για την εκπόνηση της Εργασίας.

Τζωρτζάκης Χριστόφορος
Ψαρράκης Γεώργιος

2012

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στα συστήματα πυρασφάλειας των πετρελαϊκών βιομηχανιών τα οποία χρησιμοποιούνται για την πυρόσβεσή τους σε περίπτωση ατυχήματος.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε δώδεκα κεφάλαια :

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται οι επιπτώσεις που δημιουργούνται από τις πυρκαγιές και τις εκρήξεις και έχουν σαν αποτέλεσμα τη μόλυνση του περιβάλλοντος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται η επισκόπηση των εγκατα-στάσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στην εξερεύνηση, παραγωγή και διύλιση.

Στο τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με την φιλοσοφία των αρχών προστασίας. Οι μέθοδοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την σχεδίαση της προστασίας των εργασιών έχουν συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές ή πρότυπα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στην ανάλυση κινδύνου όπου είναι ένας όρος που εφαρμόζεται σε διάφορες αναλυτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του επιπέδου επικίνδυνων συμβάντων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναπτύσσονται ο όροι : διάκριση, διαχωρισμός και διάταξη. Αυτά είναι τα βασικότερα μέτρα προστασίας που μπορεί να ληφθούν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας πετρελαίου, φυσικού αερίου ή άλλες παρόμοιες.

Στο κεφάλαιο έκτο μελετάται ο έλεγχος των πηγών ανάφλεξης. Οι τρεις βασικές κατηγορίες πηγών ανάφλεξης στα εργοστάσια υδρογονανθράκων είναι οι ανοικτές φλόγες, θερμές επιφάνειες και οι σπινθήρες.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται τα συστήματα που χρησιμοποιούν τα εργοστάσια υδρογονανθράκων για την ανίχνευση πυρός και αερίων και τα συστήματα συναγερμού.

Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά για την εκκένωση των εγκαταστάσεων από το παραπάνω.

Στο ένατο κεφάλαιο περιγράφονται οι μέθοδοι πυρόσβεσης που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση ατυχημάτων.

Στο δέκατο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά διαρροών, πυρκαγιών και πράξεων από υδρογονάνθρακες. Η επικινδυνότητα από τις διαρροές μας αναγκάζει να παίρνουμε τις απαραίτητες προφυλάξεις.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο αναφέρονται οι ειδικές τοποθεσίες, εγκατα-στάσεις και ο εξοπλισμός που χρειάζονται οι πετρελαϊκές επιχειρήσεις για την κατασκευή καινούργιων μονάδων διύλισης πετρελαίου.

Στο δωδέκατο κεφάλαιο μελετάται ο ανθρώπινος παράγοντας και τα θέματα εργονομίας. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά συμβάλλουν στην πρόληψη των πυρκαγιών και των εκρήξεων στις πετρελαϊκές εγκαταστάσεις.

Τα σπουδαιότερα ζητήματα για την ασφάλεια των εργοστασίων των υδρογονανθράκων αντιμετωπίζεται από την ανώτερη βιομηχανική διοίκηση η οποία είναι το κλειδί για την παροχή αποτελεσματικών μέτρων προστασίας.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1° : Εισαγωγή	σελ. 1
1.1 Ιστορική αναδρομή	σελ. 2
1.2 Κίνδυνοι και η πρόληψή τους	σελ. 5
1.3 Προσέγγιση συστημάτων	σελ. 5
1.4 Ο ρόλος της μηχανικής πυροπροστασίας	σελ. 6
1.5 Διαχείριση κινδύνου και ασφαλιστική κάλυψη	σελ. 6
1.6 Ευθύνες και υποχρεώσεις των ανώτερης διοίκησης	σελ. 8
Κεφάλαιο 2° : Επισκόπηση των εγκαταστάσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου	σελ. 10
2.1 Εξερεύνηση	σελ. 10
2.2 Παραγωγή	σελ. 11
2.3 Βελτιωμένη Ανάκτηση Πετρελαίου (EOR – Enhanced Oil Recovery)	σελ. 13
2.4 Μεταφορά	σελ. 14
2.5 Διύλιση	σελ. 15
Κεφάλαιο 3° : Φιλοσοφία αρχών προστασία	σελ. 18
3.1 Γενική φιλοσοφία	σελ. 18
3.2 Οι συνθήκες στη χειρότερη περίπτωση	σελ. 20
3.3 Ανεξάρτητα στρώματα προστασία (ILP – Independent Layers of Protections)	σελ. 21
3.4 Αρχές σχεδίασης	σελ. 23
3.5 Αξιοπιστία και ελεγχιμότητα	σελ. 26
Κεφάλαιο 4° : Ανάλυση κινδύνου	σελ. 27
4.1 Διάγραμμα ροής ασφάλειας	σελ. 27
4.2 Αναγνώριση και αξιολόγηση κινδύνων	σελ. 28
4.3 Κριτήρια αποδοχής κινδύνου	σελ. 31
4.4 Σχετικές και ακριβές πηγές δεδομένων	σελ. 32
Κεφάλαιο 5° : Διάκριση, διαχωρισμός και διάταξη	σελ. 33
5.1 Διάκριση	σελ. 33
5.2 Διαχωρισμός	σελ. 34
5.3 Επανδρωμένες εγκαταστάσεις και τοποθεσίες	σελ. 36
5.4 Χώροι αποθήκευσης – Δεξαμενές	σελ. 37
5.5 Μονάδες επεξεργασίας	σελ. 37
5.6 Κάμινοι	σελ. 38
5.7 Βασικές παροχές και υποστηρικτικά συστήματα	σελ. 38
5.8 Ζώνες πυρός	σελ. 39
5.9 Διάταξη	σελ. 39
5.10 Πρόσβαση στις εγκαταστάσεις	σελ. 40
Κεφάλαιο 6° : Έλεγχος πηγών ανάφλεξης	σελ. 42
6.1 Ανοιχτές φλόγες, εργασίες συγκόλλησης και κάπνισμα	σελ. 42
6.2 Ηλεκτρικές διατάξεις	σελ. 42
6.3 Όρια επιφανειακής Θερμοκρασίας;	σελ. 45
6.4 Ταξινομημένες τοποθεσίες και πηγές διαρροών	σελ. 45
6.5 Μέτρα προστασίας	σελ. 46
Κεφάλαιο 7ο : Ανίχνευση πυρός και αερίων και συστήματα συναγερμού	σελ. 51
7.1 Μέθοδοι ανίχνευσης πυρός και καπνού και ανθρώπινη επιτήρηση	σελ. 51

7.2 Χειροκίνητο σημείο κλήσης (Manual Activation callpoints)/ Χειροκίνητος συναγερμός (Manual pull stations) – Τηλεφωνική αναφορά – Φορητοί Ραδιοπομποί	σελ. 52
7.3 Ανιχνευτές καπνού	σελ. 52
7.4 Ανιχνευτές θερμότητας ή θερμικοί	σελ. 53
7.5 Οπτικοί ανιχνευτές φλόγας	σελ. 54
7.6 Ανίχνευση αερίων	σελ. 59
7.7 Καταλυτικοί ανιχνευτές	σελ. 63
7.8 Ανιχνευτές αερίων υπέρυθρων (IR) ακτινών	σελ. 64
7.9 Ρύθμιση συναγερμού	σελ. 64
7.10 Βαθμονόμηση και ταξινόμηση επικίνδυνων περιοχών	σελ. 65
7.11 Πίνακες ελέγχου ανίχνευσης πυρός και αερίων	σελ. 65
7.12 Προειδοποίηση με γραφικά	σελ. 65
7.13 Τροφοδοσία ρεύματος	σελ. 65
7.14 Βοηθητική τροφοδοσία για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης	σελ. 66
7.15 Χρονοκαθυστέρηση	σελ. 66
7.16 Εφεδρεία	σελ. 66
7.17 Δυνατότητα διασταυρούμενων ζωνών (cross zoning)	σελ. 67
7.18 Εκτελεστικά μέτρα	σελ. 67
7.19 Επιτήρηση κυκλωμάτων	σελ. 68
Κεφάλαιο 8° : Εκκένωση εγκαταστάσεων	σελ. 69
8.1 Συναγερμοί και ειδοποιήσεις	σελ. 69
8.2 Ενεργοποίηση συναγερμού	σελ. 70
8.3 Οδοί εκκένωσης	σελ. 70
8.4 Πόρτες έκτακτης ανάγκης, έξοδοι και καταπακτές διαφυγής	σελ. 71
8.5 Σήμανση και εντοπισμός	σελ. 71
8.6 Φωτισμός έκτακτης ανάγκης	σελ. 72
8.7 Εκκένωση υπεράκτιων εγκαταστάσεων	σελ. 72
8.8 Μέσα διαφυγής	σελ. 72
Κεφάλαιο 9° : Μέθοδοι πυρόσβεσης	σελ. 74
9.1 Φορητοί πυροσβεστήρες	σελ. 74
9.2 Συστήματα πυρόσβεσης με νερό	σελ. 76
9.3 Συστήματα διανομής νερού για πυρόσβεση	σελ. 79
9.4 Έλεγχος του νερού πυρόσβεσης και βαλβίδες απομόνωσης	σελ. 80
9.5 Συστήματα ψεκαστήρων (SPRINKLER)	σελ. 81
9.6 Συστήματα κατακλυσμού	σελ. 81
9.7 Συστήματα ψεκασμού νερού	σελ. 81
9.8 Πλημμυρισμός	σελ. 82
9.9 Κατάσβεση με ατμό	σελ. 82
9.10 Παραπέτασμα νερού	σελ. 82
9.11 Συστήματα έγχυσης νερού	σελ. 83
9.12 Κρούνοι πυροσβεστικά και μάνικες	σελ. 83
9.13 Συστήματα πυρόσβεσης αφρού – νερού	σελ. 85
9.14 Συστήματα αερίων	σελ. 88
9.15 Χημικά συστήματα	σελ. 92
9.16 Συστήματα δύο παραγόντων	σελ. 93
Κεφάλαιο 10° : Χαρακτηριστικά διαρροών πυρκαγιών και εκρήξεων από υδρογονάνθρακες	σελ. 99

10.1 Διαρροές υδρογονανθράκων	σελ.100
10.2 Διαρροές αερίων	σελ.100
10.3 Διαρροές σταγονιδίων	σελ.101
10.4 Διαρροές υγρών	σελ.101
10.5 Φύση και χημεία της καύσης υδρογονανθράκων	σελ.102
10.6 Πυρκαγιές από υδρογονάνθρακες	σελ.106
10.7 Φύση των εκρήξεων από υδρογονάνθρακες	σελ.107
10.8 Υπερπίεση ημι-περιορισμένων εκρήξεων	σελ.110
10.9 Υπερπίεσεις εκρήξεων νεφών ατμού	σελ.110
10.10 Έκρηξη εκτονούμενου Ατμού Ζέοντος Υγρού (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)	σελ.111
10.11 Καπνός και καυσαέρια	σελ.112
10.12 Μαθηματική μοντελοποίηση συνεπειών	σελ.114
10.13 Μέθοδοι κατάσβεσης φλόγας	σελ.115
10.14 Επιλογή μεθόδων ελέγχου κατάσβεσης πυρκαγιών	σελ.117
10.15 Ορολογία εκρήξεων και πυρκαγιών από υδρογονάνθρακες	σελ.117
Κεφάλαιο 11° : Ειδικές τοποθεσίες, εγκαταστάσεις και εξοπλισμός	σελ.120
11.1 Αρκτικά περιβάλλοντα	σελ.120
11.2 Ερημικά περιβάλλοντα	σελ.121
11.3 Υπεράκτιες εγκαταστάσεις	σελ.121
11.4 Πλωτές υπεράκτιες εγκαταστάσεις εξόρυξης και παραγωγής	σελ.122
11.5 Σωληνώσεις	σελ.122
11.6 Κεφαλές γεωτρήσεων/εξόρυξη (Χερσαία και Υπεράκτια)	σελ.123
11.7 Εγκαταστάσεις φόρτωσης	σελ.125
11.8 Ηλεκτρικός εξοπλισμός και αίθουσες επικοινωνίας	σελ.126
11.9 Αίθουσες μπαταριών	σελ.126
11.10 Κλειστές τουρμπίνες ή λουκέτα συμπιεστών αερίου	σελ.127
11.11 Συστήματα μεταφοράς θερμότητας	σελ.127
11.12 Πύργοι ψύξης	σελ.128
11.13 Μετατροπείς που πληρώνονται με έλαια	σελ.129
11.14 Εργαστήρια εξέτασης υδρογονανθράκων	σελ.129
Κεφάλαιο 12° : Ανθρώπινος παράγοντας και εργονομίας	σελ.131
12.1 Ανθρώπινη συμπεριφορά	σελ.132
12.2 Πρόσβαση και αποδοχή	σελ.134
12.3 Οδηγίες, σημάνσεις και ετικέτες	σελ.134
12.4 Χρώματα και αναγνώριση	σελ.135
12.5 Αρίθμηση και αναγνώριση	σελ.136
12.6 Υπερφόρτωση συναγερμών	σελ.136
12.7 Έλεγχος θορύβων	σελ.136
12.8 Πανικός	σελ.137
12.9 Ασφάλεια	σελ.137
12.10 Θρησκευτικά καθήκοντα	σελ.138
Βιβλιογραφία	σελ.139

Κεφάλαιο 1^ο : Εισαγωγή

Οι πυρκαγιές, οι εκρήξεις και η μόλυνση του περιβάλλοντος είναι οι σοβαρότερες «απρόβλεπτες», απειλητικές για τη ζωή και τις επιχειρήσεις, απώλειες που έχουν επιπτώσεις στη βιομηχανία υδρογονανθράκων στις μέρες μας. Τα ζητήματα αυτά υπάρχουν, ουσιαστικά, από τη σύλληψη ακόμα των βιομηχανικής κλίμακας πετρελαϊκών και χημικών επιχειρήσεων στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Δεν έχουν πάψει, όμως, να προκύπτουν με ολοένα και αυξανόμενες οικονομικές συνέπειες. Φαίνεται σχεδόν σαν η διοίκηση της βιομηχανίας να ξεχνά, ή ακόμα και να αδιαφορεί, για τους πιθανούς κινδύνους. Αν και σε κάποιους κύκλους τα περισσότερα ατυχήματα μπορεί να θεωρούνται μη αποτρέψιμα, στην πραγματικότητα όλα τα ατυχήματα είναι αποτρέψιμα.

Έρευνες και ιστορικές αναλύσεις έχουν δείξει ότι τα βασικά αίτια των ατυχημάτων ή των βλαβών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση τους ακόλουθους τομείς:

Αγνοια

- α. Ανικανότητα όσον αφορά τη σχεδίαση, την κατασκευή ή την επιθεώρηση.
- β. Επίβλεψη ή συντήρηση από προσωπικό χωρίς την απαραίτητη γνώση.
- γ. Ανάλυση ευθυνών από διοίκηση που δεν κατανοεί πλήρως τους κινδύνους.
- δ. Έλλειψη προηγούμενης γνώσης
- ε. Έλλειψη προπαρασκευαστικής πληροφόρησης.
- στ. Αποτυχία πρόσληψης ικανών επαγγελματιών του κλάδου Πρόληψης Απωλειών.

Οικονομικοί λόγοι

- α. Το αρχικό κόστος μηχανικού σχεδιασμού και κατασκευής όσον αφορά τα μέτρα ασφαλείας φαίνεται ασύμφορο.
- β. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης περιορίζεται ασυνείδητα σε επίπεδα κάτω του αναγκαίου.

Αβλεψίες και παραλείψεις

- α. Ικανοί, κατά τα άλλα, επαγγελματίες μηχανικοί και σχεδιαστές διαπράττουν σφάλματα.
- β. Συμβασιούχο προσωπικό ή επιθεωρητές της επιχείρησης παίρνουν εν γνώσει τους υψηλά ρίσκα.
- γ. Έλλειψη κατάλληλου συντονισμού κατά την αναθεώρηση των μηχανολογικών σχεδίων.
- δ. Αποτυχία διεξαγωγής προσεκτικών ελέγχων ασφαλείας.
- ε. Αντιδεοντολογική συμπεριφορά.

Ασυνήθη γεγονότα

- α. Φυσικές καταστροφές – σεισμοί, ακραία καιρικά φαινόμενα, κ.λπ.
- β. Πολιτικές αναταραχές – τρομοκρατικές ενέργειες.
- γ. Αποστασία εργατών, βανδαλισμοί.

Όπως βλέπουμε, η πραγματική αιτία των περισσότερων ατυχημάτων είναι το ανθρώπινο σφάλμα. Οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν την πρόθεση να κάνουν σωστά τη δουλειά τους, αλλά όπου εμφανίζονται παρακάμψεις, ευκολότερες μέθοδοι ή ευκαιρίες για σημαντικό οικονομικό κέρδος, η ευάλωτη ανθρώπινη φύση συνήθως υποκύπτει στον πειρασμό. Είναι συνεπώς φρόνιμο σε κάθε οργανισμό, ειδικά όπου λειτουργούν εγκαταστάσεις υψηλού κινδύνου, να εφαρμόζεται ένα σύστημα εκτέλεσης ανεξάρτητων ελέγχων και επιθεωρήσεων του σχεδίου και της κατασκευής της εγκατάστασης.

Η εργασία αφορά μηχανολογικές αρχές και φιλοσοφίες που επιτρέπουν την αναγνώριση και πρόληψη ατυχημάτων που σχετίζονται με τις εγκαταστάσεις υδρογονανθράκων. Όλες οι μηχανολογικές δραστηριότητες είναι ανθρώπινα εγχειρήματα και, συνεπώς, επιρρεπείς σε σφάλματα. Ακόμα και πλήρως εγκεκριμένα σχέδια εγκαταστάσεων δεν απαλλάσσουν από την πιθανότητα σφάλματος. Κάποια από τα ανθρώπινα σφάλματα είναι ασήμαντα και μπορεί να μην χρειαστεί ποτέ να αποκαλυφθούν. Άλλα, όμως, μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφικά ατυχήματα όταν συνδυαστούν με άλλες δραστηριότητες. Πρόσφατα συμβάντα έδειξαν ότι οποιαδήποτε «απόλυτα ελεγχόμενα μηχανολογικά» εργοστάσια μπορούν να καταστραφούν πλήρως. Ο αρχικός σχεδιασμός και η φιλοσοφία λειτουργίας θα πρέπει να εξετάζουν τις πιθανότητες να συμβεί κάποιο σοβαρό ατύχημα και να προβλέπουν μέτρα πρόληψης ή περιορισμό τέτοιων γεγονότων.

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη εμπορικά επιτυχημένη πετρελαιοπηγή ανοίχτηκε τον Αύγουστο του 1859 στην Τίτουςβιλ της Πενσυλβάνια από τον Έντουιν Ντρέικ. Λίγοι γνωρίζουν ότι η περίφημη πετρελαιοπηγή του Ντρέικ έπιασε φωτιά και η κατασκευή υπέστη ζημιές λίγο μετά την έναρξη της λειτουργίας της. Αργότερα, το 1861, μια ακόμα πετρελαιοπηγή στο Oil Creeic, κοντά σε αυτή του Ντρέικ, πήρε φωτιά. Η πυρκαγιά εξαπλώθηκε στην περιοχή και η φωτιά, που έκαιγε για τρεις μέρες, κόστισε τη ζωή σε 19 ανθρώπους. Ένα από τα πρώτα διυλιστήρια στην περιοχή, η Acme Oil Company, υπέστη σημαντικές ζημιές από πυρκαγιά το 1880 και δεν κατάφερε ποτέ να ανακάμψει. Η Πολιτεία της Πενσυλβάνια ψήφισε τους πρώτους νόμους κατά της μόλυνσης από την πετρελαϊκή βιομηχανία το 1863. Οι νόμοι αυτοί θεσπίστηκαν για να εμποδιστεί η διαρροή αργού πετρελαίου στις υδάτινες οδούς κοντά στις πετρελαιοπαραγωγούς περιοχές. Σε άλλο διάσημο σημείο εξόρυξης, που λεγόταν «Σπίντλτοπ», ένα τσιγάρο ξεκίνησε μια από τις πολλές καταστροφικές πυρκαγιές που έκαιγαν για μια εβδομάδα τρία μόλις χρόνια μετά την ανακάλυψη του κοιτάσματος. Μεγάλες πυρκαγιές ξεσπούσαν στο Σπίντλτοπ σχεδόν κάθε χρόνο κατά την πρώτη περίοδο παραγωγής. Υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα στοιχεία ότι οι φωτιές στις πρώτες πετρελαιοπηγές ήταν συνηθισμένο θέαμα. Οι πυρκαγιές ξεσπούσαν είτε από ανθρώπινο σφάλμα, είτε από φυσικές καταστροφές, ή από εσκεμμένη και εκτεταμένη καύση του τότε «μη εμπορεύσιμου» φυσικού αερίου. Ήταν ένα φαινόμενο αποδεκτό από τις πρώτες βιομηχανίες και γενικά ελάχιστες προσπάθειες καταβάλλονταν για να περιοριστούν.

Από τη σύλληψη ακόμα της πετρελαϊκής βιομηχανίας, τα επίπεδα των πυρκαγιών, των εκρήξεων και της περιβαλλοντικής μόλυνσης που προκλήθηκαν από αυτήν ακολούθησαν, γενικά, την ανάπτυξή της. Καθώς αναπτυσσόταν η βιομηχανία, αυξανόταν και το μέγεθος των συμβάντων. Σχετικά πρόσφατα γεγονότα, όπως το ατύχημα στο Φίξμπορο (1974), η καταστροφή του Piper Alpha της Occidental (1988)

και η πετρελαιοκηλίδα του Exxon Valdez (1989), έδειξαν τις ακραίες οικονομικές επιπτώσεις που μπορούν να έχουν αυτά τα ατυχήματα.

Μετά την καταστροφική πυρκαγιά που έκαψε την αρχαία Ρώμη το 64 μ.Χ., ο αυτοκράτορας Νέρων ξανάχτισε την πόλη παίρνοντας μέτρα προστασίας τα οποία περιλάμβαναν φαρδιές λεωφόρους, περιορισμούς στο ύψος των κτηρίων, αντιπυρικές κατασκευές και βελτιώσεις στα υδραγωγεία της πόλης για την καταπολέμηση των πυρκαγιών. Είναι προφανές, λοιπόν, ότι τα βασικά μέτρα αντιπυρικής προστασίας, όπως ο περιορισμός των αποθεμάτων καυσίμων (αντιπυρική κατασκευή), η απομάκρυνση πηγών ανάφλεξης (φαρδιές δρόμοι και χαμηλά κτήρια για να εμποδίζεται η εξάπλωση της φωτιάς) και η παροχή μέσων περιορισμού και κατάσβεσης (δεξαμενές νερού), ήταν γνωστά από την αρχαιότητα.

Ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς, ο τεχνικός συγγραφέας της αρχαιότητας (περ. 100 μ.Χ.), περιγράφει ένα δικύλινδρο μηχανισμό άντλησης με κατευθυνόμενο στόμιο για την κατάσβεση πυρκαγιών. Ο μηχανισμός αυτός μοιάζει πολύ με τα ερείπια μηχανισμού άντλησης ρωμαϊκού υδραγωγείου που εκτίθενται στο Βρετανικό Μουσείο του Λονδίνου. Συσκευές σαν αυτές χρησιμοποιούνταν επίσης στην Ευρώπη και την Αμερική τον 18ο και τον 19ο αιώνα για την παροχή νερού για την κατάσβεση πυρκαγιών. Υπάρχουν, συνεπώς, αρκετά στοιχεία ότι η κοινωνία γενικά προσπαθούσε να προλάβει ή να περιορίσει τις επιπτώσεις των πυρκαγιών, ειδικά έπειτα από κάποια μεγάλη καταστροφή.

Η Hydrocarbon Processing Industry (HPI- Βιομηχανία Επεξεργασίας Υδρογοναν-θράκων) δίσταζε πάντα να επενδύσει κεφάλαια όπου η άμεση επιστροφή της επένδυσης στην εταιρεία δεν ήταν προφανής, όπως θα έκανε και κάθε άλλη επιχείρηση. Επιπλέον, οι οικονομικές απώλειες από πυρκαγιές για την πετρελαϊκή και τις σχετικές βιομηχανίες ήταν σχετικά μικρές μέχρι τη δεκαετία του 1950 περίπου. Το γεγονός αυτό οφειλόταν στο μικρό μέγεθος των εγκαταστάσεων και τη σχετικά χαμηλή αξία του πετρελαίου και του φυσικού αερίου προς τον όγκο παραγωγής. Μέχρι το 1950, ζημιά από πυρκαγιά ή έκρηξη που να κόστισε πάνω από 5 εκατομμύρια δολάρια δεν είχε συμβεί στη βιομηχανία διύλισης. Επίσης, την περίοδο εκείνη, η βιομηχανία υπεράκτιας εκμετάλλευσης και παραγωγής πετρελαίου βρισκόταν στο ξεκίνημά της. Επίσης, η χρήση του φυσικού αερίου ήταν περιορισμένη στις αρχές του αιώνα και, κατά συνέπεια, η αξία του ήταν πολύ χαμηλή. Συνήθως, το αέριο καιγόταν απευθείας ή η πηγή καλύπτονταν, καθώς δεν θεωρούνταν οικονομική. Καθώς η ανάπτυξη του φυσικού αερίου ήταν περιορισμένη, οι μεγάλες εκρήξεις ήταν σπάνιες και οι καταστροφές από ατυχήματα σε πετρελαιοπηγές σχεδόν ανήκουστες. Οι δαπάνες για λήψη μέτρων προστασίας στην πετρελαϊκή βιομηχανία ήταν πάντα οι ελάχιστες που απαιτούνται από το νόμο. Συνεπώς, οι φιλοσοφίες και πρακτικές πρόληψης τυχόν απώλειας δεν ήταν επαρκώς αναπτυγμένες.

Στο ξεκίνημα της πετρελαϊκής βιομηχανίας, συνήθως λαμβάνονταν πολύ περιορισμένα μέτρα ασφαλείας για την προστασία από πυρκαγιές ή εκρήξεις, όπως φάνηκε από τα πολλά περιστατικά που συνέβησαν στην αρχή. Η βιομηχανία έγινε γνωστή ως «επικίνδυνη», όχι μόνο όσον αφορά τις οικονομικές απολαβές, αλλά και όσον αφορά την ασφάλεια (απώλεια ζώων και καταστροφή ιδιοκτησίας) και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, αν και όλα αυτά δεν γίνονταν πλήρως κατανοητά εκείνη την εποχή.

Η επέκταση των εργοστασιακών εγκαταστάσεων μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, η κατασκευή μεγάλων πετρελαϊκών και πετροχημικών συγκροτημάτων, η αυξημένη ανάπτυξη και οι χρήσεις των κοιτασμάτων αερίου, σε συνδυασμό με την

άνοδο των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου τη δεκαετία του 1970, εκτόξευσαν την αξία των προϊόντων πετρελαίου και των εγκαταστάσεων. Το γεγονός σήμαινε επίσης ότι η βιομηχανία αφυπνίστηκε ταχύτατα σχετικά με την πιθανότητα μεγάλων οικονομικών απωλειών εξαιτίας σοβαρών ατυχημάτων. Απώλειες άνω των 50 εκατομμυρίων δολαρίων από πυρκαγιές αναφέρθηκαν για πρώτη φορά τα έτη 1974 και 1977 (Φίξιμπορο, Κατάρ και Σαουδική Αραβία). Το 1992, το κόστος για την απλή αντικατάσταση της πλατφόρμας Piper Alpha και της επανέναρξης της παραγωγής λέγεται ότι ξεπέρασε το ένα δισεκατομμύριο δολάρια. Σε ορισμένες περιπτώσεις, νομικοί συμβιβασμοί απέβησαν καταστροφικοί οικονομικά. Για παράδειγμα, τα πρόστιμα για την πετρελαιοκηλίδα του Exxon Valdez ήταν πέντε δισ. δολάρια. Σύμφωνα με τις οικονομικές προβλέψεις, η μακροπρόθεσμη τάση όσον αφορά την τιμή του πετρελαίου θα είναι αυξητική καθώς τα κοιτάσματα μειώνονται και εξαντλούνται.

Θα πρέπει να θυμόμαστε επίσης ότι ένα σοβαρό ατύχημα μπορεί να αναγκάσει μια εταιρεία να αποσυρθεί κυριολεκτικά από αυτό το κομμάτι των επιχειρήσεων εκεί όπου η αγανάκτηση της κοινής γνώμης, η προκατάληψη ή το στίγμα αναπτύσσονται σε μεγάλο βαθμό εξαιτίας της απώλειας ανθρώπων. Η 24ωρη μετάδοση ειδήσεων σε όλο τον κόσμο μέσω των δορυφορικών δικτύων εγγυάται ότι τα σοβαρά ατυχήματα στη βιομηχανία υδρογονανθράκων θα γίνουν γνωστά πολύ σύντομα, προκαλώντας άμεση αντίδραση της κοινής γνώμης.

Μόλις τις τελευταίες δεκαετίες έχει γίνει κατανοητό και έχει αναγνωριστεί από τις περισσότερες βιομηχανίες ότι τα μέτρα προστασίας από πυρκαγιές και εκρήξεις μπορούν να αποτελέσουν και μέτρα βελτίωσης της λειτουργίας τους εκτός από μέσα για την προστασία των εγκαταστάσεών τους από την καταστροφή. Ένα παράδειγμα του πώς η καλή πρακτική στο θέμα της ασφάλειας συνεπάγεται και σωστή λειτουργία είναι η εγκατάσταση βαλβίδων απομόνωσης έκτακτης ανάγκης στους αγωγούς εισόδου και εξόδου των εργοστασίων. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, απομονώνουν την παροχή καυσίμου και έτσι περιορίζουν τις ζημιές. Θεωρητικά, θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν και ως επιπλέον μέσο απομόνωσης του εργοστασίου κατά τις διαδικασίες συντήρησης που απαιτούν απομόνωση σε μεγάλο βαθμό. Μπορεί να φανεί ποιοτικά ότι μόνο οι περιορισμοί στις πρακτικές γνώσεις αυτών που εμπλέκονται στην κατασκευή των εγκαταστάσεων και το θέμα του κόστους έχουν γενικά περιορίσει την εφαρμογή επαρκών μέτρων πυροπροστασίας στη διάρκεια της ιστορίας.

Στις μέρες μας, η ανάγκη για λήψη μέτρων ασφαλείας ίσως βοηθήσει να κοινοποιηθούν τα σχέδια και η διάταξη όλων των πετρελαϊκών εγκαταστάσεων. Στις βιομηχανικές κοινωνίες αυτά τα χαρακτηριστικά θα πρέπει να δείχνουν στους ρυθμιστικούς φορείς ότι το εργοστάσιο έχει σχεδιαστεί με ασφάλεια προτού δοθεί άδεια για την κατασκευή του. Είναι, συνεπώς, απαραίτητο τα μέτρα αυτά να ορίζονται σαφώς στα πρώτα στάδια της σχεδίασης προκειμένου να αποφεύγονται δαπανηρές αλλαγές αλλά και το κόστος επιδιορθώσεων σε περίπτωση ατυχήματος. Η εμπειρία έχει δείξει ότι η αναθεώρηση ενός σχεδίου στα προκαταρκτικά στάδια διαμόρφωσής του όσον αφορά τα μέτρα ασφαλείας και πυροπροστασίας είναι πιο οικονομική από την αναθεώρηση μετά την ολοκλήρωση των σχεδίων. Η «Καμπύλη Επίδρασης Κόστους» για κάθε έργο αναγνωρίζει ότι το 75% του κόστους του έργου ορίζεται στο πρώτο 25% της σχεδίασης. Κατά μέσο όρο, το πρώτο 15% του συνολικού κόστους του έργου συνήθως δαπανάται στο 90% του μηχανολογικού σχεδίου. Το κόστος τροποποίησης ή προσθήκης εκτιμάται ότι είναι δεκαπλάσιο του αρχικού μετά την κατασκευή του εργοστασίου και εκατονταπλάσιο μετά από ατύχημα. Θα πρέπει,

επίσης, να γίνει κατανοητό ότι οι αρχές και οι πρακτικές πυροπροστασίας αποτελούν συνετά επιχειρηματικά μέτρα που συμβάλλουν στην αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων. Τα περισσότερα από αυτά τα μέτρα αυτή τη στιγμή ορίζονται και αξιολογούνται μέσω λεπτομερούς και συστηματικής ανάλυσης κινδύνων.

1.2 Κίνδυνοι και η πρόληψή τους

Οι κίνδυνοι που ενέχει η πετροχημική βιομηχανία οφείλονται στην παρουσία εύφλεκτων ή τοξικών υγρών, αέριων ή στερεών υλικών στο εργασιακό περιβάλλον. Σωματικές βλάβες προκαλούνται συνήθως από τη θερμότητα (εγκαύματα), το θόρυβο, τις δονήσεις, τις απότομες αλλαγές στην πίεση, την ακτινοβολία και το ηλεκτρικό ρεύμα. Διάφορες εξωτερικές πηγές, όπως χημικές ουσίες, μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή και θανάτους στον εργασιακό χώρο.

Κινδύνους μπορεί να κρύβει και η αλληλεπίδραση των εργαζομένων με τον εργασιακό χώρο. Οι κίνδυνοι αυτοί ονομάζονται «εργονομικοί». Αν οι σωματικές, ψυχολογικές ή περιβαλλοντικές απαιτήσεις από τους εργαζόμενους υπερβαίνουν τις δυνατότητές τους, υπάρχει εργονομικός κίνδυνος. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορούν από μόνοι τους να οδηγήσουν σε σοβαρά ατυχήματα όταν το άτομο δεν μπορεί να αποδώσει όπως θα έπρεπε υπό πίεση στη διάρκεια κρίσιμων περιόδων της λειτουργίας του εργοστασίου. Οι εργονομικοί κίνδυνοι μπορεί να προκαλέσουν είτε σωματικό είτε ψυχολογικό στρες στο άτομο. Οι μηχανικοί, που είναι υπεύθυνοι για τα μέτρα προστασίας και ασφάλειας στη βιομηχανία, επιχειρούν να εξαλείψουν τους κινδύνους στην πηγή τους ή να περιορίσουν την έντασή τους με προστατευτικά συστήματα. Η εξάλειψη των κινδύνων μπορεί να απαιτεί τη χρήση εναλλακτικών και λιγότερο τοξικών υλικών, αλλαγές στην επεξεργασία ή τη φύλαξη, βελτιωμένο εξαερισμό, έλεγχο διαρροών, περιορισμό αποθεμάτων, μέτρα προστασίας από πυρκαγιές και εκρήξεις – τόσο ενεργούς όσο και παθητικούς μηχανισμούς, προστατευτικό ρουχισμό, κ.λπ. Τα επίπεδα προστασίας εξαρτώνται από τους κινδύνους που ενέχει το εργοστάσιο και το κόστος εφαρμογής των μέτρων ασφαλείας.

1.3 Προσέγγιση συστημάτων

Τα τελευταία χρόνια, οι μηχανικοί έχουν αναπτύξει μια προσέγγιση συστημάτων (μηχανική ασφάλειας συστημάτων) για την πρόληψη των βιομηχανικών ατυχημάτων. Επειδή ατυχήματα προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των εργαζομένων με το εργασιακό τους περιβάλλον, και οι δύο αυτοί παράγοντες πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος τραυματισμού. Τραυματισμοί μπορεί να προκληθούν από κακή σχεδίαση των εγκαταστάσεων, τις εργασιακές συνθήκες, τη χρήση ακατάλληλα σχεδιασμένου εξοπλισμού και εργαλείων, την κόπωση, την αφαίρεση της προσοχής, την έλλειψη δεξιοτήτων και την ανάληψη ρίσκου. Η προσέγγιση συστημάτων εξετάζει όλους τους τομείς με τρόπο συστηματικό έτσι ώστε να εξασφαλίσει τον εντοπισμό και την ανάλυση όλων των οδών πρόκλησης ατυχημάτων. Συνήθως, εξετάζονται οι εξής βασικοί τομείς: όλες οι τοποθεσίες εργασίας για την εξάλειψη ή τον έλεγχο κινδύνων, οι μέθοδοι και οι πρακτικές λειτουργίας και η εκπαίδευση υπαλλήλων και υπευθύνων. Η προσέγγιση συστημάτων απαιτεί, επιπλέον, λεπτομερή εξέταση όλων των ατυχημάτων και των επικίνδυνων καταστάσεων. Βασικά στοιχεία σχετικά με ατυχήματα και τραυματισμούς

καταγράφονται σε συνδυασμό με το ιστορικό του εμπλεκόμενου εργαζόμενου για να ελεγχθούν και να εξαλειφθούν τυχόν μοτίβα που μπορεί να ενέχουν κινδύνους.

Η προσέγγιση συστημάτων δίνει επίσης ιδιαίτερη προσοχή στις ικανότητες και τους περιορισμούς του εργατικού δυναμικού. Αναγνωρίζει σημαντικές διαφορές μεταξύ των ατόμων όσον αφορά τις σωματικές τους ικανότητες. Η δουλειά και ο εργαζόμενος θα πρέπει να «ταιριάζουν».

Η ασφάλεια και η επικινδυνότητα ενός εργοστασίου υδρογονανθράκων δεν μπορούν, όμως, να εκτιμηθούν μόνο με βάση τα συστήματα πυρόσβεσης ή το ιστορικό απωλειών. Ο συνολικός κίνδυνος μπορεί να αξιολογηθεί μόνο με τον καθορισμό σεναρίων απώλειας και την κατανόηση της φιλοσοφίας κινδύνου που έχει υιοθετήσει η ανώτερη διοίκηση.

Λόγω της καταστροφικής φύσης των δυνάμεων των υδρογονανθράκων σε περίπτωση λάθος χειρισμού, οι αρχές προστασίας από πυρκαγιές και εκρήξεις θα πρέπει να αποτελούν πρωταρχικό στοιχείο στη φιλοσοφία κάθε εργοστασίου υδρογονανθράκων όσον αφορά την επικινδυνότητα. Οι εκρήξεις νεφών ατμού, ειδικά, θεωρούνται ο μεγαλύτερος κίνδυνος στα εργοστάσια υδρογονανθράκων. Η αδιαφορία για τη σπουδαιότητα των μέτρων ή των συστημάτων προστασίας θα αποδειχθεί δαπανηρή τόσο σε οικονομικούς όσο και σε ανθρώπινους όρους σε περίπτωση που συμβεί κάποιο καταστροφικό ατύχημα.

1.4 Ο ρόλος της μηχανικής πυροπροστασίας

Η μηχανική πυροπροστασίας δεν είναι ένας ανεξάρτητος επιστημονικός τομέας που παρεμβαίνει σε ένα οποιοδήποτε στάδιο της σχεδίασης ενός έργου ή κατά την αναθεώρηση της σχεδίασης. Οι αρχές πυροπροστασίας θα πρέπει να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι κάθε έργου που αφορά το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο και να αγγίζουν όλες τις πλευρές του πώς σχεδιάζεται, οργανώνεται και κατασκευάζεται το εργοστάσιο. Αποτελούν συνήθως τα κύρια σημεία αφετηρίας και εστίασης στο σχεδιασμό και την οργάνωση των εργοστασίων υδρογονανθράκων.

Η μηχανική πυροπροστασίας θα πρέπει να αφορά όλα τα μέλη της σχεδιαστικής ομάδας, είτε ασχολούνται με την κατασκευή, είτε με τα ηλεκτρικά συστήματα, την επεξεργασία, την ψύξη/θέρμανση, κ.λπ. Θα μπορούσε να προσληφθεί ένας μηχανικός πυροπροστασίας ή διαχείρισης κινδύνου ως μέλος της ομάδας έργου ή της ομάδας μηχανολόγων, αλλά ο ρόλος του θα πρέπει να είναι κυρίως συμβουλευτικός. Μπορεί να συστήνει τις πιο συνετές και πρακτικές μεθόδους για την επίτευξη των στόχων πυροπροστασίας. Ο μηχανικός πυροπροστασίας ή διαχείρισης κινδύνου θα πρέπει, συνεπώς, να γνωρίζει όλες τις διαδικασίες. Επιπλέον, θα πρέπει να είναι ειδικευμένος στις αρχές και πρακτικές ασφαλείας, διαχείρισης κινδύνου και πυροπροστασίας που εφαρμόζονται στην πετρελαϊκή και άλλες σχετικές βιομηχανίες.

1.5 Διαχείριση κινδύνου και ασφαλιστική κάλυψη

Θα πρέπει να γίνει, επίσης, κατανοητό ότι η επιστήμη της διαχείρισης κινδύνων παρέχει κι άλλες οδούς προστασίας πέρα από τις τεχνικές λύσεις. Υπάρχουν τέσσερα διαθέσιμα στοιχεία διαχείρισης κινδύνου για την αντιμετώπιση κάθε ανησυχίας.

Οι τέσσερις μέθοδοι, με σειρά προτίμησης, είναι οι εξής:

- (1) Αποφυγή κινδύνου
- (2) Μείωση κινδύνου
- (3) Ασφάλιση κινδύνου
- (4) Αποδοχή κινδύνου

Βαρύτητα πρέπει να δοθεί , πρώτα απ' όλα, στις τεχνικές αποφυγής κινδύνου και στη μείωση του κινδύνου. Οι τεχνικές αποδοχής και ασφάλισης είναι γενικά μέτρα που εξαρτώνται από τις οικονομικές επιλογές που έχει στη διάθεσή του ο διευθυντής του εργοστασίου. Βασίζονται στην πολιτική κάθε εταιρείας και τις τάσεις στην ασφαλιστική αγορά. Αν χρησιμοποιηθούν, βασίζονται σε οικονομικά μέτρα εντός του οργανισμού που θα παράσχουν οικονομική ασφάλεια σε περίπτωση ατυχήματος. Αν και τα μέτρα αυτά μπορούν να καλύψουν οικονομικές απώλειες, δεν έχουν αποτέλεσμα όσον αφορά τις επιπτώσεις του ατυχήματος στη φήμη και το γόητρο (δηλαδή, τις αρνητικές επιπτώσεις). Γι' αυτό τα μέτρα αποφυγής και μείωσης κινδύνου είναι η προτιμώμενη μέθοδος επίλυσης προβλημάτων υψηλού κινδύνου εντός της ευρύτερης πετρελαϊκής και βιομηχανικής κοινότητας.

Η αποφυγή κινδύνου αφορά την εξάλειψη της αιτίας του κινδύνου. Επιτυγχάνεται με αλλαγές στα εγγενή χαρακτηριστικά επικινδυνότητας των εγκαταστάσεων. Η μείωση κινδύνου αφορά τη λήψη μέτρων πρόληψης ή προστασίας που θα περιορίσουν τις επιπτώσεις ενός ορισμένου ατυχήματος.

Η ασφάλιση κινδύνου είναι η μέθοδος που επιλέγεται όταν οι πιθανές απώλειες είναι πολύ δαπανηρές για να περιοριστούν εσωτερικά από την αποδοχή κινδύνου και, σε ορισμένες περιπτώσεις, πολύ ακριβές για να προληφθούν ή να αποφευχθούν. Ακόμα, όμως, και οι ασφαλιστές κινδύνου θα θελήσουν να βεβαιωθούν ότι λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα προληπτικά μέτρα στις εγκαταστάσεις που ασφαλίζουν. Θα αναζητήσουν, λοιπόν, πολύ προσεκτικά κινδύνους που θεωρούν ότι οφείλονται σε παραβάσεις των κανονισμών της βιομηχανίας ή επιχειρήσεις με μακρύ ιστορικό απωλειών.

Οι περισσότερες υπεράκτιες εγκαταστάσεις, τα διεθνή συμβόλαια διανομής της παραγωγής στην ενδοχώρα και τα μεγάλα πετροχημικά εργοστάσια ανήκουν σε περισσότερες από μία εταιρείες ή και σε συμμετέχουσες εθνικές κυβερνήσεις. Ο ιδιοκτήτης με το μεγαλύτερο μερίδιο ή τη μεγαλύτερη εμπειρία συνήθως δραστηριοποιείται επιτόπου. Στόχος είναι το μοίρασμα του χρηματοδοτικού και οικονομικού κινδύνου εύρεσης πετρελαίου, αλλά και ανάπτυξης και λειτουργίας της εγκατάστασης. Αν η οπή αναζήτησης αποδειχθεί «στεγνή», δηλαδή μη οικονομική εμπορικά, εμποδίζονται οι οικονομικές επιπτώσεις στον προϋπολογισμό αναζήτησης κοιτασμάτων. Η επένδυση στην εξερεύνηση άλλων κοιτασμάτων από άλλες εταιρείες μπορεί να αποδειχθεί συμφέρουσα, μοιράζοντας τον κίνδυνο σε ένα μεγαλύτερο φάσμα προοπτικών. Περιορίζει, επίσης, την οικονομική επίπτωση στις εταιρείες αν συμβεί σοβαρό ατύχημα που θα καταστρέψει την εγκατάσταση, καθώς κάθε εταιρεία θα πρέπει να μοιραστεί το κόστος της ζημιάς ανάλογα με το επενδυτικό ρίσκο που πήρε. Αν μια εταιρεία έχει ιστορικά χαμηλή απόδοση όσον αφορά την ασφαλή λειτουργία, οι υπόλοιπες εταιρείες μπορεί να διστάσουν να επενδύσουν κεφάλαια μαζί της, καθώς θα θεωρήσουν το ρίσκο πολύ υψηλό. Μπορεί να ζητήσουν εναλλακτικά να αναλάβουν το έργο, καθώς θεωρούν ότι είναι ικανότερες και ότι έτσι ο κίνδυνος απώλειας της εγκατάστασης θα είναι μικρότερος.

Οι υλικές ζημιές και οι νομικές ευθύνες δεν είναι οι μόνες πηγές οικονομικών επιπτώσεων που μπορεί να υποστεί μια εταιρεία σε περίπτωση ατυχήματος. Θα υπάρξουν επίσης απώλειες από τη διακοπή των εργασιών, καθώς η εγκατάσταση δεν θα είναι πια σε θέση να λειτουργήσει ως όφειλε. Η ανάλυση των στοιχείων

σχετικά με τις διεκδικήσεις της βιομηχανίας από τις ασφαλιστικές εταιρείες δείχνει ότι οι απώλειες από τη διακοπή εργασιών είναι γενικά τριπλάσιες από τις υλικές ζημιές. Συχνά, η δικαιολογία για τη λήψη κάποιου μέτρου ασφαλείας δεν είναι ότι θα χαθεί το ίδιο, αλλά ότι η απώλειά του θα έχει επιπτώσεις στη λειτουργία και τα εισοδήματα.

1.6 Ευθύνες και υποχρεώσεις της ανώτερης διοίκησης

Οι περισσότερες από τις μεγάλες πετρελαιοπαραγωγούς εταιρείες ξεκίνησαν ως οργανισμοί εξόρυξης για την αναζήτηση πετρελαίου. Το προσωπικό εξόρυξης θεωρούνταν παραδοσιακά από τη διοίκηση των εταιρειών ως τα άτομα που παρείχαν τους πραγματικούς πόρους ή το κέρδος στην επιχείρηση, κάνοντας επιτυχείς εξορύξεις και «ανακαλύπτοντας» το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο. Από τις πρώτες ημέρες του πετρελαίου, οι δραστηριότητες εξόρυξης θεωρούνταν κάπως παράτολμη και ριψοκίνδυνη υπόθεση, ειδικά λόγω της τυχαίας φύσης των επιχειρήσεων εξόρυξης. Η εντύπωση για το προσωπικό εξόρυξης είχε πάντα να κάνει με έναν χαρακτήρα άγριο, υπερόπτη ή υπεράνω μέτρων ασφαλείας. Παρά τις δραματικές επιπτώσεις εκρήξεων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εξόρυξης, η εντύπωση αυτή είναι δύσκολο να εξαλειφθεί. Η αντίληψη αυτή είναι διαδεδομένη και μεταξύ της κοινής γνώμης. Στους οργανισμούς που το προσωπικό αυτό εξιδανικεύεται, συνήθως μέλη του καταλαμβάνουν ανώτερες διοικητικές θέσεις. Η ανεξάρτητη νοοτροπία τους μπορεί να υπερισχύσει και να απορρίψουν τις απόψεις των υφισταμένων υπαλλήλων όσον αφορά τα θέματα ασφαλείας, καθώς θεωρούν ότι δεν έχουν την πείρα τους. Αυτό δεν σημαίνει ότι άλλα τμήματα ή θέσεις σε έναν οργανισμό δεν μπορεί να αντιμετωπίζουν ανάλογα προβλήματα (όπως τα τμήματα διοίκησης κατασκευών ή έργων).

Υπάρχουν, και πιθανώς πάντα θα υπάρχουν, απαιτήσεις για παραγωγή πετρελαίου και αερίου ή για διύλιση το ταχύτερο δυνατό. Συνεπώς, οι απαιτήσεις όσον αφορά την εξόρυξη, την κατασκευή και τη διαχείριση έργου για την ταχύτερη δυνατή ολοκλήρωση της εγκατάστασης παραγωγής ή διύλισης μπορεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, να έρθουν σε πλήρη αντίθεση με τα συνετά μέτρα ασφαλείας, ειδικά αν αυτά τα τελευταία δεν έχουν σχεδιαστεί ή παρασχεθεί πριν από την έναρξη του έργου. Η διαχείριση λειτουργίας δεν θα πρέπει να παρασυρθεί να πιστέψει ότι η εγκατάσταση είναι έτοιμη να λειτουργήσει μόνο και μόνο επειδή αυτοί που την κατασκευάζουν «νιώθουν» ότι είναι ολοκληρωμένη.

Όσο ατυχές κι αν είναι, το προσωπικό εξόρυξης συνδέεται ιστορικά με σοβαρά ατυχήματα στην πετρελαϊκή βιομηχανία χωρίς να χαλάσει η εικόνα του. Από την άλλη, σπάνια προάγεται στις τάξεις της ανώτερης διοίκησης ένας ειδικός στην πρόληψη απωλειών, παρότι οι επαγγελματίες του είδους φροντίζουν για τη διατήρηση υψηλών εσόδων, προλαμβάνοντας καταστροφικά ατυχήματα.

Η επίτευξη της ασφάλειας είναι ομαδική δουλειά. Όλα τα μέρη που συμμετέχουν στο έργο πρέπει να συνεισφέρουν. Χωρίς ομαδική συνοχή, οι στόχοι αφοσίωσης και υπευθυνότητας δεν θα επιτευχθούν. Πολύ σημαντική είναι η ηγεσία της ομάδας, που, στην περίπτωση των επιχειρήσεων, είναι η ανώτερη διοίκηση.

Η υπεύθυνη αντιμετώπιση από την ανώτερη διοίκηση είναι το κλειδί για την παροχή αποτελεσματικών μέτρων προστασίας από πυρκαγιές και εκρήξεις σε οποιαδήποτε εγκατάσταση ή επιχείρηση. Η πραγματική στάση της διοίκησης απέναντι στην ασφάλεια φαίνεται από τη σημασία που δίνεται στην επίτευξη ποιοτικών ή ποσοτικών αποτελεσμάτων στον τομέα της ασφάλειας. Η ανάθεση των μέτρων προστασίας σε υφισταμένους ή στο προσωπικό Πρόληψης Απωλειών δεν θα

οδηγήσει σε καλά αποτελέσματα. Οι επιπτώσεις της αδιαφορίας για τα μέτρα προστασίας επηρεάζουν πάντα τους οργανισμούς από την κορυφή ως τη βάση. Τα ανώτερα στελέχη θα πρέπει να συνεισφέρουν στη διαμόρφωση αποτελεσματικού προγράμματος προστασίας προκειμένου να επιτευχθούν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Όλα τα ατυχήματα θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως αποτρέψιμα. Η πρόληψη και εξάλειψη των ατυχημάτων θα πρέπει να αποτελούν απώτερο στόχο κάθε οργανισμού. Όπου καλλιεργείται αυτή η νοοτροπία, συνήθως προκύπτουν μόνιμα οικονομικά οφέλη. Από την άλλη, λέγεται ότι τα 150 σοβαρότερα ατυχήματα των τελευταίων 30 ετών στην πετροχημική βιομηχανία σχετίζονταν με αποτυχίες στη διαχείριση της ασφάλειας επεξεργασίας.

Κεφάλαιο 2° : Επισκόπηση των εγκαταστάσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου

Τα κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου απαντούν φυσικά σε όλο τον κόσμο, σε κάθε ήπειρο και ωκεανό. Τα περισσότερα βρίσκονται σε βάθος αρκετών χιλιάδων μέτρων. Αποστολή της πετρελαϊκής βιομηχανίας είναι να βρει, να εξορύξει, να διυλίσει και να εμπορευτεί αυτούς τους πόρους με τρόπο τέτοιο ώστε να επιτευχθεί το υψηλότερο οικονομικό κέρδος για τους ιδιοκτήτες ή τους επενδυτές, προστατεύοντας παράλληλα τη σταθερή επένδυση στην επιχείρηση.

Οι επιχειρήσεις εξόρυξης και εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου στις μέρες μας αποτελούν μια συνεχόμενη περισσότερο, παρά διακοπτόμενη διεργασία. Αφού βρεθεί το πετρέλαιο ή το αέριο και εξορυχθεί, περνά από τη μια διαδικασία στην άλλη χωρίς καθυστέρηση ή διακοπή. Έτσι αυξάνονται τα κέρδη, αλλά και τα αποθέματα καυσίμου, και συνεπώς οι εγγενείς κίνδυνοι.

Οι κύριες πλευρές της βιομηχανίας πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι η εξερεύνηση, η παραγωγή, η διύλιση, η μεταφορά και η εμπορία. Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται σύντομη περιγραφή όλων αυτών των τομέων. Αν και κάποιες πετρελαϊκές εταιρείες εκτελούν τη διαδικασία αυτή ολοκληρωμένα, άλλες ασχολούνται μόνο με τον τομέα εξειδίκευσής τους ή με τον επικερδέστερο για αυτές.

2.1 Εξερεύνηση

Η εξερεύνηση για κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου συνίσταται κυρίως σε γεωφυσικές δοκιμές και διάνοιξη «τυχαίων» πηγών. Για να βρουν κοιτάσματα αργού πετρελαίου ή φυσικού αερίου στο υπέδαφος, οι γεωλόγοι αναζητούν ιζηματογενείς λεκάνες όπου αργιλικό σχιστόλιθοι πλούσιοι σε οργανικό υλικό έχουν μείνει θαμμένοι για αρκετό διάστημα ώστε να σχηματιστεί πετρέλαιο. Το πετρέλαιο θα πρέπει επίσης να είχε την ευκαιρία να εισχωρήσει σε πορώδεις παγίδες ικανές να συγκρατήσουν μεγάλη ποσότητα υγρού ή αερίου. Η εμφάνιση αργού πετρελαίου ή φυσικού αερίου περιορίζεται τόσο από αυτές τις συνθήκες, οι οποίες πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα, όσο και από ένα χρονικό διάστημα δεκάδων έως και εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών. Η επιφανειακή χαρτογράφηση επανθήσεων ιζηματογενών κοιτών επιτρέπει την ερμηνεία των υπεδαφικών χαρακτηριστικών, η οποία μπορεί έπειτα να συμπληρωθεί με πληροφορίες που συλλέγονται από τη διάτρηση του φλοιού και την εξόρυξη πυρήνων ή δειγμάτων από τα στρώματα των πετρωμάτων που συναντώνται.

Σεισμικές τεχνικές, η ανάκλαση και διάθλαση του ήχου ή κρουστικών κυμάτων στο έδαφος χρησιμοποιούνται επίσης για την αποκάλυψη λεπτομερειών σχετικά με τη δομή και τις σχέσεις των διαφόρων στρωμάτων στο υπέδαφος. Τα κρουστικά ή ηχητικά κύματα καταγράφουν πυκνότητες στην επιφάνεια της γης που μπορεί να υποδηλώνουν την παρουσία κοιτάσματος πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Εκρηκτικές ύλες ή συσκευές δόνησης χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των απαιτούμενων κρουστικών κυμάτων.

Ο μόνος τρόπος, βέβαια, να αποδειχθεί ότι υπάρχει πετρέλαιο στο υπέδαφος είναι η διάνοιξη εξερευνητικής πηγής. Οι περισσότερες πετρελαιοπαραγωγοί περιοχές στον κόσμο εντοπίστηκαν αρχικά από την παρουσία επιφανειακών διαρροών, ενώ πολλά κοιτάσματα ανακαλύφθηκαν από ανθρώπους που βασίστηκαν

τόσο στην τύχη όσο και στη γνώση τους . Καθώς τα απόλυτα χαρακτηριστικά των γεωτρήσεων του είδους είναι άγνωστα, είναι εύκολο να συναντήσει κανείς κοιτάσμα υψηλής πίεσης πτητικού υδρογονάνθρακα. Καθώς η γεώτρηση προχωρά σε μεγαλύτερο βάθος, οι επιπτώσεις της αυξανόμενης πίεσης του υγρού μεγεθύνονται. Αν τα κοιτάσματα αυτά δεν ελέγχονται αποτελεσματικά κατά τη διαδικασία διερευνητικής γεώτρησης, μπορεί να οδηγήσουν σε ανεξέλεγκτη διαρροή υδρογονανθράκων μέσω του συστήματος εξόρυξης. Η έκλυση αυτή μπορεί να συνοδεύεται από ανάφλεξη ή και όχι και για τον έλεγχο της παρέχονται συσκευές πρόληψης (όπως υδραυλικά διαμηκτικά έμβολα). Η ανεξέλεγκτη υδροστατική πίεση εξόρυξης θεωρείται η κύρια αιτία τέτοιων εκρήξεων (αν και προφανώς η υποκείμενη αιτία είναι το ανθρώπινο σφάλμα).

Μια πετρελαιοπαραγωγός έκταση μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα από ένα κοιτάσματα, δηλαδή περισσότερες από μία, συνεχόμενες περιοχές συσσώρευσης πετρελαίου. Μάλιστα, μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα κοιτάσματα σε διάφορα βάθη, στοιβαγμένα το ένα πάνω στο άλλο, απομονωμένα από παρεμβαλλόμενους αργιλικούς σχιστόλιθους και αδιαπέραστα στρώματα πετρωμάτων. Τα κοιτάσματα του είδους μπορεί να διαφέρουν σε μέγεθος, από μερικές χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα μέχρι μερικές δεκάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα. Τα στρώματά τους μπορεί να έχουν πάχος από μερικά μέτρα μέχρι μερικές εκατοντάδες ή και παραπάνω. Το περισσότερο πετρέλαιο που έχει ανακαλυφθεί και αξιοποιηθεί στον κόσμο έχει βρεθεί σε σχετικά λίγα μεγάλα κοιτάσματα. Στις ΗΠΑ, για παράδειγμα, 60 από τις 10.000 περίπου εκτάσεις με πετρελαιοπηγές έχουν δώσει τη μισή παραγωγή της χώρας.

2.2 Παραγωγή

Τα υπόγεια κοιτάσματα πετρελαίου ή φυσικού αερίου αποκαλύπτονται μέσω πηγών που εξορύσσονται μέχρι τους πετρελαιοφόρους βραχώδεις σχηματισμούς. Οι περισσότερες πετρελαιοπηγές στον κόσμο εξορύσσονται με την περιστροφική μέθοδο. Κατά την περιστροφική διάτρηση, τα στελέχη του τρυπανιού, μια σειρά από συνδεδεμένους σωλήνες, υποστηρίζονται από έναν πύργο (πύργο υποστήριξης). Οι σωλήνες περιστρέφονται καθώς συνδέονται με μια περιστρεφόμενη «πλάκα» στο δάπεδο του πύργου γεώτρησης. Η συσκευή διάτρησης, ή «κοπτικό», στο άκρο των σωλήνων αποτελείται συνήθως από τρεις κωνικούς τροχούς με σκληρή οδόντωση στην άκρη. Επιπλέον σωλήνες διάτρησης προστίθενται στους ήδη υπάρχοντες καθώς το κοπτικό διεισδύει βαθύτερα στο φλοιό της γης. Η ισχύς που χρειάζεται για τη διάτρηση του εδάφους προέρχεται από το βάρος του ίδιου του τρυπανιού. Τα κομμάτια των πετρωμάτων που κόβει το τρυπάνι έρχονται στην επιφάνεια μέσω της αντλίας κυκλοφορίας λάσπης. Η λάσπη κυκλοφορεί στο σωλήνα εξόρυξης, βγαίνει από τα ακροφύσια στο κοπτικό και έπειτα στην επιφάνεια από το χώρο ανάμεσα στο τρυπάνι και την οπή της γεώτρησης (η διάμετρος του κοπτικού είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή των σωλήνων). Αλλάζοντας την ισχύ και την ορμή του τρυπανιού, η οπή μέχρι το κοιτάσμα μπορεί να γίνει υπό γωνία ή οριζόντια.

Αφού ανοιχτεί η πετρελαιοπηγή, το πετρέλαιο είτε εκλύεται υπό φυσική πίεση είτε αντλείται. Συνήθως, το αργό πετρέλαιο είναι υπό πίεση. Αν δεν ήταν παγιδευμένο από αδιαπέραστα πετρώματα, θα συνέχιζε την πορεία του προς την επιφάνεια λόγω της διαφοράς πίεσης που προκαλείται από την αστάθειά του. Όταν γίνεται γεώτρηση σε συσσώρευση πετρελαίου υπό πίεση, το πετρέλαιο διαστέλλεται στην κοίτη χαμηλής πίεσης που δημιουργείται στην πετρελαιοπηγή η οποία επικοινωνεί με την

επιφάνεια. Καθώς η πηγή γεμίζει με υγρό, αντίθλιψη ασκείται στο κοίτασμα. Η ροή επιπλέον υγρού στην πηγή θα σταματούσε αν δεν επικρατούσαν κι άλλες συνθήκες. Το αργό πετρέλαιο, όμως, περιέχει σημαντική ποσότητα διαλυμένου φυσικού αερίου, το οποίο διατηρείται σε διάλυμα από την υψηλή πίεση στο κοίτασμα. Η συνθήκη αυτή παύει να ισχύει όταν απαντάται η χαμηλή πίεση στην πηγή και το φυσικό αέριο, με το που εκλύεται, αρχίζει αμέσως να διαστέλλεται. Η διαστολή αυτή, μαζί με την αραιώση της στήλης πετρελαίου από το λιγότερο πυκνό αέριο, έχει σαν αποτέλεσμα την προώθηση πετρελαίου στην επιφάνεια της γης. Καθώς συνεχίζει η άντληση υγρού από το κοίτασμα, η πίεση μέσα σε αυτό σταδιακά μειώνεται, όπως μειώνεται και η ποσότητα του διαλυμένου αερίου. Σαν αποτέλεσμα, ο ρυθμός ροής του υγρού μέσα στην πηγή μειώνεται και απελευθερώνεται λιγότερο αέριο. Το υγρό μπορεί να μη φτάσει στην επιφάνεια, οπότε θα πρέπει να τοποθετηθεί αντλία στην πηγή για να συνεχίσει η παραγωγή αργού πετρελαίου. Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου στη φύση έχουν υψηλή πίεση και η διάνοιξή τους είναι απλούστερη.

Το παραγόμενο πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο διοχετεύεται σε επιφανειακές γραμμές ροής μέσω της μονάδας άντλησης της κεφαλής της πηγής ή της επιφανειακής ρυθμιστικής βαλβίδας που λέγεται και «χριστουγεννιάτικο δέντρο» λόγω της διάταξής της. Οι γραμμές ροής διοχετεύουν το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο σε τοπικές δεξαμενές ή στις κεντρικές εγκαταστάσεις παραγωγής για τον προκαταρκτικό διαχωρισμό πετρελαίου, ύδατος και αερίου. Η αξιοπιστία των ηλεκτρικών βυθιζόμενων αντλιών (ESP-electrical submersible pumps) έχει ενισχυθεί σε βαθμό τέτοιο ώστε οι αντλίες του είδους να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών υδρογονανθράκων όπου απαιτείται εξοπλισμός παραγωγής.

Στις εγκαταστάσεις προκαταρκτικού διαχωρισμού τα παραγόμενα υγρά και αέρια διαχωρίζονται σε φυσικό αέριο, πετρέλαιο και νερό. Οι εγκαταστάσεις του είδους αποκαλούνται συνήθως Εργοστάσια Διαχωρισμού Αερίου Πετρελαίου (Gas Oil Separation Plant), Εγκαταστάσεις Κεντρικής Επεξεργασίας (Central Processing Facilities), ή, αν είναι υπεράκτιες, πλατφόρμες εξόρυξης, παραγωγής και κατάλυσης (Production Drilling Quarters). Η υπεράκτια πλατφόρμα μπορεί είτε να επιπλέει στη θάλασσα είτε να στηρίζεται σε χαλύβδινα ή τσιμεντένια στηρίγματα στερεωμένα στον πυθμένα και αντέχει στα κύματα, τον άνεμο και, στις αρκτικές περιοχές, στη ροή πάγου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, περισσευούμενα τάνκερ μετατράπηκαν σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις παραγωγής και αποθήκευσης.

Τα παραγόμενα υγρά και αέρια διοχετεύονται συνήθως σε δοχεία διαχωρισμού. Υπό την επήρεια βαρύτητας, πίεσης, θερμότητας, χρόνων συγκράτησης και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ηλεκτρικών πεδίων, ο διαχωρισμός των διαφόρων φάσεων του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του νερού πραγματοποιείται έτσι ώστε αυτά να αντληθούν σε ξεχωριστά ρεύματα. Αιωρούμενα σωματίδια, όπως ιζήματα και άλατα, αφαιρούνται. Το θανατηφόρο υδρόθειο (H_2S), που απαντάται επίσης ορισμένες φορές, εξάγεται ταυτόχρονα με την παραγωγή του πετρελαίου. Το αργό πετρέλαιο που περιέχει H_2S μπορεί να σταλεί μέσω αγωγών και να τροφοδοτήσει τα διυλιστήρια, αλλά δεν προτιμάται σε περίπτωση μεταφοράς με τάνκερ ή αγωγούς μεγάλου μήκους. Η κανονική εμπορική συγκέντρωση προσμίξεων στις πωλήσεις αργού πετρελαίου κυμαίνεται συνήθως κάτω του 0,5% BS & W (βασικά ιζήματα και νερό) και του 10 Ptb (λίβρες άλατος ανά 1.000 βαρέλια πετρελαίου). Τα παραγόμενα υγρά και αέρια μεταφέρονται στη συνέχεια στο εργοστάσιο ή το διυλιστήριο με φορτηγά, τρένα, πλοία ή αγωγούς. Οι μεγάλες πετρελαιοπαραγωγοί περιοχές συνδέονται συνήθως απευθείας με μεγάλους αγωγούς.

2.3 Βελτιωμένη Ανάκτηση Πετρελαίου (EOR-Enhanced Oil Recovery)

Τα περισσότερα κοιτάσματα πετρελαίου εξορύσσονται μέσω πολλών πηγών. Καθώς η πρωτογενής παραγωγή φτάνει το οικονομικό όριό της, το 25% περίπου του αργού πετρελαίου που βρίσκεται σε ορισμένο κοιτάσμα έχει αντληθεί. Η πετρελαϊκή βιομηχανία έχει αναπτύξει μοναδικές μεθόδους για τη συμπλήρωση της παραγωγής αέριων και υγρών υδρογονανθράκων, εκμεταλλευόμενη τη φυσική ενέργεια των κοιτασμάτων και τη γεωμετρία των υπόγειων δομών. Αυτά τα συμπληρωματικά σχέδια, που είναι γνωστά στο σύνολό τους ως τεχνολογία βελτιωμένης ανάκτησης πετρελαίου (EOR), μπορούν να αυξήσουν την άντληση αργού πετρελαίου μόνο με το επιπλέον κόστος της παροχής εξωγενούς ενέργειας στο κοιτάσμα. Με τον τρόπο αυτό, η ανάκτηση αργού πετρελαίου αυξήθηκε κατά μέσο όρο γύρω στο 33% σε σχέση με το αρχικό πετρέλαιο «στο υπέδαφος». Καθώς η βιομηχανία ωριμάζει και τα κοιτάσματα θεωρούνται εξαντλημένα, οι τεχνικές EOR θα γίνουν η κύρια μέθοδος παραγωγής στην περίπτωση των περισσότερων κοιτασμάτων πετρελαίου και ο γενικός ρυθμός άντλησης θα αυξηθεί.

A) Δευτερογενής ανάκτηση

α) Έγχυση νερού

Σε μια πλήρως αξιοποιούμενη έκταση εξόρυξης πετρελαίου ή φυσικού αερίου, οι πηγές μπορεί να φτάνουν τα 60 με 600 m. οριζόντια ή μια από την άλλη, ανάλογα με τη φύση του κοιτάσματος. Αν διοχετευθεί νερό σε εναλλάξ πηγές σε μια τέτοια έκταση, η πίεση στο κοιτάσμα συνολικά μπορεί να διατηρηθεί ή ακόμα και να αυξηθεί. Με αυτό τον τρόπο, ο ρυθμός ημερήσιας παραγωγής αργού πετρελαίου μπορεί να αυξηθεί. Επιπλέον, το νερό μετατοπίζει φυσικά το πετρέλαιο, ενισχύοντας έτσι την απόδοση της ανάκτησης. Σε ορισμένα κοιτάσματα με μεγάλο βαθμό ομοιομορφίας και μικρό περιεχόμενο αργίλου, η διοχέτευση νερού μπορεί να ενισχύσει κατά 60% ή και περισσότερο την ανάκτηση του πετρελαίου που υπήρχε στο σημείο. Η διοχέτευση νερού εισήχθη για πρώτη φορά στις πετρελαιοπαραγωγούς εκτάσεις της Πενσιλβάνια, μάλλον τυχαία, στα τέλη του 19ου αιώνα, και έκτοτε χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο.

β) Έγχυση ατμού

Η έγχυση ατμού χρησιμοποιείται σε κοιτάσματα που περιέχουν πολύ παχύρρευστο πετρέλαιο (πετρέλαιο πολύ πυκνό που ρέει αργά). Ο ατμός δεν παρέχει μόνο μια πηγή ενέργειας για τη μετατόπιση του πετρελαίου, αλλά προκαλεί και σημαντική μείωση του ιξώδους (αυξάνοντας τη θερμοκρασία του κοιτάσματος), με αποτέλεσμα το αργό πετρέλαιο να ρέει ταχύτερα υπό οποιαδήποτε διαφορά πίεσης.

γ) Έγχυση αερίου

Κάποια κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου περιέχουν μεγάλους όγκους φυσικού αερίου ή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το αέριο αυτό παράγεται ταυτόχρονα με τους υγρούς υδρογονάνθρακες. Το φυσικό αέριο ή το CO₂ ανακτάται, επανασυμπιέζεται και εγχέεται στο αέριο τμήμα του κοιτάσματος. Το επανεγχυμένο φυσικό αέριο ή CO₂ διατηρεί την πίεση του κοιτάσματος και βοηθά στην ώθηση επιπλέον υγρών υδρογονανθράκων έξω από το υγρό τμήμα του κοιτάσματος.

B) Τριτογενής ανάκτηση

Όταν οι δευτερογενείς μέθοδοι χάνουν την αποτελεσματικότητά τους, περαιτέρω τεχνικές που έχουν δοκιμαστεί συνεχίζουν να εκλύουν επιπλέον ποσότητες πετρελαίου. Οι μέθοδοι αυτές θεωρούνται τριτογενείς και γενικά συνδέονται με επανακυκλοφορία χημικών ή αερίων. Σε κάποιες περιπτώσεις έχει χρησιμοποιηθεί και θερμική ανάκτηση, αλλά σε περιορισμένη έκταση.

α) Έγχυση χημικών

Κάθε εταιρεία αναπτύσσει δική της μέθοδο έγχυσης διαλυμάτων χημικών στα κοιτάσματα πετρελαίου για την αύξηση του ιξώδους της εναπομείνουσας ποσότητας. Μετά την έγχυση των χημικών, διοχετεύεται νερό συμπυκνωμένο με πολυμερή για να οδηγηθεί το πετρέλαιο στις πηγές.

β) Θερμική ανάκτηση

Υπόγειοι υδρογονάνθρακες αναφλέγονται, γεγονός που δημιουργεί ένα φράγμα θερμότητας το οποίο ωθεί το πετρέλαιο προς την πηγή.

γ) Ώθηση από ανακύκλωση αερίου

Το φυσικό αέριο ή το CO₂ εγχέεται εκ νέου για να αναμειχθεί με το υπόγειο πετρέλαιο και να το ελευθερώσει από τα πετρώματα του κοιτάσματος. Το αέριο ανακυκλώνεται συνεχώς μέχρι να αποδειχθεί μη παραγωγικό οικονομικά (μέχρι ο ρυθμός ανάκτησης να είναι περιθωριακός).

Κι άλλες πειραματικές μέθοδοι αποδείχθηκαν τεχνολογικά εφικτές, αλλά είναι ακόμα εμπορικά μη βιώσιμες. Περιλαμβάνουν καύση, ηλεκτρομαγνητική φόρτιση και άλλα παρόμοια.

2.4 Μεταφορά

Η μεταφορά είναι το μέσο με το οποίο η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου από τις υπεράκτιες πηγές ή από αυτές της ενδοχώρας φτάνουν στα κατασκευαστικά κέντρα και με το οποίο τα διυλισμένα προϊόντα φτάνουν στα κέντρα χονδρικής και λιανικής διανομής.

Τα πετρελαϊκά προϊόντα (φυσικό αέριο και πετρέλαιο) μεταφέρονται συνήθως με αγωγούς από τις πηγές στις εγκαταστάσεις συλλογής και επεξεργασίας. Οι αγωγοί διοχετεύουν ακατέργαστα ή διυλισμένα προϊόντα σε κέντρα επεξεργασίας και πώλησης από τις περιοχές εξαγωγής, διαχωρισμού και διύλισης. Όταν δεν είναι διαθέσιμο ένα σύστημα αγωγών, χρησιμοποιούνται συνήθως φορητά.

Η μεταφορά από ήπειρο σε ήπειρο πραγματοποιείται με μεγάλα τάνκερ, που είναι το πιο οικονομικό μέσο μεταφοράς. Οι οικονομίες που τα χρησιμοποιούν έχουν κατασκευάσει τα μεγαλύτερα πλοία του είδους στον κόσμο, που είναι γνωστά ως Very Large Crude Carrier (VLCC) και Ultra Large Crude Carrier (ULCC) και φτάνουν σε χωρητικότητα τα 160.000 με 550.000 dwt. Τα διυλισμένα προϊόντα μεταφέρονται συνήθως με πλοία χωρητικότητας έως και 40.000 dwt. Τα πλοία LNG ή LPG κυμαίνονται συνήθως γύρω στα 100.000 m³ (838.700 βαρέλια).

Για την επίτευξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος μεταφοράς, μια σειρά από άλλα υποσυστήματα υποστηρίζουν τη λειτουργία. Εγκαταστάσεις φόρτωσης, σταθμοί άντλησης και συμπύεσης, δεξαμενές και συσκευές μέτρησης και ελέγχου χρειάζονται

για να είναι ολοκληρωμένο ένα σύστημα μεταφοράς προϊόντων υγρών ή αέριων υδρογονανθράκων.

2.5 Διύλιση

Στη φυσική του κατάσταση, το αργό πετρέλαιο δεν έχει πρακτικές χρήσεις πέρα από την αξιοποίησή του σαν καύσιμο μετά την απομάκρυνση των πιο πτητικών αερίων που εκλύονται μαζί του από την πετρελαιοπηγή. Χωρίζεται, λοιπόν, στα βασικά συστατικά του για μεγαλύτερο κέρδος. Η διαδικασία πραγματοποιείται σε διυλιστήριο που διαχωρίζει τα καύσιμα αέρια, τα υγροποιημένα αέρια πετρελαίου, τις βενζίνες αεροπλοΐας και κινητήρων, τα καύσιμα τζετ, την κηροζίνη, το ντίζελ, το καύσιμο πετρέλαιο και την άσφαλτο. Οι εργασίες διύλισης μπορούν γενικά να χωριστούν σε τρεις βασικές χημικές διεργασίες: (1) Απόσταξη, (2) Μεταβολή μοριακής δομής (πυροδιάσπαση, αναμόρφωση, καταλυτική πυρόλυση, καταλυτική αναμόρφωση, πολυμερισμός, αλκυλίωση, κ.λπ.) και (3) Καθαρισμός.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι διύλισης που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των επιμέρους στοιχείων των πετρελαιοειδών υγρών και αερίων. Η σχεδίαση των διεργασιών διύλισης εξαρτάται συνήθως από τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης (π.χ. από τις φυσικές προδιαγραφές του αργού πετρελαίου και του παραγόμενου αερίου) και τις απαιτήσεις της αγοράς (π.χ. βενζίνες για αεροπλάνα ή αυτοκίνητα) που πρέπει να καλυφθούν.

Η διύλιση μοιάζει με μια πρώτη ματιά με τη μαγειρική. Οι πρώτες ύλες ετοιμάζονται και αξιοποιούνται με βάση καθορισμένες παραμέτρους όπως ο χρόνος, η θερμοκρασία, η πίεση και τα υλικά. Ακολουθούν συνοπτικά κάποιες από τις βασικές διαδικασίες που εφαρμόζονται στα διυλιστήρια.

α) Βασική απόσταξη

Το βασικό εργαλείο διύλισης είναι η κοινή μονάδα απόσταξης. Εκεί διυλίζεται το αργό πετρέλαιο. Αυτό αρχίζει να εξατμίζεται σε θερμοκρασία λίγο μικρότερη από αυτή που απαιτείται για να βράσει το νερό. Οι υδρογονάνθρακες με το χαμηλότερο μοριακό βάρος εξατμίζονται στις χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ διαδοχικά υψηλότερες θερμοκρασίες εφαρμόζονται για το διαχωρισμό ή τη διύλιση των μεγαλύτερων μορίων.

Το πρώτο υλικό που διαχωρίζεται από το αργό πετρέλαιο είναι η βενζίνη, ενώ ακολουθούν η νάφθα και η κηροζίνη. Τα υπολείμματα στο δοχείο της παρτίδας στα παλαιότερα διυλιστήρια υφίστατο επεξεργασία με καυστικό και θειικό οξύ και τελικά απόσταξη με ατμό. Λιπαντικά και αποσταγμένα καύσιμα αντλούνταν από τις ανώτερες περιοχές και κεριά και άσφαλτος από τα χαμηλότερα σημεία της συσκευής απόσταξης. Στα τέλη του 19ου αιώνα, η βενζίνη και η νάφθα θεωρούνταν ενοχλητικές, καθώς υπήρχε ελάχιστη ζήτηση. Η ζήτηση για κηροζίνη άρχισε επίσης να φθίνει λόγω της αυξανόμενης παραγωγής ηλεκτρισμού και τη διαδεδομένη χρήση των ηλεκτρικών λαμπτήρων. Με την εμφάνιση του αυτοκινήτου, όμως, η ζήτηση για βενζίνη ξαφνικά αυξήθηκε και αντίστοιχα αυξήθηκε η ανάγκη για τροφοδοσία με αργό πετρέλαιο.

β) Πυροδιάσπαση

Σε μια προσπάθεια να αυξηθεί η απόδοση της απόσταξης, αναπτύχθηκε μια μέθοδος πυροδιάσπασης. Στην πυροδιάσπαση, τα βαρύτερα μέρη του αργού πετρελαίου θερμαίνονται υπό πίεση και υπό υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό έχει σαν

αποτέλεσμα τα μεγάλα μόρια υδρογονανθράκων να διαχωρίζονται σε μικρότερα, έτσι ώστε η απόδοση σε βενζίνη ενός βαρελιού αργού πετρελαίου να αυξάνεται. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας είναι περιορισμένη, καθώς, στις υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις που χρησιμοποιούνται, μεγάλη ποσότητα κοκ εναποτίθεται στους αντιδραστήρες. Το γεγονός αυτό απαιτεί, με τη σειρά του, τη χρήση ακόμα υψηλότερων θερμοκρασιών και πιέσεων για το διαχωρισμό του αργού πετρελαίου. Επινοήθηκε, λοιπόν, διαδικασία ανακύκλωσης υγρών, η οποία διαρκεί περισσότερο και προκαλεί μικρότερη συσσώρευση κοκ.

γ) Αλκυλίωση και καταλυτική πυρόλυση

Δύο επιπλέον βασικές διεργασίες, η αλκυλίωση και η καταλυτική πυρόλυση, εισήχθησαν τη δεκαετία του 1930 και αύξησαν περαιτέρω την απόδοση βενζίνης από ένα βαρέλι αργού πετρελαίου. Στη διεργασία της αλκυλίωσης, μικρά μόρια που παράγονται από πυροδιάσπαση συνδυάζονται εκ νέου παρουσία καταλύτη. Έτσι παράγονται διακλαδιζόμενα μόρια στο φάσμα βρασμού της βενζίνης με ανώτερες ιδιότητες (π.χ. μεγαλύτερος αριθμός αντικροτικών στα καύσιμα για κινητήρες εσωτερικής καύσης ανώτερης ισχύος σαν αυτούς των σύγχρονων αυτοκινήτων).

Κατά την καταλυτική πυρόλυση, το αργό πετρέλαιο διασπάται παρουσία καταλύτη (συνήθως λευκόχρυσου). Έτσι το διυλιστήριο μπορεί να παράξει πολλούς διαφορετικούς υδρογονάνθρακες που μπορούν έπειτα να ανασυνδυαστούν με αλκυλίωση, ισομερισμό και καταλυτική αναμόρφωση για την παραγωγή καυσίμων με μεγαλύτερο αριθμό αντικροτικών και ειδικών χημικών. Η παραγωγή οδήγησε στη δημιουργία της Βιομηχανίας Επεξεργασίας Χημικών (CPI-Chemical Process Industry). Η βιομηχανία αυτή παρασκευάζει αλκοόλες, απορρυπαντικά, συνθετικό λάστιχο, γλυκερίνη, φυτοφάρμακα, θείο, πρόσθετα και συμπληρώματα διατροφής, εκρηκτικά, βαφές και μονωτικά υλικά. Η πετροχημική βιομηχανία χρησιμοποιεί περίπου το 5% της συνολικής παροχής πετρελαίου και φυσικού αερίου στις ΗΠΑ.

δ) Καθαρισμός

Οι διεργασίες καθαρισμού χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση ακαθαρσιών όπως θείου, υδραργύρου, γομών και κεριών. Περιλαμβάνουν απορρόφηση και έκδυση, εξαγωγή διαλυτών και θερμική διάχυση.

ε) Συνήθης ροή διαδικασιών διύλισης

Στο διυλιστήριο, όλο το αργό πετρέλαιο συνήθως πρώτα πηγαίνει για απόσταξη. Περνά μέσω αγωγών σε κάμινο, όπου υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν μερική εξάτμισή του προτού διοχετευθεί σε στήλη κλασματικής απόσταξης. Οι ατμοί ανεβαίνουν στη στήλη, ψύχονται και υγροποιούνται σε διάτρητους δίσκους. Η ψύξη και υγροποίηση υποβοηθούνται από ένα σχετικά ψυχρό ρεύμα υγρής νάφθας που διοχετεύεται στην κορυφή της στήλης και ρέει προς τα κάτω από τον έναν δίσκο στον άλλο. Το υγρό στους διάτρητους δίσκους υγροποιεί τα βαρύτερα μέρη των ατμών και εξατμίζει τα δικά του ελαφρύτερα συστατικά.

Τα αέρια που απελευθερώνονται αντλούνται στην κορυφή της στήλης μαζί με τη νάφθα. Το αέριο συγκεντρώνεται για την παρασκευή ψυγμένου υγραερίου (LPG). Η νάφθα υγροποιείται σε θερμοκρασία 52 °C. Μέρος της υγροποιημένης νάφθας συνήθως επιστρέφει στην κορυφή της στήλης. Το παράγωγο ρεύμα νάφθας χωρίζεται σε ελαφριά νάφθα για ανάμιξη με βενζίνη και σε βαριά νάφθα για περαιτέρω αναμόρφωση. Στο εσωτερικό της στήλης, κηροζίνη αφαιρείται σε θερμοκρασία περίπου 149 °C. Το ντίζελ αφαιρείται σε θερμοκρασία 260 °C. Αυτά τα

ενδιάμεσα αποστάγματα συνήθως προσαρμόζονται όσον αφορά την περιεκτικότητα σε θείο με υδρογοναποθείωση. Το βαρύ πετρέλαιο από τον πυθμένα της μονάδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάμειξη του καυσίμου πετρελαίου ή να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία στις στήλες απόσταξης σε κενό για την αφαίρεση ενός ελαφρύτερου αποστάγματος που χρησιμοποιείται στην ανάμειξη λευκών και μαύρων ντίζελ. Η χαμηλή πίεση στον πύργο κενού επιτρέπει την αφαίρεση επιπλέον αποσταγμάτων με κίνδυνο να επηρεαστεί η ποιότητα του καυσίμου πετρελαίου λόγω υπερβολικά υψηλών θερμοκρασιών.

Τα προϊόντα της διύλισης βελτιώνονται επιπλέον σε μονάδα ανάμειξης. Σε αυτή τη μονάδα, τα τελικά προϊόντα παρασκευάζονται με ανάμειξη των συστατικών σε δεξαμενές. Στη βενζίνη, για παράδειγμα, μπορεί να προστεθούν βαφές ή ειδικά πρόσθετα. Τα ολοκληρωμένα μείγματα εξετάζονται και έπειτα μεταφέρονται σε δεξαμενές αποθήκευσης ή μεταφοράς.

στ) Ποσοστά παραγωγής

Η ζήτηση για ελαφρύτερα προϊόντα για βενζινοκινητήρες και κινητήρες τζετ αύξησε επίσης τα σχετικά επίπεδα επικινδυνότητας των διεργασιών διύλισης με τα χρόνια. Η σύγκριση της απόδοσης προϊόντων από το 1920 μέχρι σήμερα δείχνει τη δραματική αύξηση στα ποσοστά παραγωγής ελαφρών προϊόντων.

Προϊόν	Δεκαετία 1920	Σήμερα	% Αλλαγή
Βενζίνη	11	21	+90%
Κηροζίνη	5,3	5	-6%
Ντίζελ	20,4	13	-36%
Μαζούτ	5,3	3	-6%

Παράγοντας μεγαλύτερες ποσότητες «ελαφρύτερων» καυσίμων, τα ίδια τα εργοστάσια έγιναν πιο επικίνδυνα από τη φύση και μόνο των παραγόμενων ποσοστών σε σχέση με το παρελθόν. Η αντίστοιχη επέκταση των εγκαταστάσεων με το πέρασμα των δεκαετιών συνδυάστηκε επίσης με περισσότερα εκρηκτικά προϊόντα, γεγονός που αύξησε τα επίπεδα κινδύνου στις περιπτώσεις που δεν λαμβάνονταν προστατευτικά μέτρα.

ζ) Εμπορία

Εργοστάσια και Τερματικοί σταθμοί διανομής και εμπορίας αποθηκεύουν και διανέμουν τα τελικά προϊόντα των διυλιστηρίων. Συνήθως, οι εγκαταστάσεις αυτές διαχειρίζονται βενζίνες, ντίζελ, καύσιμα κινητήρων τζετ, ασφαλτο και συμπιεσμένο προπάνιο ή βουτάνιο.

Αποτελούνται από δεξαμενές ή δοχεία αποθήκευσης, σημεία φόρτωσης και εκφόρτωσης από πλοία, τρένα ή φορτηγά αυτοκίνητα, συσκευές μέτρησης και συστήματα άντλησης ή συμπίεσης. Η χωρητικότητά τους είναι σχετικά μικρότερη από αυτή των διυλιστηρίων και συνήθως ορίζεται από τις τοπικές εμπορικές απαιτήσεις.

Κεφάλαιο 3^ο: Φιλοσοφία αρχών προστασίας

Οι τεχνικές διαχείρισης κινδύνων κάθε οργανισμού θα πρέπει να ορίζονται προτού εντοπιστούν οι ανάγκες των εγκαταστάσεων όσον αφορά την προστασία. Οι οργανισμοί που μπορούν να επιτύχουν ασφαλιστική κάλυψη υψηλού επιπέδου σε χαμηλό κόστος, ακόμα και αν αντιμετωπίζουν υψηλό κίνδυνο, μπορεί να επιλέξουν τη λήψη περιορισμένων μέτρων προστασίας, καθώς αυτά τα τελευταία δεν είναι οικονομικά. Στην πραγματικότητα, βέβαια, κάτι τέτοιο δεν θα συνέβαινε ποτέ, αλλά καλό είναι να βλέπουμε και την οπτική γωνία από την οποία εξετάζει η επιχείρηση τα επίπεδα προστασίας και την αποδοχή των κινδύνων. Όλες οι ασφαλιστικές εταιρείες παρέχουν μηχανικούς κινδύνου ή επιθεωρητές που εκτιμούν τους ασφαλιστικούς κινδύνους στην περίπτωση ακινήτων ή επιχειρήσεων μεγάλης αξίας. Συνεπώς, ένα βασικό επίπεδο προστασίας διατηρείται στη βιομηχανία. Όλες οι μεγάλες πετρελαιοπαραγωγοί εταιρείες έχουν φροντίσει για την ασφαλιστική τους κάλυψη αλλά και για την εξασφάλιση μη καλυπτόμενων ποσών. Η ασφαλιστική τους κάλυψη, μάλιστα, προέρχεται από διαφορετικά γραφεία και περιλαμβάνει πλήθος επιλογών και εξαιρέσεων. Οπότε και οι ασφαλιστικές εταιρείες μοιράζονται τον οικονομικό κίνδυνο σε περίπτωση σοβαρού ατυχήματος.

Η γενική εφαρμογή πρακτικών πρόληψης απωλειών θεωρείται συνετή τόσο από τους ασφαλιστές όσο και από τις πετρελαϊκές εταιρείες, οπότε όλες οι εγκαταστάσεις θεωρείται ότι πρέπει να πληρούν τα πρότυπα ασφαλείας των επιχειρήσεων. Η ασφαλιστική κάλυψη συνήθως βασίζεται στα επίπεδα κινδύνου που εκτιμώνται για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση από μηχανικό της ασφαλιστικής εταιρείας που επιτήρησε το εργοστάσιο. Σε μεμονωμένες περιπτώσεις, υπάρχουν σταθερά συστήματα προστασίας, αλλά τα γενικά επίπεδα κινδύνου διατηρούνται. Οι ασφαλιστές κάνουν επίσης πολλές συστάσεις όσον αφορά τη βελτίωση της πρόληψης απωλειών όταν πιστεύουν ότι τα επίπεδα προστασίας δεν είναι ικανοποιητικά και ότι ο κίνδυνος είναι μεγάλος. Όταν νιώθουν ότι τα επίπεδα κινδύνου είναι πολύ υψηλά, μπορεί να αρνηθούν να συμπεριλάβουν κάποια επίπεδα κάλυψης ή να συμπεριλάβουν επιπλέον χρεώσεις.

Η προστασία των πετρελαϊκών εγκαταστάσεων ακολουθεί την ίδια γενική φιλοσοφία που θα εφαρμοζόταν σε οποιοδήποτε κτήριο ή εγκατάσταση. Οι βασικές απαιτήσεις είναι η εκκένωση από το προσωπικό, η συγκράτηση, η απομόνωση και η καταστολή. Καθώς όλα τα παραπάνω αποτελούν σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που δεν μπορούν να αναζητηθούν την ώρα του ατυχήματος, θα πρέπει να παρέχονται επαρκώς από το αρχικό σχέδιο των εγκαταστάσεων. Οι ειδικοί σε θέματα προστασίας από πυρκαγιές, απώλειες και άλλους κινδύνους θα πρέπει να ορίσουν αν η προστασία είναι επαρκής.

3.1 Γενική φιλοσοφία

Γενικά, η φιλοσοφία της μηχανολογικής σχεδίασης για προστασία από πυρκαγιές και εκρήξεις όσον αφορά τις εγκαταστάσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου μπορεί να οριστεί με βάση τους παρακάτω στόχους (παρατίθενται με φθίνουσα σειρά όσον αφορά τη σπουδαιότητα):

(1) Παρεμπόδιση της άμεσης έκθεσης ατόμων σε κίνδυνο πυρκαγιάς και έκρηξης

Κανένα εργοστάσιο δεν θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε υπάλληλος ή επισκέπτης να κινδυνεύει να τραυματιστεί εκτιθέμενος στις διαδικασίες λειτουργίας.

(2) Παροχή εγγενώς ασφαλών εγκαταστάσεων

Τα χαρακτηριστικά ασφάλειας των εγκαταστάσεων που έχουν προβλεφθεί από τη φάση σχεδίασης περιλαμβάνουν εξασφάλιση αρκετού χώρου, καλή διάταξη και διαχωρισμό του εξοπλισμού με βάση την επικινδυνότητα. Τα λιγότερο επικίνδυνα συστήματα επεξεργασίας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων παραγωγής. Προστατευτικά συστήματα παρέχονται για τον περιορισμό των επιπτώσεων που μπορεί να έχει κάποιο σοβαρό ατύχημα.

(3) Ικανοποίηση των προβλεπόμενων και αντικειμενικών απαιτήσεων της νομοθεσίας

Η διεθνής και η εγχώρια νομοθεσία θα πρέπει να τηρούνται και οι απαιτήσεις να πληρούνται. Οι νόμοι έχουν σαν στόχο την επίτευξη της ελάχιστης ασφάλειας που απαιτείται για την ύπαρξη κοινωνιών χωρίς υπερβολικές αναταραχές. Η βιομηχανία πρέπει να συμμορφώνεται με τους νόμους προκειμένου να λειτουργεί ανεμπόδιστα, χωρίς φόβο νομικών επιπλοκών.

(4) Επίτευξη επιπέδου κινδύνου πυρκαγιάς ή έκρηξης που είναι αποδεκτό από τους υπαλλήλους, την κοινή γνώμη, την πετρελαϊκή και τις άλλες σχετικές βιομηχανίες, την τοπική αυτοδιοίκηση και το κράτος, αλλά και από την ίδια την εταιρεία

Θεωρητικά, μπορεί να σχεδιαστεί μια εγκατάσταση που να συμμορφώνεται με όλους τους νόμους και τους κανονισμούς. Αν, όμως, επικρατεί η αντίληψη ότι η εγκατάσταση δεν είναι ασφαλής, πρέπει να τροποποιηθεί στο βαθμό που θα κρίνεται ασφαλής τόσο από αναγνωρισμένους ειδικούς όσο και από τη βιομηχανία και την κοινή γνώμη.

(5) Προστασία των οικονομικών συμφερόντων της εταιρείας από μικρής και μεγάλης κλίμακας επιπτώσεις

Ο κύριος στόχος μιας επιχείρησης είναι η εξασφάλιση κέρδους στους ιδιοκτήτες της. Το οικονομικό όφελος των ιδιοκτητών, λοιπόν, θα πρέπει να προστατεύεται από μικρής ή μεγάλης κλίμακας επιπτώσεις και να μην υπάρχει φόβος πιθανής απώλειας των κερδών.

(6) Συμμόρφωση με τις πολιτικές, τα πρότυπα και τις οδηγίες της επιχείρησης

Η πολιτική και οι οδηγίες λειτουργίας μιας εταιρείας αποτελούν τη βασική γραμμή για τη διεξαγωγή των εργασιών με αποτελεσματικό τρόπο.

(7) Προστασία των συμφερόντων των συνεργατών

Όταν πρόκειται για σύμπραξη, το οικονομικό συμφέρον των συμμετεχόντων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ενώ και η διοίκηση θα πρέπει να έχει επίγνωση

της επικινδυνότητας του εγχειρήματος. Αν οι συνεργάτες θεωρούν ότι τα επίπεδα κινδύνου δεν είναι αποδεκτά, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας των συμφερόντων τους.

(8) Επίτευξη μιας οικονομικής και πρακτικής προσέγγισης

Η ασφάλεια και προστασία των εγκαταστάσεων δεν χρειάζεται να βασίζεται σε δαπανηρά και περίπλοκα συστήματα. Χρειάζεται απλώς μια πρακτική και οικονομική λύση που να επιτυγχάνει τα επίπεδα ασφαλείας που είναι αποδεκτά από τα εμπλεκόμενα μέρη.

(9) Ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων του χώρου (και του βάρους στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις)

Η ακριβότερη αρχική επένδυση σε κάθε μεγάλο έργο είναι η επένδυση στους χώρους των εγκαταστάσεων. Τόσο στις εγκαταστάσεις της ενδοχώρας όσο και στις υπεράκτιες, ο χώρος που καταλαμβάνουν οι κατασκευές αντιστοιχεί άμεσα στο κόστος της επένδυσης. Το κόστος αυτό θα πρέπει να προβλέπει και την ανάγκη για διαχωρισμό και καλή διάταξη του εξοπλισμού.

(10) Ανταπόκριση στις ανάγκες και τις επιθυμίες όσον αφορά τη λειτουργία

Η παροχή αποτελεσματικών χαρακτηριστικών ασφαλείας θα πρέπει να συμφωνεί με τους όρους λειτουργίας. Η λήψη μέτρων που είναι αντιπαραγωγικά μπορεί πετύχει το ακριβώς αντίθετο, ενώ μπορεί να υπάρξει και περίπτωση παράβλεψης των μέτρων ασφαλείας για τη διευκόλυνση της λειτουργίας.

(11) Προστασία της φήμης της εταιρείας

Η φήμη μιας εταιρείας επηρεάζεται σε περίπτωση σοβαρού ατυχήματος με θανάτους ή σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οικονομική ανάκαμψη μπορεί να υπάρξει, αλλά το στίγμα μπορεί να μείνει και να επηρεάσει τις πωλήσεις.

(12) Εξάλειψη ή πρόληψη των πιθανοτήτων ζημιάς από υπαλλήλους ή το κοινό

Το πεσμένο ηθικό των υπαλλήλων μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τη φθορά του εξοπλισμού της εταιρείας. Τέτοιες καταστάσεις μπορεί να εμφανίζονται σαν ατυχήματα για να αποφευχθεί η τιμωρία των εμπλεκόμενων ατόμων. Άλλα ατυχήματα μπορεί να προκληθούν από εξωγενείς τρομοκρατικές ενέργειες. Ακόμα και μικρές φθορές μπορεί να έχουν καταστροφικές συνέπειες, ανυπολόγιστες ακόμα και από τον σαμποτέρ. Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και τις περιόδους κατά τις οποίες οι σχέσεις διοίκησης και εργατικού δυναμικού μπορεί να μην είναι οι καλύτερες και να υπάρχει κίνδυνος βανδαλισμού. Όπου, επίσης, υπάρχει τρομοκρατική δράση, θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα (αυξημένα μέτρα ασφαλείας, προστατευτικοί φράκτες, κ.λπ.).

3.2 Οι συνθήκες στη χειρότερη περίπτωση

Η συνήθης πρακτική για την πρόληψη απωλειών είναι ο σχεδιασμός μέτρων προστασίας για το χειρότερο σενάριο πυρκαγιάς που μπορεί να προκύψει στις εγκαταστάσεις. Ένα τέτοιο σενάριο θα ήταν το εργοστάσιο πετρελαίου ή φυσικού

αερίου να έχει τυλιχτεί ολόκληρο στις φλόγες ή να έχει καταστραφεί ολοσχερώς από έκρηξη. Η πρακτική, οικονομική και ιστορική εξέταση προτείνει ότι αυτή η συλλογιστική θα πρέπει να αναδιατυπωθεί με βάση το Χειρότερο Πιστευτό Γεγονός (WCCE-Worst Case Credible Event) ή, όπως αναφέρεται στην ασφαλιστική βιομηχανία, τη Μέγιστη Πιθανή Απώλεια (PML-Probable Maximum Loss) που θα μπορούσε να συμβεί σε κάποιο εργοστάσιο.

Το ζήτημα του πιο πιστευτού συμβάντος παίρνει πολλή συζήτηση. Μπορεί κανείς να κάνει πολλές ακραίες υποθέσεις (βιομηχανικό σαμποτάζ, παράφρονες εργαζόμενοι, πτώση αεροσκάφους, κ.λπ.). Μόνο, όμως, τα πιο ρεαλιστικά και πιθανά σενάρια θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, στοιχεία από το ιστορικό παρόμοιων εγκαταστάσεων χρησιμοποιούνται σαν σημείο αναφοράς για τα χειρότερα σενάρια. Θα μπορούσε, βέβαια, κανείς να υποθέσει ποιες θα ήταν οι συνέπειες μιας διαρροής υδρογονανθράκων από αποθηκευτικό χώρο. Με το χειρότερο σενάριο θα πρέπει να συμφωνούν τόσο το προσωπικό που ασχολείται με την πρόληψη ατυχημάτων και τη λειτουργία όσο και τα ανώτερα διοικητικά στελέχη. Το χειρότερο πιστευτό σενάριο ορίζει συνήθως το πιο επικίνδυνο σημείο των εγκαταστάσεων. Εν συνεχεία, μπορούν να διατυπωθούν υποθέσεις σχετικά με τις κατάλληλες ρυθμίσεις προστασίας για την πρόληψη ή τον περιορισμό των επιπτώσεων.

Αρκετοί επιπλέον παράγοντες είναι σημαντικοί για τη διαμόρφωση του χειρότερου πιστευτού σεναρίου.

Περιβαλλοντικές συνθήκες

- **Καιρός** – άνεμοι, χιόνι, αμμοθύελλες, πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, κ.λπ. Οι καιρικές συνθήκες μπορεί να εμποδίσουν την πρόοδο κάθε δραστηριότητας και να προκαλέσουν διακοπές ρεύματος.
- **Ώρα της ημέρας** – η διαθεσιμότητα προσωπικού, η ορατότητα, κ.λπ. παίζουν σημαντικό ρόλο στο πώς θα αντιδράσει το προσωπικό σε περίπτωση ατυχήματος. Κατά τις περιόδους διαλείμματος στις υπεράκτιες ή απομακρυσμένες εγκαταστάσεις, τις αλλαγές βάρδιας, ή τη νύχτα, ο αριθμός του προσωπικού μπορεί να είναι μεγαλύτερος, γεγονός που αυξάνει τον κίνδυνο να υπάρξουν πολλά θύματα σε περίπτωση ατυχήματος. Η περιορισμένη ορατότητα επηρεάζει επίσης τις μεταφορές.

3.3 Ανεξάρτητα στρώματα προστασίας (ILP-Independent Layers of Protection)

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις είναι σχεδιασμένες γύρω από στρώματα προστασίας που είναι γνωστά ως Ανεξάρτητα Στρώματα Προστασίας (ILP). Ένα στρώμα προστασίας ή ο συνδυασμός περισσότερων χαρακτηρίζεται ανεξάρτητος όταν πληρείται κάποια από τις παρακάτω προϋποθέσεις: (1) η παρεχόμενη προστασία περιορίζει τον κίνδυνο σοβαρού ατυχήματος κατά 100 φορές, (2) η προστατευτική λειτουργία παρέχεται με μεγάλο βαθμό διαθεσιμότητας (μεγαλύτερο του 0,99) ή (3) έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: εξειδίκευση, ανεξαρτησία, αξιοπιστία και ελεγχιμότητα.

Τα περισσότερα εργοστάσια πετρελαίου και χημικών βασίζονται σε παθητικά χαρακτηριστικά ασφάλειας και ελέγχου της επεξεργασίας, στη σχεδίαση των εγκαταστάσεων και στα κυρίαρχα μέσα πρόληψης απωλειών. Τα χαρακτηριστικά

αυτά χρησιμοποιούνται άμεσα σε περίπτωση ατυχήματος. Τα μέτρα προστασίας από παθητικές ή ενεργητικές εκρήξεις και πυρκαγιές εφαρμόζονται μετά το συμβάν που προκάλεσε την έκρηξη ή την πυρκαγιά, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά χρησιμοποιούνται μέχρι να εξαντληθούν οι δυνατότητές τους ή να τεθεί το ατύχημα υπό έλεγχο.

Τα Ανεξάρτητα Στρώματα Προστασίας (ILP) που συναντώνται συχνότερα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1:

Πίνακας 1 Ανεξάρτητα Στρώματα Προστασίας

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό ILP	Συνήθεις Περίοδοι χρησιμότητας	Γενικό επίπεδο καταστροφής που μπορεί να λάβει χώρα
1	Βασικός σχεδιασμός λειτουργίας (π.χ. Αποθήκες, Προϊόντα, Διαδικασία διύλισης, κ.λπ.)	Συνεχώς κατά τη λειτουργία και σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.	Μηδέν*
2	Βασική επιτήρηση χειριστηρίων, συναγερωμών και χειριστών	Συνεχώς κατά τη λειτουργία και σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.	Μηδέν*
3	Κρίσιμοι συναγερωμοί, επιτήρηση χειριστών και επιτόπου παρέμβαση για έλεγχο των διαδικασιών.	Συνεχώς κατά τη λειτουργία και σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.	Μηδέν*
4	Απομόνωση, διακοπή ρεύματος, αποσυμπίεση, χαρακτηριστικά προστασίας από βλάβη, κ.λπ.	0-15 λεπτά μετά το ατύχημα.	Χαμηλό
5	Μέτρα προστασίας λειτουργίας (π.χ. Αποσυμπιεστικές βαλβίδες, χαρακτηριστικά ακεραιότητας της λειτουργίας, κ.λπ.)	0-2 ώρες μετά το ατύχημα.	Υψηλό
6	Παθητικά μέτρα προστασίας εγκατάστασης (π.χ. Αναχώματα συγκράτησης, Διαχωρισμός, κ.λπ.)	0-2 ώρες μετά το ατύχημα.	Υψηλό
7	Μέτρα Απόκρισης σε Καταστάσεις Έκτακτης Ανάγκης για το Εργοστάσιο (π.χ. Σταθερά συστήματα πυρόσβεσης, πυροπροστασία, πρώτες βοήθειες, κ.λπ.)	0-4 ώρες μετά το ατύχημα.	Πολύ υψηλό
8	Μέτρα Απόκρισης σε Καταστάσεις Έκτακτης Ανάγκης για την Κοινότητα (π.χ. Εκκένωση, Αλληλοβοήθεια, κ.λπ.)	0-24 ώρες μετά το ατύχημα.	Καταστροφικό

3.4 Αρχές σχεδίασης

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι όσον αφορά την ασφάλεια και να διαμορφωθεί μια φιλοσοφία προστασίας μέσω ανεξάρτητων στρωμάτων, θα πρέπει να οριστούν συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές ή πρότυπα για τη φάση της σχεδίασης. Διατίθενται πολυάριθμα βιομηχανικά πρότυπα (π.χ. API, NFPA, κ.λπ.) που προτείνουν επιλογές, συστάσεις ή συγκεκριμένα κριτήρια μετά την επιλογή ενός ορισμένου σχεδίου. Είναι απαραίτητο να υπάρχει μια κατεύθυνση που να βασίζεται στις οδηγίες της διοίκησης σχετικά με την προστασία των εγκαταστάσεων.

Οι αρχές ασφαλούς σχεδιασμού των εγκαταστάσεων που απαντούν συχνότερα στην πετρελαϊκή βιομηχανία είναι οι ακόλουθες:

1. Η άμεση εκκένωση των εγκαταστάσεων θα πρέπει να θεωρείται πρώτη επιλογή προστασίας του προσωπικού από σοβαρά ατυχήματα. Το προσωπικό που εργάζεται στις εγκαταστάσεις πρέπει να είναι καλά εκπαιδευμένο και πιστοποιημένο, στις περιπτώσεις που απαιτείται (π.χ. στην περίπτωση των μηχανισμών εκκένωσης υπεράκτιων εγκαταστάσεων).
2. Τα μέτρα ασφαλείας έκτακτης ανάγκης για το σύστημα επεξεργασίας (π.χ. ESD, απομόνωση, αποσυμπίεση) θα πρέπει να προηγούνται των μέτρων πυροπροστασίας (π.χ. φράγματα πυροπροστασίας, συστήματα ή συσκευές πυρόσβεσης).
3. Τα σχέδια των εγκαταστάσεων θα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις που θέτει η νομοθεσία αλλά και η πολιτική της εταιρείας σχετικά με την ασφάλεια, την υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος.
4. Αναγνωρισμένοι διεθνείς κώδικες και πρότυπα που εφαρμόζονται σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις (π.χ. API, ASME, NACE, NFPA, κ.λπ.) θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στη φάση σχεδίασης αλλά και σε κάθε προτεινόμενη τροποποίηση. Βέβαια, θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι η συμμόρφωση με τους κώδικες και τα πρότυπα δεν αρκεί από μόνη της να εξασφαλίσει ένα ασφαλές σχέδιο.
5. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν παθητικές πρακτικές ασφαλείας. Οι πρακτικές του είδους εφαρμόζουν τις επιλογές με το μικρότερο ρίσκο και παρέχουν ικανοποιητικά περιθώρια ασφαλείας. Πρόκειται για γενικές μεθόδους που χρησιμοποιούν αδρανή υλικά ή υλικά με χαμηλό σημείο ανάφλεξης έναντι υλικών με χαμηλό σημείο ανάφλεξης αλλά υψηλή πτητικότητα, χαμηλότερες πιέσεις αντί υψηλότερων πιέσεων, μικρότερους όγκους αντί μεγαλύτερων, κ.λπ.

Γενικά, τα χαρακτηριστικά ασφαλούς σχεδίασης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση τα εξής:

- α. Είναι εγγενώς ασφαλή.
- β. Περιλαμβάνουν ικανοποιητικά περιθώρια σχεδίασης ή παράγοντες ασφαλείας.
- γ. Είναι αρκετά αξιόπιστα.
- δ. Διαθέτουν χαρακτηριστικά προστασίας από βλάβες.
- ε. Περιλαμβάνουν ανίχνευση σφαλμάτων και συναγερμούς.
- στ. Παρέχουν όργανα ασφαλείας.

Κάποιες συγκεκριμένες παθητικές πρακτικές ασφαλείας που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία αναφέρονται παρακάτω.

- (i) Αυτόματη ενεργοποίηση ESD (κλείσιμο και απομόνωση) από συγκεκριμένα όργανα των συστημάτων λειτουργίας.

- (ii)** Αυτόματη απομάκρυνση και μεταφορά μεγάλου όγκου υδρογονανθράκων (αερίων και υγρών) σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης σε απομακρυσμένα συστήματα διάθεσης.
- (iii)** Οι αποστάσεις μεγαλώνουν στα σημεία υψηλού κινδύνου. Οι επανδρωμένες εγκαταστάσεις (π.χ. αίθουσες ελέγχου, γραφεία, κ.λπ.) θα πρέπει να βρίσκονται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση από τα σημεία υψηλού κινδύνου. Οι αποθήκες με μεγάλους πτητικούς όγκους θα πρέπει να βρίσκονται μακριά από άλλα σημεία επικινδυνότητας. Οι παράγοντες ασφαλείας περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς των αποστάσεων που ορίζονται με μαθηματικά μοντέλα για εκρήξεις και πυρκαγιές. Αποστάσεις τηρούνται και μεταξύ των παθητικών προστατευτικών φραγμάτων.
- (iv)** Οι ποσότητες εύφλεκτων υγρών και αερίων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ατύχημα θα πρέπει να περιορίζονται κατά την κανονική λειτουργία και σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης (περιορισμένο μέγεθος δεξαμενών, δυνατότητες απομόνωσης και αποσυμπίεσης, κ.λπ.). Τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα για τις περιόδους απλής λειτουργίας και έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να ορίζονται στη φάση της σχεδίασης και της ανάλυσης κινδύνων.
- (v)** Θα πρέπει να εφαρμόζεται αυτόματος έλεγχος κατά τις διαδικασίες υψηλού κινδύνου σε συνδυασμό με ανθρώπινη επιτήρηση.
- (vi)** Τα συστήματα ESD που περιέχουν συσκευές προστασίας από βλάβες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται όπου είναι πρακτικό. Οι λειτουργίες βλάβης επιλέγονται για συσκευές που απομονώνουν την παροχή καυσίμων (π.χ. κλειστό) και αποσυμπιέζουν μεγάλους όγκους αερίων (π.χ. ανοιχτό) σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, για παράδειγμα, στη διάρκεια ατυχήματος.
- (vii)** Σύστημα διπλού συναγερμού (π.χ. υψηλός/υψηλός, χαμηλός/χαμηλός, κ.λπ.) θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε κρίσιμες καταστάσεις.
- (viii)** Η έκλυση ή διαρροή εύφλεκτων ατμών ή υγρών στο περιβάλλον λειτουργίας θα πρέπει να αποφεύγεται (π.χ. με εκτόνωση της πίεσης, αποφυγή της χρήσης αντλιών λόγω διαρροής, βιδωμένα εξαρτήματα, μεταφορά του στρες από δονήσεις σε αγωγούς, κ.λπ.).
- (ix)** Τα μεμονωμένα σημεία βλάβης στην αλυσίδα παραγωγής θα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην περίπτωση των συστημάτων παραγωγής υδρογονανθράκων και των συστημάτων υποστήριξης (π.χ. τροφοδοσία ρεύματος, μεταφορά θερμότητας, ψύξη ύδατος, κ.λπ.) που είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της διαδικασίας παραγωγής.
- (x)** Θα πρέπει να παρθούν μέτρα προστασίας από τη διάβρωση. Συστήματα ελέγχου της διάβρωσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε όλα τα συστήματα αποθήκευσης υδρογονανθράκων.
- (xi)** Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να σχεδιάζονται με τους μέγιστους δυνατούς ελεύθερους χώρους για εξαερισμό, ειδικά όταν είναι υπεράκτιες. Οι κλειστοί χώροι θα πρέπει να αποφεύγονται όπου είναι δυνατό.
- (xii)** Οι πηγές ανάφλεξης θα πρέπει να απομακρύνονται όσο το δυνατόν περισσότερο από τα συστήματα που περιέχουν υδρογονάνθρακες (μεγιστοποίηση των απαιτήσεων όσον αφορά την περιοχή τροφοδοσίας ρεύματος).
- (xiii)** Τα σημεία εξαερισμού των αιθουσών ελέγχου και των κύριων κινητήριων συστημάτων θα πρέπει να βρίσκονται σε σημεία όπου δεν υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης εύφλεκτων ατμών ή σε οδούς διάχυσης (γενικά παρέχονται στα

χαμηλότερα επίπεδα των εγκαταστάσεων στις περιοχές διαχείρισης ελαφρών ατμών και στα υψηλότερα επίπεδα των εγκαταστάσεων που χειρίζονται βαρύτερους ατμούς, ενώ όπου συμβαίνουν και τα δύο, είναι σοφό να υπάρχει υψηλό επίπεδο εισαγωγής αέρα). Στα σημεία που δεν χρειάζονται παροχή οξυγόνου ή φρέσκο αέρα (π.χ. τα σημεία με τους ηλεκτρικούς διακόπτες), αλλά απαιτούν έλεγχο της θερμοκρασίας, ο αέρας θα πρέπει να ανακυκλώνεται.

- (xiv) Θα πρέπει να παρέχονται δύο ξεχωριστοί μηχανισμοί εκκένωσης.
 - (xv) Η ακεραιότητα των συστημάτων ασφαλείας (ESD/Αποσυμπίεση, Εντοπισμός πυρκαγιάς/Κατάσβεση, μέσα Συναγερμού και Εκκένωσης) θα πρέπει να είναι η μέγιστη δυνατή και να προστατεύεται από τυχαίες πυρκαγιές ή εκρήξεις.
 - (xvi) Η επιφανειακή αποστράγγιση και η ασφαλής απομάκρυνση των χυμένων ή συσσωρευμένων υγρών πρέπει να παρέχεται επαρκώς.
 - (xvii) Τα χυμένα υγρά πρέπει να αφαιρούνται αμέσως από το σημείο από σιφόνια, λεκάνες, φρεάτια στράγγισης, αποχετεύσεις, χαντάκια ή απομακρυσμένες ζώνες συγκράτησης που δεν εκθέτουν άλλες εγκαταστάσεις σε κίνδυνο.
 - (xviii) Υγρά και αέρια με υψηλό σημείο ανάφλεξης, αλλά και τα μη εύφλεκτα ή τα αδρανή πρέπει να χρησιμοποιούνται όποτε είναι δυνατόν.
 - (xix) Τα συστήματα τροφοδοσίας με βαρύτητα ή χαμηλή πίεση θα πρέπει να προτιμώνται από τα συστήματα υψηλής πίεσης (π.χ. για την παροχή καυσίμου στα κύρια κινητήρια συστήματα, για την ημερήσια τροφοδοσία δεξαμενών, κ.λπ.).
 - (xx) Τα συνήθη ευάλωτα σημεία διαρροής θα πρέπει να περιορίζονται με τη χρήση μετρητών στάθμης υγρών, αντλιών μεταφοράς, κ.λπ.
 - (xxi) Οι αγωγοί που μεταφέρουν επικίνδυνα υλικά πρέπει να περιορίζονται όπου είναι πρακτικό και όπου η προστασία κρίνεται αναγκαία.
6. Το προσωπικό θα πρέπει να ασχολείται μόνο με την κατάσβεση μικρής έκτασης πυρκαγιών που είναι σε αρχικό στάδιο. Όλες οι υπόλοιπες περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με συστήματα ESD/αποσυμπίεσης, απομόνωσης, πυροπροστασίας (ενεργητικά ή παθητικά), ή με την απομάκρυνση των πηγών καυσίμου.
7. Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να ασφαλιζονται και να εκκενώνονται αν οι μετεωρολογικές ή οι γεωλογικές προβλέψεις προειδοποιούν για έντονα φαινόμενα.
8. Οι εγκαταστάσεις πρέπει να σχεδιάζονται με τη χρήση της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας ελέγχου (Best Available Control Technology- BACT). Οι εγκαταστάσεις πρέπει να υφίστανται ανάλυση κινδύνων αντίστοιχη των επιπέδων κινδύνου που παρουσιάζουν (π.χ. Λίστα ελέγχου, PHA, HAZOP, εξέταση πιθανών σεναρίων, δένδρα γεγονότων, FMEA, κ.λπ.). Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών πρέπει να γίνουν πλήρως κατανοητά και να αναγνωριστούν από τη διοίκηση. Όπου εντοπιστούν συμβάντα υψηλού κινδύνου, θα πρέπει να γίνεται αξιολόγηση του ποσοτικοποιήσιμου κινδύνου και των επιπτώσεων των μέτρων αντιμετώπισης που θα εφαρμοστούν αν είναι παραγωγικά.

Αυτά είναι μερικά μόνο από τα πολλά παθητικά χαρακτηριστικά σχεδίασης που μπορούν να περιληφθούν στα σχέδια του συστήματος επεξεργασίας ανάλογα με τη φύση του. Ο σχεδιασμός του συστήματος αυτού δεν θα πρέπει να επιτυγχάνει μόνο οικονομική απόδοση, αλλά και να ενισχύει ταυτόχρονα την ασφάλεια της διαδικασίας.

3.5 Αξιοπιστία και ελεγχιμότητα

Κάθε οργανισμός θα πρέπει να ακολουθεί μια φιλοσοφία σχεδιασμού των μέτρων προστασίας που είναι κατανοητή και αποδεκτή από τη διοίκηση. Οι φιλοσοφίες του είδους θα πρέπει να αντικατοπτρίζονται στα πρότυπα ή τις κατευθυντήριες γραμμές μηχανολογικής σχεδίασης που χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό. Τα πρότυπα ή οι κατευθυντήριες γραμμές αποτελούν τη βάση από την οποία μπορεί να ελεγχθεί η ασφάλεια των εγκαταστάσεων. Οι οργανισμοί που δεν παρέχουν τέτοιου είδους πληροφορίες, δεν έχουν πρότυπα αξιοπιστίας τα οποία πρέπει να επιτύχουν και, συνεπώς, πάσχουν όσον αφορά την ασφάλεια. Επιπλέον, οι στόχοι των προτύπων και των γραμμών σχεδίασης μπορούν να γίνουν πληρέστερα κατανοητοί αν καταγραφεί μια φιλοσοφία σχεδίασης.

Το επιχείρημα ότι τα πρότυπα ή οι κατευθυντήριες γραμμές περιορίζουν τη δημιουργικότητα και την καινοτομία ή κοστίζουν δεν θα πρέπει να προβάλλεται. Εξαιρέσεις στον κανόνα μπορούν να επιτραπούν αρκεί να συνοδεύονται από δικαιολόγηση που δείχνει την ίση αξία ή την ανωτερότητά τους σε σχέση με την τήρηση των στόχων ασφαλείας. Τα πρότυπα και οι κατευθυντήριες γραμμές επιδέχονται τέτοιου είδους αλλαγές και βελτιώσεις. Αν και δεν είναι εύκολο να συσταθεί, ένας σταθερός κατάλογος απαιτήσεων εμποδίζει το να πρέπει να «εφευρίσκουμε ξανά τον τροχό» κάθε φορά που σχεδιάζονται νέες εγκαταστάσεις. Με αυτό τον τρόπο μπορούν επίσης να αποφευχθούν λάθη που συνέβησαν στο παρελθόν. Κατά συνέπεια, το όφελος για τον οργανισμό είναι μακροπρόθεσμο. Η αναφορά σε βιομηχανικά πρότυπα (π.χ. ASME, API, NFPA, κ.λπ.) δεν καθορίζει τα μέτρα προστασίας που πρέπει να παρέχονται στο εργοστάσιο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ορίζει μόνο τις παραμέτρους σχεδιασμού. Η «Τοπική Διοίκηση» πρέπει να ορίσει τις απαιτήσεις όσον αφορά την προστασία (συνήθως πρόκειται για την ίδια την εταιρεία). Οι βιομηχανικοί κώδικες παρέχουν λεπτομερή καθοδήγηση όσον αφορά το σχεδιασμό, που μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο αφού οριστεί συγκεκριμένη φιλοσοφία προστασίας.

Τα μηχανολογικά σχέδια για καινούργια εργοστάσια ή οι τυχόν αλλαγές θα πρέπει να κυκλοφορούν για αναθεώρηση, όπως υπαγορεύεται από τα επίπεδα κινδύνου που παρουσιάζουν οι εγκαταστάσεις, μεταξύ του προσωπικού που μπορεί να αξιολογήσει τον κίνδυνο. Οι αναθεωρήσεις θα πρέπει να αναγνωρίζουν απόλυτα τους κινδύνους (τόσο τις πιθανότητες όσο και τις επιπτώσεις) και να εξετάζουν μέτρα πρόληψης ή περιορισμού των συνεπειών.

Κεφάλαιο 4^ο : Ανάλυση κινδύνου

Όλοι όσοι ασχολούνται με τη μηχανολογία γνωρίζουν το Νόμο του Μέρφι: «Αν κάτι μπορεί να πάει στραβά, θα πάει», ενώ η διευρυμένη εκδοχή του λέει ότι: «Αν μια σειρά από γεγονότα μπορεί να πάει στραβά, θα το κάνει με τη χειρότερη σειρά». Η ανάλυση κινδύνων είναι ένα είδος αναθεώρησης του Νόμου του Μέρφι, κατά την οποία γεγονότα αναλύονται για να διαπιστωθεί η καταστροφική φύση τους.

Η ανάλυση κινδύνων είναι ένας όρος που εφαρμόζεται σε διάφορες αναλυτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του επιπέδου επικίνδυνων συμβάντων. Πρακτικά, η ανάλυση κινδύνων είναι ένα εργαλείο μέσω του οποίου εκτιμώνται η πιθανότητα και οι συνέπειες ατυχημάτων. Οι τεχνικές ανάλυσης μπορεί να είναι είτε ποιοτικές είτε ποσοτικές.

Η ανάλυση κινδύνου μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα κύρια βήματα:

- (1) Εντοπισμός των ατυχημάτων.
- (2) Αξιολόγηση της συχνότητάς τους.
- (3) Ορισμός των επιπτώσεων κάθε ατυχήματος.
- (4) Ανάπτυξη εκτιμήσεων κινδύνου που σχετίζονται με τη συχνότητα και τις επιπτώσεις.

Προτού παρθούν μέτρα προστασίας σε ένα εργοστάσιο, είναι συνετό να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν οι πιθανοί κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν, ώστε να εξοικονομηθούν χρήματα από συστήματα που δεν είναι αναγκαία, αλλά και να υπολογιστούν όλες οι απαιτήσεις όσον αφορά τα μέτρα προστασίας που χρειάζονται. Το πρώτο βήμα όσον αφορά την πυροπροστασία θα πρέπει, συνεπώς, πάντα να είναι η αναγνώριση των σημαντικότερων κινδύνων που ενέχει η εγκατάσταση. Κατά την εκπόνηση αυτών των αναλύσεων, καλό είναι να λαμβάνει κανείς υπόψη του μόνο πιστευτά γεγονότα. Τα μακρινά ή εξωπραγματικά σενάρια (π.χ. να πέσει μετεωρίτης στο εργοστάσιο) δεν είναι πρακτικά και οδηγούν σε δαπανηρές προσεγγίσεις.

4.1 Διάγραμμα ροής ασφάλειας

Μερικές φορές είναι ευκολότερο να ετοιμάσει κανείς ένα γενικό διάγραμμα ροής το οποίο εντοπίζει γεγονότα που μπορεί να συμβούν σε ένα εργοστάσιο κατά τη διάρκεια ατυχήματος. Αυτό το διάγραμμα ροής μπορεί να αναγνωρίσει τους διαφορετικούς πιθανούς δρόμους στους οποίους μπορεί να οδηγήσει το συμβάν και τα διαθέσιμα μέτρα προστασίας για τη διασφάλιση του εργοστασίου. Θα υπογραμμίσει επίσης τις ελλείψεις. Η χρήση του διαγράμματος ροής βοηθά στην κατανόηση των συμβάντων από προσωπικό που δεν είναι εξοικειωμένο με την επικινδυνότητα και τα μέτρα προστασίας στην πετρελαϊκή βιομηχανία. Παρουσιάζει βήμα προς βήμα σενάρια που είναι κατανοητά και ευανάγνωστα. Η προετοιμασία μιας ανάλυσης σε βάθος μπορεί επίσης να βασιστεί στο διάγραμμα ροής με τα δέντρα συμβάντων ή τις βλάβες και τις συνέπειές τους.

4.2 Αναγνώριση και αξιολόγηση κινδύνων

Η βασική μεθοδολογία που υιοθετείται επίσημα για την αξιολόγηση κινδύνων στην πετρελαϊκή και τις σχετικές με αυτή βιομηχανίες, τόσο για τις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις όσο και για τα νέα σχέδια, περιλαμβάνει κανονικά τα εξής βήματα:

1. **Ορισμός της εγκατάστασης:** Γίνεται μια γενική περιγραφή της εγκατάστασης. Σημειώνονται τα σημεία εισόδου και εξόδου, παραγωγής, επάνδρωσης, βασικών συστημάτων ελέγχου (BPCS), ESD, η φιλοσοφία πυροπροστασίας, οι συνθέσεις επικίνδυνων υλικών, κ.λπ.
2. **Αναγνώριση κινδύνων:** Δημιουργείται κατάλογος των διεργασιών και των σημείων αποθήκευσης εύφλεκτων υλικών καθώς και των χημικών διεργασιών που ενδέχεται να επιταχύνουν κάποιο ατύχημα.
3. **Ανάπτυξη ατυχημάτων** – Εξετάζονται σενάρια που μπορεί να οδηγήσουν σε ατύχημα.
4. **Ανάλυση συχνότητας:** Εξέταση των πιθανοτήτων να συμβεί ατύχημα.
5. **Μοντελοποίηση επιπτώσεων:** Περιγραφή των ατυχημάτων που μπορεί να συμβούν.
6. **Εκτίμηση επιπτώσεων:** Εξέταση της σοβαρότητας του ατυχήματος από την άποψη τραυματισμών, ζημιών, επιπτώσεων στο περιβάλλον, διακοπής εργασιών και αντιδράσεων της κοινής γνώμης.
7. **Αθροιστικός έλεγχος κινδύνων:** Ο συνδυασμός των εκτιμήσεων σοβαρότητας και πιθανότητας δείχνει αν θα συμβεί το ατύχημα.
8. **Αποτελεσματικότητα των μέτρων ασφαλείας:** Εκτίμηση της αποτελεσματικότητας διαφόρων επιπέδων των προστατευτικών συστημάτων όσον αφορά την πρόληψη ατυχημάτων.
9. **Αναθεώρηση με βάση τα κριτήρια αποδοχής κινδύνου:** Σύγκριση του κινδύνου να συμβεί ατύχημα και των επιλεγμένων μέτρων ασφαλείας για την επίτευξη των στόχων όσον αφορά τα επίπεδα προστασίας της εταιρείας.

Κατά τη φάση αναγνώρισης και ορισμού των κινδύνων που ενέχει ένα σχέδιο, συνήθως αναπτύσσεται μια στρατηγική βασικού συστήματος ελέγχου διεργασιών (BPCS) σε συνδυασμό με ισοζύγια θερμότητας και υλικών.

Ποιοτικές και ποσοτικές τεχνικές αξιολόγησης μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστεί η επικινδυνότητα της εγκατάστασης. Το επίπεδο και το μέγεθος αυτών των εκτιμήσεων θα πρέπει να είναι ανάλογα των κινδύνων που παρουσιάζει η εγκατάσταση. Οι εγκαταστάσεις μεγάλης αξίας και κρίσιμης σημασίας ή η ευάλωτη θέση των εργαζομένων απαιτούν εκτιμήσεις υψηλού επιπέδου, ενώ για τις μη επανδρωμένες εγκαταστάσεις χαμηλού κινδύνου, μια λίστα βασικών σημείων αρκεί. Ειδικές μελέτες εκπονούνται όταν χρειάζεται ανάλυση σε βάθος για να καθοριστεί το οικονομικό όφελος ενός μέτρου ασφαλείας ή για να φανεί ότι το μέτρο αυτό έχει την ικανότητα να επιτύχει τους απαιτούμενους στόχους.

Γενικά, οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις και τα μεγάλα χερσαία εργοστάσια επεξεργασίας αποτελούν σημαντική επένδυση και χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα επικινδυνότητας (εκρήξεις, προσκρούσεις πλοίων, ρήγματα σε γραμμές και δοχεία, κ.λπ.). Κανονικά δεν μπορούν εύκολα να αξιολογηθούν με μια απλή προσέγγιση λίστας. Ένα επίπεδο «ποσοτικοποιήσιμης αξιολόγησης» συνήθως γίνεται για να φανεί η επικινδυνότητα αυτών των εγκαταστάσεων με βάση τις απαιτήσεις της κοινής γνώμης, του κράτους, της βιομηχανίας και των εταιρειών.

Οι μελέτες αυτές μπορεί επίσης να επισημάνουν τοποθεσίες ή τμήματα του εξοπλισμού, ή και βλάβες, που είναι κρίσιμης σημασίας για όλο το εργοστάσιο. Όπου εντοπίζονται τέτοια σημεία, ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται στο να εξασφαλιστεί η πρόληψη ή η εξάλειψη συμβάντων που μπορεί να οδηγήσουν σε τέτοιες καταστάσεις.

Οι ακόλουθες σύντομες περιγραφές είναι τυπικές αναλύσεις που έχουν γίνει.

A. Ποιοτικές αναθεωρήσεις

Οι ποιοτικές αναθεωρήσεις είναι μελέτες που βασίζονται στη γενική εμπειρία του προσωπικού και δεν αφορούν μαθηματικές εκτιμήσεις. Γενικά, οι αναθεωρήσεις αυτές είναι στην ουσία αναθεωρήσεις λίστας στις οποίες οι ερωτήσεις ή οι παράμετροι χρησιμοποιούνται για την έναρξη συζητήσεων σχετικά με το σχεδιασμό της γραμμής επεξεργασίας και τα πιθανά σενάρια ατυχήματος.

- **Λίστα ή φύλλο εργασίας** – Τυποποιημένη λίστα που περιλαμβάνει κοινά μέτρα προστασίας που απαιτούνται για τυπικά εργοστάσια. Η λίστα αυτή συγκρίνεται με το σχέδιο και τη λειτουργία του εργοστασίου. Οι κίνδυνοι εκφράζονται με την παράλειψη συστημάτων ασφαλείας ή χαρακτηριστικών των συστημάτων αυτών.
- **Προκαταρκτική ανάλυση κινδύνων (PHA)** – Κάθε κίνδυνος εντοπίζεται μαζί με τα πιθανά αίτια και τις πιθανές επιπτώσεις. Σημειώνονται προτάσεις ή γνωστά μέτρα προστασίας.
- **Αναθεωρήσεις τύπου υπόθεσης** – Μελέτη ασφαλείας, που θέτει υποθετικά ερωτήματα (προσέγγιση καταιγισμού ιδεών), εκπονείται από έμπειρη ομάδα όσον αφορά σύστημα υδρογονανθράκων ή εξαρτήματά του. Οι κίνδυνοι συνήθως εκφράζονται σε ποιοτικές αριθμητικές σειρές (π.χ. 1 έως 5).
- **HAZOP** – Επίσημη συστηματική μελέτη ασφαλείας όπου οι αποκλίσεις από το αρχικό σχέδιο κάθε εξαρτήματος αναλύονται με βάση τυποποιημένη λίστα. Οι κίνδυνοι εκφράζονται συνήθως με ποιοτικές αριθμητικές σειρές (π.χ. 1 έως 5) που είναι σχετικές μεταξύ τους.
- **Σχετικές τεχνικές ταξινόμησης (Δείκτες επικινδυνότητας DOW και MOND)** – Η μέθοδος αυτή δίνει ποινές και πόντους για κινδύνους και μέτρα προστασίας αντίστοιχα που σημειώνονται σε λίστα. Οι ποινές και οι πόντοι συνδυάζονται σε έναν δείκτη που ορίζει τη σχετική κατάσταση του εργοστασίου με βάση την επικινδυνότητά του.

B. Ποσοτικές αναθεωρήσεις

Οι ποσοτικές αναθεωρήσεις είναι μαθηματικές εκτιμήσεις που βασίζονται σε ιστορικά στοιχεία ή αξιολογήσεις των αποτυχιών πρόβλεψης ατυχημάτων. Οι αναθεωρήσεις του είδους αναφέρονται ενίοτε και ως Ποσοτική Αξιολόγηση Κινδύνου (QRA).

- **Δέντρα συμβάντων (ET)** – Μοντέλο μαθηματικής λογικής που παρουσιάζει μαθηματικά και σχηματικά το συνδυασμό γεγονότων και συνθηκών σε αλληλουχία ατυχημάτων. Εκφράζεται με ετήσια αξιολόγηση.
- **Δέντρα βλαβών (FT)** – Μοντέλο μαθηματικής λογικής που παρουσιάζει μαθηματικά και σχηματικά το συνδυασμό βλαβών που μπορεί να οδηγήσει σε συγκεκριμένη κύρια βλάβη ή ατύχημα. Εκφράζεται με ετήσια αξιολόγηση.

- **Ανάλυση τρόπων και επιπτώσεων βλαβών (FMEA)** - Συστηματική μέθοδος αξιολόγησης των αιτίων και των αποτελεσμάτων γνωστών τύπων βλαβών διαφόρων εξαρτημάτων. Εκφράζεται με ετήσια αξιολόγηση.

Γ. Ειδικές συμπληρωματικές μελέτες

Οι ειδικές μελέτες είναι έρευνες που επιχειρούν να επαληθεύσουν την ικανότητα μιας εγκατάστασης να δράσει αποτελεσματικά σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, γενικά μέσω μαθηματικών εκτιμήσεων. Χρησιμοποιούνται εκτενώς για τη δικαιολόγηση της αναγκαιότητας ή μη ενός συστήματος ασφαλείας. Οι συνηθέστερες μελέτες παρουσιάζονται παρακάτω. Παρόλα αυτά, κάθε εργοστάσιο είναι μοναδικό και μπορεί να έχει τις δικές του ερευνητικές απαιτήσεις (π.χ. για μια υπεράκτια εγκατάσταση θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο πρόσκρουσης πλοίων). Για παράδειγμα, για τις πλατφόρμες μιας απλής, μη επανδρωμένης πηγής που βρίσκεται σε θερμά ρηγά νερά (π.χ. στον Κόλπο του Μεξικού), οι αναλύσεις αυτές είναι σχετικά απλό να γίνουν. Αντίθετα, όπου υπάρχουν επανδρωμένες πλατφόρμες παραγωγής και διαχωρισμού σε βαθιά ψυχρά νερά (π.χ. στη Βόρεια Θάλασσα), οι αναλύσεις αυτές τείνουν να είναι εκτενέστερες.

- **Εκτίμηση διαρροής** – Μαθηματικό μοντέλο της πιθανότητας και της ποσότητας τυχόν διαρροών υδρογονανθράκων που ενδέχεται να προκύψουν από συγκεκριμένες διεργασίες ή τοποθεσίες.
- **Δυνατότητες αποσυμπίεσης και εξαγωγής** – Μαθηματικός υπολογισμός του μεγέθους του συστήματος και του χρόνου που χρειάζονται για να επιτευχθεί αποσυμπίεση αερίων ή υγρών σύμφωνα με τη φιλοσοφία προστασίας της εταιρείας και με τα βιομηχανικά πρότυπα.
- **Διασκορπισμός εύφλεκτου ατμού (CVD)** – Μαθηματική εκτίμηση της πιθανότητας, της τοποθεσίας και της απόστασης διαρροής εύφλεκτων ατμών μέχρι η διάλυσή τους να μειώσει φυσικά τη συγκέντρωση κάτω από το LEL ή μέχρι οι ατμοί αυτοί να θεωρούνται μη αναφλέξιμοι (συνήθως στο 50% του LEL).
- **Υπερπίεση έκρηξης** – Μαθηματική εκτίμηση της ποσότητας της εκρηκτικής υπερπίεσης που μπορεί να αναμένεται σε ατύχημα. Παρουσιάζεται ως ακτίνες υπερπίεσης από το σημείο έναρξης μέχρι τα μεγέθη υπερπίεσης να μην είναι αξιοσημείωτα (δηλαδή κάτω από 0,02 bar). Οι εκτιμήσεις που γίνονται για κλειστούς χώρους αξιολογούν επίσης τα επίπεδα της διαθέσιμης ικανότητας απελευθέρωσης της υπερπίεσης.
- **Επιβίωση των συστημάτων ασφαλείας** – Εκτίμηση της ικανότητας των συστημάτων ασφαλείας να διατηρήσουν την ακεραιότητά τους παρά τις συνέπειες εκρήξεων και πυρκαγιών. (Τα συστήματα ασφαλείας μπορεί να περιλαμβάνουν συστήματα ESD, αποσυμπίεσης, πυροπροστασίας –ενεργά και παθητικά–, επικοινωνίας, τροφοδοσίας με ηλεκτρισμό σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, εκκένωσης, κ.λπ.).
- **Αξιοπιστία του νερού πυρόσβεσης** – Μαθηματικό μοντέλο σχετικό με την ικανότητα του συστήματος πυρόσβεσης να παράσχει νερό όπως απαιτείται από το σχέδιο του συστήματος χωρίς βλάβη (π.χ. μια ανάλυση Μέσου χρόνου μεταξύ βλαβών – MTBF).
- **Μοντέλα πυρός και καπνού** – Μοντέλο μαθηματικής εκτίμησης που παρουσιάζει τη διάρκεια και το εύρος της θερμότητας, της φλόγας και του καπνού που μπορεί να προκύψουν από την ανάφλεξη υδρογονανθράκων. Τα αποτελέσματα αυτών των εκτιμήσεων συγκρίνονται με μηχανισμούς

προστασίας (νερό πυρόσβεσης, πυρίμαχα υλικά, κ.λπ.) που βρίσκονται στην εξεταζόμενη περιοχή για να διαπιστωθεί η επάρκειά τους.

- **Μοντελοποίηση έκτακτης εκκένωσης** – Μελέτη των μηχανισμών, των τοποθεσιών και του χρόνου που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η αποτελεσματική απομάκρυνση όλου του προσωπικού από τοποθεσία ή εγκατάσταση που κινδυνεύει.
- **Ποσοστά θνησιμότητας (FAR) ή Πιθανότητες απώλειας ζώων (PLL)** – Μαθηματική εκτίμηση του επιπέδου θανάτων που ενδέχεται να προκληθούν σε μια τοποθεσία ή εγκατάσταση λόγω της φύσης των εργασιών που πραγματοποιούνται εκεί και των παρεχόμενων μέτρων προστασίας. Μπορεί να υπολογιστεί σε ετήσια βάση ή για το χρόνο ζωής του έργου.
- **Ανάλυση ανθρώπινης αξιοπιστίας (HRA) ή Ανάλυση ανθρωπίνου σφάλματος** – Ανάλυση αξιοπιστίας που εκτιμά την πιθανότητα ανθρωπίνου σφάλματος λόγω του περιβάλλοντος εργασίας, του χειρισμού μηχανημάτων και των απαιτούμενων εργασιών.

Αυτές οι ειδικές αναλύσεις ετοιμάζονται για την ποσοτική ανάλυση κινδύνου και ένα πλήρες σενάριο κινδύνου μπορεί να παρουσιαστεί με τις εκτιμώμενες επιπτώσεις του ατυχήματος.

Επιπλέον ειδικές μελέτες πραγματοποιούνται μερικές φορές για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα, ανάλογα με τον τύπο της επιθεωρούμενης εγκατάστασης:

- Προσκρούσεις ελικοπτέρων, πλοίων και υποβρύχιων δεξαμενών.
- Πιθανότητα πτώσης αντικειμένων (από γεραμούς ή τρυπάνια).
- Ακραίες καιρικές συνθήκες.
- Αξιοπιστία ή ευαισθησία των συστημάτων σταθερότητας, πλευστότητας και προώθησης (για επιπλέουσες εγκαταστάσεις ή δεξαμενές).
- Επιβίωση του προσωρινού ασφαλούς καταφυγίου (TSR).

4.3 Κριτήρια αποδοχής κινδύνου

Ένα αριθμητικό επίπεδο αποδοχής κινδύνου ορίζεται όπου έχει πραγματοποιηθεί ποσοτική αξιολόγηση των πιθανοτήτων και των επιπτώσεων ατυχήματος. Τα έγγραφα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τη διοίκηση για τη δικαιολόγηση δαπανών. Οι τιμές κινδύνου για πολλές βιομηχανίες και καθημερινές δραστηριότητες έχουν δημοσιευτεί και είναι διαθέσιμες για σύγκριση. Η σύγκριση αυτή αποτελεί τη βάση των επιπέδων αποδοχής κινδύνου που έχουν εφαρμοστεί σε διάφορα έργα στη βιομηχανία υδρογονανθράκων.

Συνήθως, τα επίπεδα κινδύνου για συγκεκριμένη πετρελαϊκή εγκατάσταση βασίζονται σε μία από δύο παραμέτρους: το μέσο κίνδυνο για το άτομο (FAR ή PLL) ή τον κίνδυνο καταστροφικού ατυχήματος στις εγκαταστάσεις (QRA). Τα κριτήρια επικινδυνότητας μπορούν να οριστούν με δύο τρόπους: επικινδυνότητα ανά έτος (ετήσια) ή επικινδυνότητα εγκατάστασης (διά βίου). Για λόγους συνέπειας και εξοικείωσης, όλοι οι ποσοτικοποιήσιμοι κίνδυνοι συνήθως ορίζονται ετησίως. Όπου εφαρμόζεται η ανάλυση τιμών για σύγκριση του κόστους επιλογών προστασίας, συνήθως χρησιμοποιείται διά βίου ανάλυση.

Έχει αναγνωρισθεί στη βιομηχανία υδρογονανθράκων ότι ο μέσος κίνδυνος που διατρέχει ένα άτομο σε ένα εργοστάσιο δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τιμή της τάξεως του 1×10^{-3} ανά έτος. Η επικινδυνότητα των εγκαταστάσεων είναι η συνολική συχνότητα που αντιστοιχεί σε κάθε βασικό τύπο ατυχήματος. Παρόμοια, για τις περισσότερες εγκαταστάσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου, η επικινδυνότητα των εγκαταστάσεων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τιμή της τάξης του 1×10^{-4} ανά έτος.

Όπου οι κίνδυνοι είναι υψηλότεροι από το κοινώς αποδεκτό και έχουν εξεταστεί όλα τα μέτρα ως προς την αξία και την πρακτικότητα τους, η αρχή της επικινδυνότητας ισχύει. Όπου τα διαθέσιμα μέτρα προστασίας έχουν εξαντληθεί και τα επίπεδα επικινδυνότητας παραμένουν υψηλότερα από την αποδεκτή αριθμητική τιμή, ο κίνδυνος θεωρείται «Τόσο χαμηλός όσο είναι λογικά πρακτικό» (ALARP).

Στην πετρελαϊκή βιομηχανία οι ασφαλιστές υπολογίζουν συνήθως τις μέγιστες απώλειες που μπορεί να υποστεί ένα εργοστάσιο, υπολογίζοντας μια ενδεχόμενη έκρηξη νέφους ατμού (όπου μπορεί να συμβεί). Εξετάζοντας τις υψηλές πιθανότητες απωλειών από την έκρηξη, ορίζουν ένα μέγιστο επίπεδο επικινδυνότητας και, ακολούθως, την αναγκαία ασφαλιστική κάλυψη.

4.4 Σχετικές και ακριβείς πηγές δεδομένων

Οι μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου θα πρέπει να χρησιμοποιούν δεδομένα σχετικά με την εξεταζόμενη εγκατάσταση. Όπου χρησιμοποιούνται άλλα στοιχεία, θα πρέπει να παρέχεται επεξήγηση που να δικαιολογεί τη χρήση τους. Διαφορετικά, ανακριβείς υποθέσεις θα κυριαρχήσουν στην ανάλυση. Όπου υπάρχουν ακριβή δεδομένα τα ευρήματα της ποσοτικής εκτίμησης κινδύνου είναι γενικά μιας τάξης μεγέθους 10 των πραγματικών επιπέδων επικινδυνότητας, καθώς μια κάποια αβεβαιότητα θα υπάρχει πάντα.

Όλα τα έγγραφα της ποσοτικοποιήσιμης αξιολόγησης θα πρέπει να ετοιμάζονται έτσι ώστε να συμφωνούν με τη φύση ενός φορμάτ «Υπόθεσης ασφαλείας» μιας εγκατάστασης που μπορεί να χρειαστεί να υποβληθεί αργότερα σε κρατικές υπηρεσίες.

Εκτιμήσεις κόστους μπορούν να ετοιμαστούν για την εκτέλεση τμήματος ή του συνόλου της αξιολόγησης κινδύνου για ορισμένη εγκατάσταση με βάση το αναγκαίο ανθρώπινο δυναμικό για κάθε τμήμα της ανάλυσης και το μέγεθος και την περιπλοκότητα της εγκατάστασης.

Κεφάλαιο 5^ο : Διάκριση, διαχωρισμός και διάταξη

Τα βασικότερα μέτρα προστασίας που μπορεί να ληφθούν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας πετρελαίου, φυσικού αερίου ή άλλες παρόμοιες είναι η διάκριση, ο διαχωρισμός και η διάταξη του εξοπλισμού. Κάποιες δημοσιεύσεις τονίζουν ότι ο διαχωρισμός είναι το βασικότερο μέτρο ασφάλειας που μπορεί να παρθεί σε οποιαδήποτε εγκατάσταση. Αυτό ισχύει όσον αφορά την παρεμπόδιση της έκθεσης προσωπικού ή εγκαταστάσεων εκτός της περιοχής ενδιαφέροντος. Δεν είναι όμως πρακτικό στην περίπτωση των μεγάλων εργοστασίων επεξεργασίας και των υπεράκτιων εγκαταστάσεων παραγωγής που σχεδιάζονται και κατασκευάζονται σήμερα. Αναμφίβολα, οι επανδρωμένες θέσεις στις πετρελαϊκές εγκαταστάσεις θα πρέπει να απέχουν όσο το δυνατόν περισσότερο από σημεία μεγάλης επικινδυνότητας. Οι διπλές γραμμές επεξεργασίας, ο μεγάλος αριθμός δοχείων, οι πολλές δεξαμενές αποθήκευσης και οι πολυάριθμες εισερχόμενες και εξερχόμενες σωληνώσεις περιορίζουν τις πιθανότητες απομάκρυνσης κάθε επικίνδυνου σημείου από το διπλανό του.

Η διαδικασία θα είχε επίπτωση και στην αποδοτικότητα των εργασιών και θα αύξανε το κόστος κατασκευής. Η πιο πρακτική προσέγγιση είναι ο συνδυασμός διάκρισης, διαχωρισμού και διάταξης με τρόπο που οδηγεί σε ένα πιο οργανωμένο και αποδεκτό εργοστάσιο επεξεργασίας. Έτσι ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος και εμποδίζεται ο συνωστισμός.

Πιθανή μελλοντική επέκταση θα πρέπει να αξιολογηθεί και να παρασχεθεί χώρος για γνωστές και άγνωστες ανάγκες. Λογική και τακτική επέκταση μπορεί να γίνει αν προβλεφθεί στον αρχικό σχεδιασμό των εγκαταστάσεων. Το βασικό σχέδιο θα πρέπει να παγώσει και να αλλάξει μόνο αν μια ανάλυση επικινδυνότητας των αλλαγών είναι αποδεκτή.

Οι επιφανειακές διαρροές θα πρέπει να εξετάζονται με βάση τη διάταξη του εξοπλισμού. Αν επιφανειακή διαρροή από μια περιοχή προχωρήσει απευθείας σε μια άλλη, το χαρακτηριστικό του διαχωρισμού έχει χαθεί.

5.1 Διάκριση

Διάκριση είναι η ομαδοποίηση παρόμοιων διεργασιών στην ίδια κύρια περιοχή. Έτσι επιτρέπεται μια οικονομική προσέγγιση για την επίτευξη της μέγιστης προστασίας σε όλες τις μονάδες υψηλού κινδύνου, ενώ λιγότερη προστασία παρέχεται όπου υπάρχει εξοπλισμός χαμηλής επικινδυνότητας. Οι διακριτές περιοχές υψηλού κινδύνου μπορούν έπειτα να χωριστούν όσο περισσότερο χρειάζεται από άλλα σημεία των εγκαταστάσεων και από δημόσιους χώρους. Κάποιες υπεράκτιες εγκαταστάσεις που δεν έχουν την πολυτέλεια του χώρου πρέπει να χρησιμοποιούν γενικά τη διάκριση ως το κύριο μέσο προστασίας, το οποίο συμπληρώνεται από φράγματα ανθεκτικά σε πυρκαγιές και εκρήξεις στις περισσότερες περιοχές.

Οι κυριότερες κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται οι εγκαταστάσεις είναι χώροι επεξεργασίας, αποθήκευσης, φόρτωσης, καύσης, τροφοδοσίας με ρεύμα και νερό και διοίκησης. Κάθε κατηγορία μπορεί να υποδιαιρεθεί σε μικρότερες μονάδες χαμηλότερης επικινδυνότητας. Οι κύριες περιοχές θα έχουν τις μέγιστες αποστάσεις, ενώ οι υποδιαιρέσεις τους θα έχουν μικρότερες ανάλογα με το βαθμό προστασίας

που απαιτούν η ευρύτερη περιοχή και οι μικρότερες μονάδες. Οι περισσότεροι σταθμοί επεξεργασίας του πετρελαίου και των χημικών είναι διαταγμένοι με τρόπο συστηματικό από την υποδοχή των πρώτων υλών και την κατασκευή έως την εξαγωγή των τελικών προϊόντων. Η διάταξη αυτή συμπληρώνει τη διάκριση με στόχο την πρόληψη απωλειών. Και οι έλεγχοι του κόστους διάταξης για συνεχείς εργασίες ροής απαιτούν ελαχιστοποίηση της απόστασης μεταξύ του προσωπικού. Η ακριβής τεχνική διεργασία που θα επιλεγεί από τη βιομηχανία υδρογονανθράκων θα επηρεάσει τη γενική διάταξη.

Κάποια από τα τελευταία σχέδια για πλατφόρμες στη Βόρεια Θάλασσα έχουν απομακρύνει ακόμα περισσότερο τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας (διαχωρισμός, συμπίεση αερίου, κ.λ.π.) από τα καταλύματα και τους σταθμούς ηλεκτρικού ρεύματος. Οι μονάδες εξόρυξης βρίσκονται ανάμεσα στις μονάδες επεξεργασίας και ηλεκτροδότησης βάσει του σχετικά χαμηλότερου επιπέδου επικινδυνότητας που χαρακτηρίζει τη διαδικασία εξόρυξης από ορισμένο κοίτασμα.

Τα συστήματα ασφάλειας δεν θα πρέπει να ομαδοποιούνται. Καθένα θα πρέπει να διαφοροποιείται όσο το δυνατόν περισσότερο για να αποφεύγεται η πιθανότητα βλάβης σε ένα σημείο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νερό πυρόσβεσης που θα πρέπει να διοχετεύεται σε αρκετά ξεχωριστά και απομακρυσμένα σημεία.

Οι εκτάσεις με δεξαμενές χωρίζονται συνήθως με βάση τον τύπο και τη λειτουργία των δεξαμενών για οικονομικούς λόγους, πέραν του διαχωρισμού με βάση τα επίπεδα επικινδυνότητας.

5.2 Διαχωρισμός

Έχουν γίνει πολλές αναλύσεις στην πετρελαϊκή βιομηχανία σχετικά με το ποιος είναι ο πιο συνετός πίνακας διαχωρισμού που μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς για τη διάταξη χερσαίας εγκατάστασης. Έχουν γίνει ακόμα και απόπειρες σύγκρισης των πινάκων διαχωρισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί από ξεχωριστές εταιρείες. Έτσι θα μπορούσε να εξασφαλιστεί ένας ενιαίος πίνακας που θα εφαρμοζόταν από όλη τη βιομηχανία. Αν και η ιδέα είναι αξιοθαύμαστη, υπάρχουν αρκετά εμπόδια για την επίτευξη του στόχου.

Πρώτον, οι αυθεντικοί πίνακες των ασφαλιστικών (π.χ. OIL, OIA, IRI, κ.λ.π.), αν και χρησιμοποιούνται ευρέως σε κάποιους τομείς της βιομηχανίας, έχουν βασιστεί σε λίγα επιλεγμένα ιστορικά συμβάντα και δεν φαίνεται να βασίζονται επιστημονικά στις τρέχουσες μεθόδους καθορισμού των ζημιών από εκρήξεις ή πυρκαγιές. Δεν καλύπτουν όλες τις πιθανές διεργασίες παραγωγής. Μπορεί να προβλέπουν περισσότερο ή λιγότερο κενό χώρο σε ορισμένες περιπτώσεις για το είδος του κινδύνου. Δεύτερον, κάποιες εγκαταστάσεις κατασκευάστηκαν πριν από την εφαρμογή των πινάκων, ή τροποποιήθηκαν χωρίς να ληφθούν ιδιαίτερα υπόψη οι πίνακες. Συνεπώς, κάθε μετατόπιση εγκαταστάσεων με βάση τους πίνακες θα κοστίζει πολύ για να εφαρμοστεί εκ των υστέρων. Κάποιες πετρελαϊκές εταιρείες μπορεί επίσης να θεωρήσουν ότι οι τιμές των πινάκων είναι πολύ συντηρητικές. Βασιζόμενες στις δικές τους αναλύσεις, μπορεί να θελήσουν να εφαρμόσουν μικρότερες τιμές. Έρευνα σχετικά με τα περισσότερα βιομηχανικά διαγράμματα έδειξε ότι δεν είναι όλα παρόμοια. Μια προφανής διαφορά υπάρχει μεταξύ των εταιρικών διαγραμμάτων και των προτεινόμενων αποστάσεων από την ασφαλιστική βιομηχανία. Επίσης, επιταγή για κάθε μηχανικό είναι να εξοικονομήσει χώρο και υλικά για να εξασφαλίσει μια λιγότερο δαπανηρή και πιο εύκολη στην κατασκευή της

εγκατάσταση. Πάντα, λοιπόν, θα επιθυμεί να συμπιέσει τους χώρους, ικανοποιώντας παράλληλα τις απαιτήσεις όσον αφορά την πρόληψη απωλειών.

Η ιδανική λύση είναι να γίνει ανάλυση κινδύνου για κάθε αντικείμενο στις εγκαταστάσεις για να οριστεί το μέγιστο πιθανό εύρος πυρκαγιάς και έκρηξης. Οι υπολογισμοί και τα έξοδα για την επίτευξη μιας τέτοιας αποστολής σήμερα δεν φαίνεται να δικαιολογεί μονόπλευρη εφαρμογή σε κάθε τμήμα του εξοπλισμού μιας εγκατάστασης. Συνεπώς, η χρήση πίνακα διαχωρισμού για τη σχεδίαση των εγκαταστάσεων δίνει μια οικονομική και γρήγορη λύση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν υπάρχουν αρκετές επιλογές για τη διάταξη μιας εγκατάστασης. Παρόλα αυτά, βέβαια, σε κάποιες περιπτώσεις η χρήση της ανάλυσης κινδύνου μπορεί να δείξει ότι χρειάζεται λιγότερος χώρος από ό,τι ορίζει το διάγραμμα διαχωρισμού.

Η πρώτη εργασία κατά την εφαρμογή του πίνακα σε μια εγκατάσταση είναι να εξασφαλιστεί ότι αντιστοιχεί στη φιλοσοφία προστασίας της εταιρείας. Όπου υπάρχει περιορισμένος χώρος, θα πρέπει να γίνεται εξέταση των εμποδίων πυροπροστασίας ή του ενεργού συστήματος πυρόσβεσης. Αυτή η ανάλυση θα πρέπει να γίνει δεκτή από την εταιρεία ως μέρος της ανάλυσης επικινδυνότητας του σχεδίου.

Κατά τη διαμόρφωση μιας φιλοσοφίας διαχωρισμού ή κατά την αξιολόγηση εμποδίων πυροπροστασίας ή της αποτελεσματικότητας του συστήματος πυρόσβεσης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετοί βασικοί παράγοντες. Αυτοί περιλαμβάνουν:

- Τον κίνδυνο πυρκαγιάς, έκρηξης και τοξικών αερίων που ενέχουν οι διεργασίες και τα διαχειριζόμενα υλικά.
- Τον όγκο των υλικών που χρησιμοποιείται κατά την επεξεργασία, το πώς τα υλικά αυτά απομονώνονται ή απομακρύνονται σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
- Την αντοχή του δοχείου επεξεργασίας που απαιτείται για διατήρηση της ακεραιότητάς του σε περίπτωση έκθεσης σε πυρκαγιά από υδρογονάνθρακες.
- Τον αριθμό και τη θέση του προσωπικού στις εγκαταστάσεις.
- Τη συγκέντρωση εξοπλισμού σε ορισμένη περιοχή.
- Την κρισιμότητα του εξοπλισμού για τη συνέχιση των εργασιών.
- Πιθανή έκθεση των εγκαταστάσεων σε φωτιά από παρακείμενους κινδύνους.
- Την αποτελεσματικότητα των μέτρων πυροπροστασίας, παθητικών και ενεργητικών.
- Την πιθανότητα η κάμιнос να απελευθερώσει υγρά ή μη αναφλεγμένους καύσιμους ατμούς.

Για να επιτευχθούν τα παραπάνω, συνήθως υιοθετούνται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Οι μεμονωμένες μονάδες επεξεργασίας θα πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση ώστε ατύχημα σε μία από αυτές να έχει ελάχιστη επίπτωση στις άλλες.

Παροχές, όπως ατμός, ηλεκτρικό ρεύμα, νερό πυρόσβεσης, θα πρέπει να προστατεύονται από τις επιπτώσεις ατυχήματος και να συντηρούνται διαρκώς. Όπου υπάρχουν μεγάλες ή κρίσιμης σημασίας εγκαταστάσεις, θα πρέπει να εξεταστεί η παροχή των υπηρεσιών αυτών από δύο ή περισσότερες απομακρυσμένες τοποθεσίες.

Το σημαντικότερο κομμάτι του εξοπλισμού για τη συνέχιση των εργασιών ή η μονάδα μεγαλύτερης αξίας θα πρέπει να χαίρει της μεγαλύτερης προστασίας από άποψη τοποθεσίας και χώρου.

Συνήθως οι επικίνδυνες τοποθεσίες θα πρέπει να βρίσκονται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από άλλες περιοχές του εργοστασίου.

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι γενικές περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν, όπως ο άνεμος και το υψόμετρο, για την καλύτερη απομάκρυνση υγρών ή ατμών που έχουν διαρρεύσει. Ο εξοπλισμός του εργοστασίου δεν θα πρέπει να βρίσκεται όπου θα είναι εκτεθειμένος σε τέτοιες διαρροές.

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη γειτονικοί κίνδυνοι ή παροχές που διασχίζουν το σημείο, όπως σωληνώσεις, σιδηροδρομικές γραμμές, αυτοκινητόδρομοι, καλώδια ηλεκτροδότησης, αεροσκάφη, πλοία (στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις), κ.λπ.

Θα πρέπει να εξασφαλιστεί πρόσβαση σε όλα τα μέρη του εργοστασίου για τα μέσα πυρόσβεσης διάσωσης και εκκένωσης.

Η κάμινος θα πρέπει να τοποθετηθεί στο πιο απομακρυσμένο υπήνεμο σημείο του εργοστασίου.

5.3 Επανδρωμένες εγκαταστάσεις και τοποθεσίες

Το κύριο μέλημα σε κάθε εργοστάσιο πετρελαίου, φυσικού αερίου ή σχετικής λειτουργίας θα πρέπει να είναι η προστασία των υπαλλήλων και του κοινού από τις επιπτώσεις έκρηξης ή πυρκαγιάς. Σε όλες τις περιπτώσεις, τα σημεία που συγκεντρώνουν πολύ κόσμο θα πρέπει να βρίσκονται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση προσήνεμα από τις περιοχές επεξεργασίας ή αποθήκευσης. Όπου αυτό δεν είναι πρακτικά δυνατό, τα επανδρωμένα σημεία θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με συστήματα προστασίας από φωτιά ή εκρήξεις ανάλογα με το βαθμό έκθεσης.

Η θέση των επανδρωμένων σημείων θα πρέπει να αποτελεί την υψηλότερη προτεραιότητα όσον αφορά τη διάταξη του εργοστασίου υδρογονανθράκων. Τα κύρια σημεία όπου μπορεί να συγκεντρώνεται πολύ προσωπικό κοντά σχετικά σε επικίνδυνες περιοχές είναι τα κέντρα ελέγχου και τα καταλύματα στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις.

Τα κέντρα ελέγχου και τα υπεράκτια καταλύματα είναι επίσης τα πιο ευάλωτα σταθερά σημεία όπου μπορεί να σημειωθούν πολλές απώλειες στα εργοστάσια υδρογονανθράκων. Και στα δύο μπορεί να υπάρχει μεγάλος αριθμός υπαλλήλων τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Συνεπώς, θα πρέπει να γίνει ανάλυση επικινδυνότητας και για τα δύο σημεία στο πλαίσιο της σχεδίασης. Δεν υπάρχει άλλος επιτακτικός λόγος αυτά τα δύο να βρίσκονται κοντά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας πέραν του κόστους και της άνεσης του προσωπικού. Ιστορικά στοιχεία έχουν δείξει ότι τα κέντρα ελέγχου και τα καταλύματα στις υπεράκτιες πλατφόρμες μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις επιπτώσεις εκρήξεων, πυρκαγιών και καπνού αν δεν προστατευθούν κατάλληλα.

Η ιδανική περίπτωση για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις είναι να τοποθετηθούν τα καταλύματα σε ξεχωριστή μονάδα, όσο το δυνατόν μακρύτερα από τις μονάδες παραγωγής και την πλατφόρμα εξόρυξης ή τις σωληνώσεις. Στον ίδιο χώρο μπορεί να περιληφθεί και το κέντρο ελέγχου για προστασία του προσωπικού και εξοικονόμηση χρημάτων.

Τα τελευταία σχέδια χερσαίων εγκαταστάσεων έχουν μια κεντρική αίθουσα ελέγχου σε ικανή απόσταση από το χώρο επεξεργασίας και επιμέρους σημεία ελέγχου ως τμήμα ενός καταμερισμένου συστήματος ελέγχου (DCS). Τα επιμέρους σημεία βρίσκονται πλησιέστερα στους χώρους επεξεργασίας, αλλά φιλοξενούν λιγότερο προσωπικό και συστήματα ελέγχου, οπότε τα επίπεδα επικινδυνότητας είναι χαμηλότερα. Τα παρακείμενα κτήρια ελέγχου (που αναφέρονται και ως PIB ή SIH)

πρέπει να βρίσκονται σε σημεία προστατευμένα από τις επιπτώσεις εκρήξεων και πυρκαγιών.

5.4 Χώροι αποθήκευσης – Δεξαμενές

Οι περιοχές δεξαμενών απαιτούν ιδιαίτερη μελέτη όσον αφορά το διαχωρισμό τους τόσο από άλλα επικίνδυνα σημεία όσο και από άλλες δεξαμενές αποθήκευσης. Η ελάχιστη απόσταση κελύφους από κελύφος των δεξαμενών αποθήκευσης παρέχεται από κανονισμούς. Εκεί υπάρχουν και οι απαιτήσεις για τις ελάχιστες αποστάσεις από άλλα σημεία, όπως γειτονικά κτήρια.

Οι αποστάσεις ορίζονται με βάση τα αποθηκευμένα αγαθά, την πίεση, τη θερμοκρασία και τα μέτρα πυροπροστασίας κάθε δεξαμενής. Κάθε παράμετρος προσαρμόζεται στις ελάχιστες απαιτήσεις. Για τις μεγάλες δεξαμενές και αυτές που περιέχουν αργό πετρέλαιο, πετρέλαιο θέρμανσης, πετρελαιοειδή κατάλοιπα, πρέπει να εξετάζονται άλλες απαιτήσεις όσον αφορά τις αποστάσεις. Αυτές περιλαμβάνουν τα εξής:

Όπου οι δεξαμενές υπερβαίνουν τα 45,7 m. σε διάμετρο, η απόσταση μεταξύ τους θα πρέπει να είναι τουλάχιστον το μισό της διαμέτρου της μεγαλύτερης δεξαμενής.

Οι δεξαμενές διαμέτρου 45,7 m. και άνω που περιέχουν αργό πετρέλαιο θα πρέπει να διατάσσονται έτσι ώστε να απέχουν μεταξύ τους μια διάμετρο.

Οι δεξαμενές θερμού πετρελαίου που υπερβαίνουν τους 65,6 °C, εξαιρουμένων των δεξαμενών ασφάλτου και πετρελαιοειδών κατάλοιπων θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους όσο η διάμετρος της μεγαλύτερης δεξαμενής.

Βασικός παράγοντας που ορίζει την τοποθέτηση των δεξαμενών αποθήκευσης είναι η τοπογραφία της περιοχής δεξαμενών. Η κλίση του εδάφους μπορεί να βοηθήσει στην αποστράγγιση περιοχής με κανάλια και στον περιορισμό της συσσώρευσης χυμένων υγρών κοντά σε δεξαμενές αποθήκευσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κανάλια εκτροπής για τη διοχέτευση των διαρροών σε ασφαλή τοποθεσία.

Και οι άνεμοι θα πρέπει να αξιοποιηθούν στο μέγιστο βαθμό. Όπου σχεδιάζονται σειρές δεξαμενών, θα πρέπει να είναι διαταγμένες κάθετα στον άνεμο και όχι παράλληλα. Έτσι ο καπνός και η θερμότητα από πυρκαγιά θα διαλυθούν με μικρότερες επιπτώσεις για τις εγκαταστάσεις.

Η θέση των δεξαμενών αποθήκευσης σε σχέση με τα γειτονικά κτίρια θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με τους ίδιους όρους που αντιμετωπίζεται η έκθεση σε εργασίες διύλισης. Βέβαια, δεν θα πρέπει να αγνοηθεί η έκθεση του κοινού.

5.5 Μονάδες επεξεργασίας

Οι μονάδες που λειτουργούν σε υψηλές πιέσεις ή σε υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, που έχουν μεγάλα αποθέματα εύφλεκτων υγρών πάνω από το ατμοσφαιρικό σημείο βρασμού, ή που επεξεργάζονται τοξικά υλικά είναι πιο επικίνδυνες από άλλες. Ιστορικά στοιχεία για την πετρελαϊκή βιομηχανία δείχνουν ότι αντλίες, συμπιεστές και θερμοστές είναι κοινές πηγές διαρροών και πρέπει να απέχουν όσο είναι πρακτικά δυνατό από πηγές ανάφλεξης και άλλο βασικό εξοπλισμό.

5.6 Κάμινοι

Οι γενικές αρχές για τη θέση των καμίνων θα πρέπει να ορίζονται από τα εξής:

Θα πρέπει να βρίσκονται όσο το δυνατόν μακρύτερα από τις εγκαταστάσεις λόγω των επικινδύνων χαρακτηριστικών τους. Θα πρέπει να απέχουν από περιοχές μεγάλης επικινδυνότητας ή κατοικημένες περιοχές. Προτιμάται τοποθεσία κάθετα στον άνεμο και απομακρυσμένη από κύριες πηγές διαρροής ατμών ή αποθήκες. Η επιλεγμένη τοποθεσία δεν θα πρέπει να επιτρέπει σε υγρά, που μπορεί να εκτοξευθούν από το σύστημα καμίνων, να εκθέτουν τις εγκαταστάσεις σε κίνδυνο. Αυτή η αρχή θα πρέπει να εφαρμόζεται σε κάθε περίπτωση.

Όπου υπάρχουν περισσότερες από μία κάμινοι, η θέση καθεμιάς θα εξαρτηθεί κυρίως από τις ανάγκες λειτουργίας, αλλά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ανάγκη για συντήρηση και ανεξάρτητη λειτουργία.

5.7 Βασικές παροχές και υποστηρικτικά συστήματα

Σε περίπτωση πυρκαγιάς ή έκρηξης, οι βασικές παροχές μπορεί να επηρεαστούν αν δεν προστατεύονται κατάλληλα. Οι παροχές αυτές μπορεί να προσφέρουν κρίσιμης σημασίας υπηρεσίες σε συστήματα έκτακτης ανάγκης που πρέπει να διατηρηθούν. Οι συνηθέστερες αναφέρονται παρακάτω:

Αντλίες νερού πυρόσβεσης

Αρκετά καταστροφικά ατυχήματα λόγω πυρκαγιάς στην πετρελαϊκή βιομηχανία ήταν αποτέλεσμα του ότι οι αντλίες πυρόσβεσης επηρεάστηκαν από τις αρχικές επιπτώσεις του ατυχήματος. Αιτία ήταν κυρίως η τοποθέτηση των αντλιών σε ευπαθή σημεία χωρίς τη λήψη επαρκών προστατευτικών μέτρων και χωρίς την παροχή άλλων εφεδρικών πηγών νερού. Η ανάλυση βλάβης ενός σημείου που αφορά τα συστήματα διανομής νερού πυρόσβεσης είναι αποτελεσματική και μπορεί να γίνει για να εντοπιστούν τυχόν ελλείψεις στο σχεδιασμό. Σε όλες τις τοποθεσίες υψηλού κινδύνου θα πρέπει να διατίθεται νερό πυρόσβεσης από αρκετές απομακρυσμένες πηγές ανεξάρτητες η μία από την άλλη και να υπάρχουν υποστηρικτικά συστήματα παροχών.

Παροχή ρεύματος

Το ηλεκτρικό ρεύμα χρειάζεται για τη λειτουργία όλων των συσκευών ελέγχου έκτακτης ανάγκης. Όπου οι πηγές τροφοδοσίας με ρεύμα ή τα δίκτυα διανομής είναι αναξιόπιστα ή ευπαθή, θα πρέπει να παρέχονται αυτόνομες πηγές για τη λειτουργία των συστημάτων και του εξοπλισμού έκτακτης ανάγκης. Αν δεν προστατεύονται, τα καλώδια τροφοδοσίας, των συσκευών ελέγχου και άλλων οργάνων θα είναι τα πρώτα που θα καταστραφούν από τη φωτιά. Οι προφανέστερες λύσεις είναι οι κινητήρες στις πυροσβεστικές αντλίες, οι μπαταρίες για φωτισμό έκτακτης ανάγκης, κ.λπ. Όπου, όμως, εξαρτήματα ESD βρίσκονται κοντά σε σημεία εκτεθειμένα σε πυρκαγιές ή εκρήξεις, απλές και άμεσες εφεδρικές πηγές τροφοδοσίας παρέχονται συνήθως για μεγαλύτερη αξιοπιστία στη διάρκεια ατυχήματος. Τα σημεία αυτά περιλαμβάνουν βαλβίδες ασφαλείας, τοπικές δεξαμενές αέρα, κ.λπ. Η χωρητικότητα των επιλεγμένων εφεδρικών πηγών θα πρέπει να βασίζεται σε κανονισμούς.

Εγκαταστάσεις επικοινωνίας

Τα συστήματα επικοινωνίας παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ειδοποίηση του προσωπικού και των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης ότι συνέβη σοβαρό ατύχημα. Δεν θα πρέπει να είναι διαταγμένα έτσι ώστε να υπάρχει ένα σημείο βλάβης. Βασικό μέλημα είναι η παροχή εφεδρικής πηγής ρεύματος και απομακρυσμένου εφεδρικού κέντρου ενεργοποίησης και ειδοποίησης.

Ικανότητα πλευστότητας και προώθησης

Οι επιπλέουσες δεξαμενές για υπεράκτιες εργασίες εξασφαλίζουν περιορισμένο κόστος εγκατάστασης, αλλά έχουν αρκετά μειονεκτήματα. Όλες οι επιπλέουσες κατασκευές πρέπει να διασφαλίζουν διατήρηση της πλευστότητας, γιατί διαφορετικά η δεξαμενή μπορεί να βυθιστεί με καταστροφικά αποτελέσματα. Παρόμοια, συστήματα προώθησης παρέχονται σε κάποιες εγκαταστάσεις για την εξασφάλιση σταθερότητας. Όλες οι μεγάλες δεξαμενές πρέπει, βάσει των ασφαλιστικών απαιτήσεων και των ναυτικών κανονισμών, να διατηρούν συστήματα πλευστότητας και σταθερότητας θέσης για να μην επηρεάζονται οι εργασίες. Και τα δύο αυτά συστήματα μπορούν, συνεπώς, να θεωρούνται σημαντικά υποστηρικτικά μέσα και πρέπει να αξιολογούνται για τη λήψη μέτρων προστασίας και ελέγχου των απωλειών.

Αεραγωγοί

Οι αεραγωγοί προς συστήματα θέρμανσης και εξαερισμού, συμπιεστές για την εισαγωγή αέρα για τη γραμμή επεξεργασίας, τα όργανα και το προσωπικό, και προς τους κινητήρες συμπιεστών αερίων, γεννητριών ρεύματος και αντλιών θα πρέπει να βρίσκονται όσο το δυνατόν μακρύτερα από πηγές μόλυνσης με σκόνη, τοξικά και εύφλεκτα υλικά. Δεν θα πρέπει επίσης να βρίσκονται σε περιοχές με ηλεκτρικούς πίνακες. Αν είναι κοντά σε σημεία επικίνδυνα για διαρροή ατμών (όπως έχει επιβεβαιωθεί από την ανάλυση διασκορπισμού), θα πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με συσκευές ανίχνευσης τοξικών ή εύφλεκτων αερίων που θα προειδοποιούν για τυχόν κίνδυνο και θα απομονώνουν τους αγωγούς του εισερχόμενου αέρα.

5.8 Ζώνες πυρός

Οι πετρελαϊκές εγκαταστάσεις που βρίσκονται τόσο σε χερσαία εδάφη όσο και υπεράκτια μπορούν να χωριστούν σε «ζώνες πυρός». Πρόκειται για περιοχές όπου υπάρχει το ενδεχόμενο πυρκαγιάς και όπου η φωτιά μπορεί να περιοριστεί αρκεί όλα τα συστήματα ασφάλειας και έκτακτης ανάγκης να λειτουργούν και η διάταξη του χώρου να συμφωνεί με το αρχικό σχέδιο διαχωρισμού που είχε σαν στόχο να εμποδίσει την εξάπλωση της φωτιάς. Οι ζώνες αυτές βασίζονται ουσιαστικά στα σημεία όπου μπορεί να προκύψει πυρκαγιά από διαρροή υγρών ή από διαρροή αερίων υπό υψηλή πίεση. Με τον τρόπο αυτό συγγενεύουν με τα σχέδια των περιοχών ηλεκτρικών πινάκων που ορίζουν τα σημεία όπου μπορεί να υπάρχουν ατμοί. Γενικά, όμως, είναι μικρότερες. Τα σχέδια των ζωνών πυρός βοηθούν στον καθορισμό των περιοχών που χρειάζονται ειδικά μέτρα προστασίας, όπως επαρκή πυροπροστασία, συστήματα νερού πυρόσβεσης, εγκαταστάσεις αποστράγγισης, κ.λπ.

5.9 Διάταξη

Διάταξη είναι ο προσανατολισμός και η σύνθεση του εξοπλισμού στις εγκαταστάσεις. Κύριο μέλημα, μακράν, είναι η διάταξη δοχείων, στηλών, δεξαμενών

και γραμμών επεξεργασίας που περιέχουν μεγάλο όγκο εύφλεκτων υλικών, ειδικά σε υψηλές πιέσεις ή θερμοκρασίες. Για να καλυφθούν οι ανάγκες του ελέγχου απωλειών αλλά και να διατηρηθούν οι εργασίες, τα σημεία μεγάλης επικινδυνότητας διατάσσονται έτσι ώστε να μην κλείνονται ποτέ εντελώς από άλλα παρόμοια. Κάποιο εμπόδιο για την πυρκαγιά (συνήθως ένας δρόμος ή σειρές σωληνώσεων, ή ακόμα και ανοιχτά συστήματα αποστράγγισης) παρέχεται σαν οικονομική και βολική μέθοδος διαχωρισμού και διάταξης χώρων επεξεργασίας ή αποθήκευσης. Η πιθανή απώλεια κοινών σωληνώσεων είναι μηδαμινή μπροστά στην απώλεια δεξαμενών ή εξοπλισμού υψηλής τεχνολογίας.

Οι δεξαμενές θα πρέπει να είναι συγκεντρωμένες έτσι ώστε να μην υπάρχουν περισσότερες από δύο σειρές σε περιοχές με κανάλια που διαθέτουν δρόμους για άμεση πρόσβαση της πυροσβεστικής. Οι μεγάλες δεξαμενές σε αυτές τις περιοχές θα πρέπει να διαθέτουν κανάλια αποστράγγισης σαν μέσο προστασίας από τυχόν διαρροές. Όταν υπάρχει μικρός αριθμός δεξαμενών, οι επιπτώσεις είναι μικρότερες και συνεπώς ο οικονομικός κίνδυνος χαμηλότερος. Σε αυτή την περίπτωση, μπορεί να μην υπάρχουν ενδιάμεσα κανάλια.

Μια δεξαμενή υψηλής πίεσης δεν θα πρέπει ποτέ να είναι «προσανατολισμένη» σε επανδρωμένες ή κρίσιμης σημασίας εγκαταστάσεις ή άλλα συστήματα αποθήκευσης, καθώς στη περίπτωση του φαινομένου BLEVE τα άκρα της δεξαμενής θα εκτοξευθούν προς την ευπαθή περιοχή. Σαν επιπλέον μέτρο ασφαλείας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ορισμένες περιπτώσεις σφαιροειδείς δεξαμενές διαχωρισμού αντί για οριζόντιες δεξαμενές πίεσης. Έτσι μειώνεται η πιθανότητα να προκύψει το φαινόμενο BLEVE.

Οι σωληνώσεις συνήθως διαιρούν τις εγκαταστάσεις σε κύριες περιοχές. Για οικονομία και διευκόλυνση των εργασιών, είναι συνήθως διαταγμένες σε έναν κεντρικό διάδρομο. Ο διάδρομος αυτός χωρίζει, από τη φύση του, τις εγκαταστάσεις σε μονάδες ή περιοχές επεξεργασίας.

5.10 Πρόσβαση στις εγκαταστάσεις

Η κύρια οδός πρόσβασης στις εγκαταστάσεις θα πρέπει να βρίσκεται κατά προτίμηση στην προσήνεμη πλευρά, ενώ δευτερεύοντα σημεία εισόδου θα πρέπει να υπάρχουν στα σημεία διασταύρωσης των ανέμων. Οι τοποθεσίες αυτές θα πρέπει επίσης να βρίσκονται σχετικά ψηλότερα από το χώρο επεξεργασίας, έτσι ώστε πιθανές διαρροές να μην εμποδίζουν την πρόσβαση εξωτερικής βοήθειας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο σημεία πρόσβασης σε κάθε εργοστάσιο.

Πίνακας 1 : Σύγκριση πινάκων διαχωρισμού βιομηχανίας και ασφαλιστικών

Απαιτήσεις χώρου	Προτάσεις ασφαλιστικών (IRI)	Μέση τιμή στην πετρελαϊκή βιομηχανία*	Διαφορά από τις προτάσεις των ασφαλιστικών	Μέση απόσταση για όλα
Κέντρο ελέγχου με συμπίεστή	100	93	-7	90
Διακόπτες με συμπίεστή	100	65	-35	68
Δεξαμενή επεξεργασίας με συμπίεστή	100	61	-39	111
Δεξαμενές αποθήκευσης με συμπίεστή	250	126	-124	155
Δεξαμενές αποθήκευσης με καμίλους	300	158	-142	178
Δεξαμενές αποθήκευσης με δοχεία	250	100	-150	150
Δεξαμενές αποθήκευσης με πυροδοτούμενο εξοπλισμό	350	125	-225	150
Δοχεία πίεσης με πυροδοτούμενο εξοπλισμό	300	108	-198	131
Κέντρο ελέγχου με πυροδοτούμενο εξοπλισμό	50	78	+28	70
Κέντρο ελέγχου με δεξαμενή αποθήκευσης	250	145	-105	168

Κεφάλαιο 6° : Έλεγχος πηγών ανάφλεξης

Στην πετρελαϊκή βιομηχανία, κάθε διαρροή μπορεί να δημιουργήσει εκρηκτική ατμόσφαιρα. Για την προστασία τόσο του προσωπικού όσο και του εργοστασίου, πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι η ατμόσφαιρα δεν μπορεί να αναφλεγεί. Γενικά, αναγνωρίζεται ότι υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες πηγών ανάφλεξης στα εργοστάσια υδρογονανθράκων: οι ανοιχτές φλόγες, οι θερμές επιφάνειες και οι σπινθήρες. Για να προστατευθούν οι εγκαταστάσεις, θα πρέπει να τοποθετηθούν εμπόδια ανάμεσα σε αυτές τις πηγές ανάφλεξης και σε υλικά που μπορούν να αναφλεγούν άμεσα αν έρθουν σε επαφή μαζί τους. Η ικανότητα των πηγών αυτών να πυροδοτήσουν κάποιο υλικό εξαρτάται από τη διαθέσιμη ενέργεια και τη διαμόρφωσή τους.

6.1 Ανοιχτές φλόγες, εργασίες συγκόλλησης και κάπνισμα

Οι ανοιχτές φλόγες στα εργοστάσια υδρογονανθράκων συνήθως απαντούν σε περιοχές όπου γίνονται εργασίες συγκόλλησης, όπου επιτρέπεται το κάπνισμα, ή στις κάμινους. Ο Κανονισμός δίνει οδηγίες για τη διεξαγωγή των εργασιών κοπής και συγκόλλησης. Επιπλέον, όλα τα εργοστάσια πετρελαίου πρέπει να διαθέτουν συγκεκριμένους χώρους όπου επιτρέπεται το κάπνισμα. Και οι δύο αυτές πηγές συνήθως ελέγχονται με τη λήψη μέτρων και το διαχωρισμό των περιοχών. Παρόμοια, οι κάμινοι βρίσκονται σε σημεία όπου υπάρχει μικρότερη πιθανότητα ανάφλεξης ατμού που έχει διαρρεύσει.

6.2 Ηλεκτρικές διατάξεις

Τα ηλεκτρικά συστήματα και εξαρτήματα του εργοστασίου αποτελούν πηγή ανάφλεξης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδρογονανθράκων όπου το σχέδιο, οι εγκαταστάσεις, ή η συντήρηση δεν είναι κατάλληλα. Τα ηλεκτρικά συστήματα ή εξαρτήματα μπορεί να βραχυκυκλώσουν, να υπερθερμανθούν, να παρουσιάσουν βλάβη, κ.λπ. Τα προβλήματα αυτά μπορεί να προκαλέσουν ανάφλεξη ατμών που έχουν διαρρεύσει στα εργοστάσια υδρογονανθράκων. Όλες οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να συμμορφώνονται με αναγνωρισμένα βιομηχανικά πρότυπα.

Ταξινόμηση περιοχών ηλεκτρικού εξοπλισμού

Σκοπός της ταξινόμησης των περιοχών ηλεκτρικού εξοπλισμού είναι η προστασία του προσωπικού και του εξοπλισμού. Αυτό επιτυγχάνεται με την απομάκρυνση των ηλεκτρικών πηγών ανάφλεξης από εύφλεκτα αέρια ή ατμούς που θα μπορούσαν να προκαλέσουν έκρηξη ή πυρκαγιά. Οι λόγοι για την ταξινόμηση των εγκαταστάσεων σε επικίνδυνες ηλεκτρικές περιοχές είναι συνήθως:

1. Η εξασφάλιση ότι οι πηγές ανάφλεξης είναι διαχωρισμένες από πηγές εύφλεκτων υγρών και αερίων.

2. Η εξασφάλιση ότι ο ηλεκτρικός εξοπλισμός που έχει επιλεγεί για χρήση κοντά σε εύφλεκτα υγρά και αέρια είναι κατάλληλα σχεδιασμένος και κατασκευασμένος έτσι ώστε να εμποδίζει τις αναφλέξεις.
3. Η προστασία των αεραγωγών συστημάτων εξαερισμού και εξοπλισμού ανάφλεξης.
4. Ο καθορισμός της απόστασης που μπορούν να καλύψουν οι εύφλεκτοι ατμοί από αεραγωγούς ή άλλες ανοιχτές πηγές υδρογονανθράκων.
5. Η ενίσχυση των ανιχνευτών εύφλεκτων αερίων και του εξοπλισμού ανίχνευσης πυρός.
6. Η τοποθέτηση συσκευών προστασίας και σημείων ελέγχου για ραδιενέργεια ή κέντρων έκτακτης ανάγκης σε ασφαλείς περιοχές, όπου είναι πρακτικό.
7. Η επίτευξη οικονομικής ηλεκτρικής εγκατάστασης που θα παράσχει αποδεκτά επίπεδα ασφάλειας με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι αν οι πηγές ανάφλεξης δεν αφαιρούνταν, αλλά υπήρχαν στους χώρους επεξεργασίας υδρογονανθράκων, οι διαρροές θα αναφλέγονταν αμέσως, εμποδίζοντας το σχηματισμό μεγάλων νεφών ατμού. Αν αυτές οι διαρροές εμπλέκονται στην ανάφλεξη, το καύσιμο καταναλώνεται, εμποδίζοντας έτσι σημαντικές καταστροφές από πυρκαγιές και την τοποθέτηση εξοπλισμού προστατευόμενου από εκρήξεις.

Θα πρέπει να θυμόμαστε ότι οι διαρροές μπορεί να είναι μεγάλες ή μικρές και να κατευθύνονται προς άπειρες κατευθύνσεις, οπότε μπορεί να προκύψουν σημαντικές διαρροές καυσίμων ακόμα και εκεί όπου υπάρχουν πηγές ανάφλεξης. Επίσης πολλά ατυχήματα με μεγάλες διαρροές δεν ακολουθήθηκαν από ανάφλεξη, παρότι οι πηγές ανάφλεξης δεν είχαν αφαιρεθεί από την περιοχή. Συνεπώς, θα πρέπει να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα για να αποφεύγεται η ανάφλεξη υγρών υδρογονανθράκων ή ατμών, όπου είναι δυνατό.

Για να μπορεί ο ηλεκτρικός εξοπλισμός να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια σε πιθανώς εκρηκτικές ατμόσφαιρες, έχουν αναπτυχθεί διάφορες, αν και παρόμοιες μεταξύ τους, τεχνικές καθορισμού επικίνδυνων περιοχών με τα χρόνια από διάφορους οργανισμούς. Ποικίλα διεθνή και εθνικά πρότυπα ή κώδικες πρακτικής διέπουν καθεμιά από αυτές τις τεχνικές. Αυτές οι μέθοδοι ορίζουν πώς πρέπει να σχεδιαστεί και να χρησιμοποιηθεί ο εξοπλισμός. Σώματα πιστοποίησης εξασφαλίζουν ότι ένα ορισμένο σχέδιο ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου ή του κώδικα. Βασικό μέλημα των τεχνικών αυτών είναι ο ορισμός της «επικίνδυνης περιοχής» όπου μπορεί να απαντηθεί εύφλεκτο αέριο ή ατμός με βάση τη συγκέντρωση αερίων ή υγρών και τη διάταξη του εξοπλισμού ή της εγκατάστασης. Στόχος των ταξινομήσεων των επικίνδυνων περιοχών είναι να περιοριστεί η πιθανότητα ηλεκτρικής ανάφλεξης εύφλεκτων ατμών και αερίων. Αυτό επιτυγχάνεται με τον περιορισμό των τύπων ηλεκτρικού εξοπλισμού που μπορεί να είναι εγκατεστημένοι στις περιοχές όπου μπορεί να υπάρχουν εύφλεκτοι ατμοί ή αέρια για οποιαδήποτε χρονική περίοδο. Τα επικίνδυνα σημεία ορίζονται στην περίπτωση της αμερικανικής πετρελαϊκής βιομηχανίας από το Άρθρο 500 του National Electrical Code (NFPA 70), καθώς και από τα American Petroleum Institute Recommended Practice (RP) 500 και NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code. Υπάρχουν κι άλλοι διεθνείς κώδικες και πρότυπα που μπορεί να ορίζουν διαφορετικές προδιαγραφές. Όλες οι χώρες στη δυτική Ευρώπη συμμορφώνονται με τα πρότυπα CENELEC. Τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) εκδίδουν Πιστοποιητικά συμμόρφωσης με αυτά τα πρότυπα και αποδέχονται προϊόντα και συστήματα πιστοποιημένα από άλλα μέλη. Άλλες χώρες έχουν τα δικά τους πρότυπα που βασίζονται στο IEC-79

(Αυστραλία, Βραζιλία, Ιαπωνία, Ρωσία) ή δέχονται προϊόντα και συστήματα πιστοποιημένα με βάση τα ευρωπαϊκά ή τα αμερικανικά πρότυπα.

Κάποιες διεθνώς αναγνωρισμένες υπηρεσίες εξέτασης εξοπλισμού σε επικίνδυνα σημεία περιλαμβάνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1 : Αναγνωρισμένες διεθνείς υπηρεσίες έγκρισης της ταξινόμησης ηλεκτρικού εξοπλισμού

Χώρα	Ονομασία	Υπηρεσία έγκρισης
Βέλγιο	INIEX	Institut National des Industries Extractives
Καναδάς	CSA	Canadian Standards Association
Γαλλία	CHERCHAR	Centre d' Etudes et Recherches de Carbonnages de France
Γαλλία	LCIE	Laboratoire Central des Industries Electriques
Γερμανία	PTB	Physickalisch Technische Bundensanstalt
Ιταλία	CESI	Centro Elettrotecnico Sperimetale Italiano
Ελβετία	SEV	Schweizerrischer Electrotechnischer Verein
Μ. Βρετανία	BASEEFA	British Approvals Service for Electrical Equipment in Flammable Atmospheres
ΗΠΑ	FM	Factory Mutual Research Corporation
ΗΠΑ	UL	Underwriters Laboratories, Inc.

Οι απλές συσκευές που δεν παράγουν ή αποθηκεύσουν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς πιστοποίηση. Περιλαμβάνουν θερμοστοιχεία, αισθητήρες αντίστασης, LED και κάποιους ειδικούς διακόπτες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα συνδεδεμένα μεταξύ τους καλώδια μπορεί να αποθηκεύουν ενέργεια και να την απελευθερώσουν ξαφνικά σε περίπτωση βλάβης. Η πιστοποίηση κάθε συσκευής διεπαφής ορίζει τις μέγιστες επιτρεπτές «παραμέτρους καλωδίων». Οι συσκευές διεπαφής σχεδιάζονται συνήθως να δέχονται μακριά καλώδια και στην πράξη σπάνια παρουσιάζονται προβλήματα (αν και ο χρήστης πρέπει να κάνει έλεγχο).

Στις ΗΠΑ η ταξινόμηση των περιοχών ηλεκτρικού εξοπλισμού για τις πετρελαϊκές εγκαταστάσεις συνήθως καθορίζεται από τα NEC (NFPA 70), API 500 και NFPA 30 που είναι παρόμοια σε περιεχόμενο.

- **Κατηγορία I:** Αέρια και ατμοί
- **Τμήμα 1:** Αέρια και ατμοί υπάρχουν συνήθως
- **Τμήμα 2:** Τα αέρια και οι ατμοί περιορίζονται

Οι Κατηγορίες I, II και III χρησιμοποιούνται επίσης από το NFPA για την ταξινόμηση ορισμένων υλικών με βάση τα σημεία ανάφλεξης. Τα υλικά των Κατηγοριών II και III γενικά δεν παράγουν αρκετούς ατμούς για να χρειάζονται εξέταση στην περίπτωση των περιοχών ηλεκτρικού εξοπλισμού. Έτσι, οι περιοχές καθορίζονται μόνο με βάση τα εύφλεκτα υλικά της Κατηγορίας I.

Τα εύφλεκτα υλικά διαχωρίζονται επίσης με βάση την ενέργεια σπινθήρα που χρειάζεται για την ανάφλεξή τους.

- **Ομάδα Α:** Ασετυλίνη
- **Ομάδα Β:** Υδρογόνο και καύσιμα αέρια που περιέχουν πάνω από 30% υδρογόνο, βουταδιένιο, οξειδίο του αιθυλενίου, οξειδίο του προπυλενίου και ακρολεΐνη
- **Ομάδα Γ:** Αιθυλαιθέρας, αιθυλένιο ή αέρια αντίστοιχης επικινδυνότητας
- **Ομάδα Δ:** Ακετόνη, αμμωνία, βενζόλιο, βουτάνιο, κυκλοπροπάνιο, αιθανόλη, βενζίνη, εξάνιο, μεθανόλη, φυσικό αέριο, νάφθα, προπάνιο, ή αέρια ή ατμοί αντίστοιχης επικινδυνότητας

6.3 Όρια επιφανειακής θερμοκρασίας

Οι συσκευές των επικίνδυνων περιοχών ταξινομούνται με βάση τη μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία που παράγεται σε συνθήκες βλάβης σε θερμοκρασία ατμόσφαιρας 40 °C ή διαφορετική αν υπάρχει σχετική ένδειξη. Κάποιες τοποθεσίες στην έρημο μπορεί να έχουν θερμοκρασία περιβάλλοντος υψηλότερη από τους 40 °C. Υπό αυτές τις συνθήκες θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες προσαρμογές.

<u>Κατηγορία</u>	<u>Βαθμοί Κελσίου</u>
T1	450
T2	300
T2A	280
T2B	260
T2C	230
T2D	215
T3	200
T3A	180
T3B	165
T3C	160
T4	135
T4A	120
T5	100
T6	85

Οι περιοχές Κατηγορίας II και III είναι για Σκόνη και Ίνες αντίστοιχα και συνήθως δεν χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία υδρογονανθράκων.

6.4 Ταξινομημένες τοποθεσίες και πηγές διαρροών

Κάποιες από τις χαρακτηριστικές ταξινομημένες τοποθεσίες παρατίθενται παρακάτω (όταν υπάρχουν υδρογονάνθρακες):

- Έξοδοι βαλβίδων εκτόνωσης (αν η εκτόνωση είναι στην ατμόσφαιρα)
- Πώματα σε αντλίες και συμπιεστές
- Φλάντζες σωληνώσεων και μίσχοι βαλβίδων
- Σπειροειδή εξαρτήματα που δεν είναι συγκολλημένα

- Σταθμοί δειγματοσμού με αερόφρενο
- Ανθρωποθυρίδες και σωληνώσεις προς δεξαμενές
- Σωληνώσεις προς εξοπλισμό
- Οπές εξαερισμού και αποστράγγισης που σχετίζονται με υγρούς ή αέριους υδρογονάνθρακες
- Περιοχές που σχετίζονται με αντλίες υδρογονανθράκων που συνορεύουν με τρεις τοίχους (όπου οι τοίχοι έχουν ύψος 1 m ή και περισσότερο)
- Χαντάκια αποστράγγισης, φρεάτια, τάφροι και σχετικές απομακρυσμένες λεκάνες συγκράτησης
- Λάκκοι, συλλέκτες λάσπης, ανοιχτές τάφροι και άλλες χαμηλές τοποθεσίες σε επικίνδυνες περιοχές
- Εργαστήρια, αγωγοί διέλευσης καλωδίων και αποθήκες όπου γίνεται επεξεργασία υδρογονανθράκων
- Συστήματα αποχέτευσης πετρελαιούχου νερού βαρύτητας και πίεσης
- Εγκαταστάσεις φόρτωσης πλοίων, τρένων και φορτηγών
- Δεξαμενές αποθήκευσης για εύφλεκτα υγρά
- Σωληνώσεις που συνορεύουν με υπερυψωμένους δρόμους ή τοιχώματα καναλιών ύψους 1 m ή και περισσότερο και στις δύο πλευρές
- Σταθμοί σωληνώσεων
- Γεωτρύπανα εξόρυξης και επιδιόρθωσης (συμπεριλαμβανομένων των λάκκων λάσπης)
- Υπόγειες δεξαμενές ή κλειστοί συλλέκτες λάσπης (για συλλογή των πτητικών υγρών)
- Κοντέινερ και φορητές δεξαμενές για αποθήκευση
- Κοντέινερ και φορητές δεξαμενές για σταθμούς πλήρωσης
- Σταθμοί απαλλαγής από βενζίνη και επιδιορθώσεων
- Βυτιοφόρα οχήματα για πτητικά υγρά
- Εγκαταστάσεις παροχής ρεύματος έκτακτης ανάγκης – Συστήματα εξάτμισης αίθουσας μπαταριών (αν υπάρχουν μη σφραγισμένες μπαταρίες)
- Αίθουσες αναλυτών
- Επεξεργασία λυμάτων (μονάδες επίπλευσης με αέρα και βιολογικής οξείδωσης)
- Πύργοι ψύξης (διαχείριση του νερού από το χώρο επεξεργασίας)

6.5 Μέτρα προστασίας

- **Εξοπλισμός προστατευμένος από εκρήξεις**
Οι ηλεκτρικές συσκευές που βρίσκονται σε περιοχές που μπορεί να περιέχουν πηγή ανάφλεξης ατμών υδρογονανθράκων καθορίζονται έτσι ώστε να αποφεύγονται τέτοια ατυχήματα και μπορούν να χαρακτηριστούν «προστατευμένες από εκρήξεις». Ο χαρακτηρισμός αυτός σημαίνει ότι μια συσκευή μπορεί να αντέξει σε έκρηξη ορισμένου αερίου ή ατμού που μπορεί να προκύψει στο εσωτερικό της και να εμποδίσει την ανάφλεξη ορισμένου αερίου ή ατμού που την περιβάλλει. Διάφοροι κλειστοί χώροι, συσκευές σφράγισης και μηχανισμοί χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα για κάθε τμήμα του εξοπλισμού.

- **Εγγενώς ασφαλής εξοπλισμός**

Η εγγενής ασφάλεια βασίζεται στην αρχή του περιορισμού της ηλεκτρικής ενέργειας που είναι διαθέσιμη σε κυκλώματα επικίνδυνων περιοχών. Τυχόν σπινθήρες ή θερμές επιφάνειες που μπορεί να προκύψουν σαν αποτέλεσμα ηλεκτρικής βλάβης είναι πολύ αδύναμα για να προκαλέσουν ανάφλεξη. Η χρήσιμη ενέργεια είναι περίπου 1 watt, αρκετή για τα περισσότερα σύγχρονα όργανα. Παρέχει επίσης παράγοντα ασφάλειας του προσωπικού καθώς οι τάσεις είναι χαμηλές και ο εξοπλισμός μπορεί να συντηρείται και να βαθμονομείται χωρίς την ανάγκη επαλήθευσης ότι το περιβάλλον είναι ελεύθερο από αέρια. Ηλεκτρικά εξαρτήματα και συσκευές μπορούν να κατασκευαστούν έτσι ώστε να είναι εγγενώς ασφαλή και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές όπου μπορεί να υπάρχουν εύφλεκτα αέρια ή ατμοί.

- **Ερμητικά σφραγισμένος ηλεκτρικός εξοπλισμός**

Ορισμένος ηλεκτρικός εξοπλισμός μπορεί να κατασκευαστεί έτσι ώστε τα εσωτερικά εξαρτήματά του να είναι εντελώς σφραγισμένα. Έτσι μειώνεται η πιθανότητα εξαρτήματα ηλεκτρικού τόξου ή κυκλώματα να έρθουν σε επαφή με εύφλεκτους ατμούς ή αέρια.

- **Καθαρισμός**

Οι θήκες ηλεκτρικού εξοπλισμού μπορούν να καθαρίζονται με ένα αδρανές αέριο ή με αέρα που ρέει με ρυθμό ικανό να διαλύει την ατμόσφαιρα γύρω από ενεργό κύκλωμα έτσι ώστε τα αέρια που έχουν διαρρεύσει να απομακρύνονται και να μην αναφλέγονται.

Στις εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε επικίνδυνες τοποθεσίες και όπου η παροχή ηλεκτρικού εξοπλισμού είναι απαγορευτική οικονομικά ή τεχνικά αδύνατη, συνήθως δημιουργείται χώρος δημιουργίας πίεσης. Ο συμπιεσμένος αέρας παρέχεται από ασφαλή πηγή με συσκευές ανίχνευσης αερίων για προειδοποίηση και απενεργοποίηση. Οι είσοδοι εξοπλίζονται με παγίδες αέρα που επιτρέπουν την είσοδο επικίνδυνων ατμών μόνο όταν ανοιχτούν. Οι παγίδες αέρα θα πρέπει να διαθέτουν εξαερισμό για τον διασκορπισμό τυχόν συσσωρευμένων ατμών.

Οι κλειστοί χώροι μπορούν να θεωρούνται επαρκώς εξαεριζόμενοι όταν πληρούν μια από τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- (1) Ο ρυθμός εξαερισμού είναι τουλάχιστον τετραπλάσιος από αυτόν που απαιτείται για τη διάλυση διαρροών 25% κάτω του LEL όπως ορίζεται από λεπτομερείς υπολογισμούς για τους κλειστούς χώρους.
- (2) Ο κλειστός χώρος αερίζεται έξι φορές ανά ώρα με τεχνητά (μηχανικά) μέσα.
- (3) Αν χρησιμοποιείται φυσικός εξαερισμός, πρέπει να γίνονται 12 αλλαγές του αέρα ανά ώρα.
- (4) Ο χώρος δεν ορίζεται ως «κλειστός».

- **Μετατόπιση συσκευών**

Πολλές φορές μπορεί να είναι ευκολότερο να μετακινηθεί ο ηλεκτρικός εξοπλισμός έξω από την επικίνδυνη περιοχή αντί να δαπανηθούν επιπλέον χρήματα για την προστασία του από εκρήξεις. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι κινητήρες εσωτερικής καύσης δεν έχουν προδιαγραφές προστασίας από επικίνδυνες ατμόσφαιρες.

- **Επιφανειακές θερμοκρασίες**

Η επιφανειακή θερμοκρασία εκτεθειμένου εξοπλισμού μπορεί να αποτελέσει πηγή ανάφλεξης σε εργοστάσια υδρογονανθράκων. Οι θερμές επιφάνειες θα πρέπει να είναι μονωμένες, να ψύχονται ή να μετατοπίζονται όταν αποτελούν απειλή ανάφλεξης. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός θα πρέπει να έχει προδιαγραφές λειτουργίας κάτω από τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης του αερίου ή του ατμού που μπορεί να διαρρεύσει στο χώρο.

- **Στατικός ηλεκτρισμός**

Ο στατικός ηλεκτρικός μπορεί να σχηματιστεί σε διάφορα σημεία των χώρων επεξεργασίας, αποθήκευσης και εργασιών μεταφοράς στα εργοστάσια υδρογονανθράκων. Πειραματικές δοκιμές έχουν δείξει ότι οι κορεσμένοι ατμοί και τα αέρια υδρογονανθράκων (υπό κανονικές συνθήκες) θα αναφλεγούν όταν απελευθερωθεί ενέργεια σπινθηρισμού περίπου 0,25 milli-joule. Ορισμένα αέρια έχουν ακόμα χαμηλότερες ελάχιστες ενέργειες, όπως φαίνεται παρακάτω.

Ø Μεθάνιο	0,29
Ø Προπάνιο	0,25
Ø Κυκλοπροπάνιο	0,18
Ø Αιθυλένιο	0,08
Ø Ασετυλίνη	0,017
Ø Υδρογόνο	0,017

Η βασική απαίτηση όσον αφορά την προστασία από τις επιπτώσεις του στατικού ηλεκτρισμού μπορεί να διακριθεί σε τρεις τομείς:

- (1) Εντοπισμός πιθανών σημείων συσσώρευσης στατικού ηλεκτρισμού.
- (2) Μέτρα περιορισμού του ρυθμού παραγωγής του στατικού ηλεκτρισμού.
- (3) Μέσα για τη διάλυση συσσωρευμένων φορτίων στατικού ηλεκτρισμού.

Τα κύρια μέσα παραγωγής στατικού ηλεκτρισμού στα εργοστάσια υδρογονανθράκων είναι:

- Ø Υγρά ή αέρια που περιέχουν ακαθαρσίες ή σωματίδια
- Ø Ψεκαζόμενα υγρά
- Ø Εργασίες ανάμειξης υγρών
- Ø Μετακινούμενα μηχανήματα
- Ø Προσωπικό

Αν ένα αέριο περιέχει υγρά, υδρατμούς ή στερεά σωματίδια, όπως σωματίδια σκουριάς ή σκόνης, μπορεί να δημιουργηθεί φορτίο στατικού ηλεκτρισμού.

Γενικά, ο στατικός ηλεκτρισμός μπορεί να αντιμετωπιστεί ή να ελεγχθεί με αρκετές βασικές προσεγγίσεις – ένωση, γείωση και ελεγχόμενη παραγωγή.

Η ένωση προσπαθεί να επιτύχει κοινό ηλεκτρικό δυναμικό σε όλο τον εξοπλισμό έτσι ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα συσσώρευσης φορτίου.

Τα περισσότερα, αν όχι όλα, τα εργοστάσια υδρογονανθράκων διαθέτουν γείωση. Βασικός στόχος της είναι να περιορίζει τις επιπτώσεις της διάβρωσης από φορτία, αλλά χρησιμεύει και σαν μέσο διάχυσης ηλεκτρικών φορτίων που θα μπορούσαν να αποτελέσουν πηγή ανάφλεξης. Η γείωση είναι η διαδικασία ηλεκτρικής ένωσης ενός ή περισσότερων αγώγιμων αντικειμένων με το έδαφος.

- **Κεραυνοί**

Οι κεραυνοί θεωρούνται γενικά μορφή στατικού ηλεκτρισμού που αποβάλλεται από σωματίδια στην ατμόσφαιρα. Έχουν καταγραφεί πολλές περιπτώσεις πυρκαγιών σε εργοστάσια υδρογονανθράκων που προκλήθηκαν από κεραυνούς, ειδικά σε δεξαμενές αποθήκευσης. Οι απαιτήσεις ορίζουν ότι αν ο εξοπλισμός, οι δεξαμενές επεξεργασίας και οι στήλες των δεξαμενών έχουν κατασκευαστεί κατάλληλα και με την απαραίτητη γείωση και δεν απελευθερώνουν εύφλεκτους ατμούς, δεν χρειάζεται άλλος μηχανισμός προστασίας από τους κεραυνούς. Αυτό ισχύει και για τις κάμινους, τους αεραγωγούς και τις μεταλλικές καμινάδες λόγω της φύσης της κατασκευής τους και του είδους της γείωσης.

Καθώς οι περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης απελευθερώνουν εύφλεκτους ατμούς από αεραγωγούς και σημεία σφράγισης, είναι πιθανόν να δώσουν πυρκαγιές σε περίπτωση που χτυπηθούν από κεραυνό. Η κοινή ευρωπαϊκή πρακτική είναι η παροχή αλεξικέραυνων στο ψηλότερο δοχείο των εγκαταστάσεων για την κάλυψη όλου του εργοστασίου.

Τα απευθείας χτυπήματα κεραυνών μπορούν να αναφλέξουν το εύφλεκτο περιεχόμενο δεξαμενών κωνικής οροφής, εκτός κι αν η οροφή προστατεύεται. Οι δεξαμενές πλωτής οροφής μπορεί να αναφλεγούν έμμεσα όταν γίνονται αλλαγές στην οροφή από χτύπημα κεραυνού σε μικρή απόσταση. Οι δεξαμενές πλωτής οροφής προστατεύονται συνήθως από ανάφλεξη από κεραυνό με ένωση της πλωτής οροφής με τα πέλματα σε διαστήματα όχι μικρότερα των 3 m, με χρήση μονωτικού τμήματος στους συνδέσμους, με την κάλυψη των αιχμηρών σημείων με μονωτικό υλικό και με την εγκατάσταση ενώσεων κατά μήκος κάθε συνδέσμου.

Τα κτήρια που έχουν ύψος πάνω από 15,2 m. και περιέχουν εύφλεκτα υγρά σε μεγάλες ποσότητες ή εκρηκτικά υλικά θα πρέπει να διαθέτουν μέτρα προστασίας από κεραυνούς βάσει των απαιτήσεων των διεθνών κανονισμών.

Τα πλοία με χαλύβδινες καρίνες ή ιστούς έχουν υποστεί ελάχιστες ή και καθόλου ζημιές από κεραυνούς και δεν χρειάζονται ειδικά μέτρα προστασίας. Κατά τη φόρτωση ή εκφόρτωση δεξαμενών, είναι συνήθης πρακτική να αναστέλλονται οι εργασίες και να κλείνονται όλες οι οπές που επικοινωνούν με δεξαμενές κατά τη διάρκεια καταιγίδων με κεραυνούς.

- **Κινητήρες εσωτερικής καύσης**

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης διαθέτουν αρκετά χαρακτηριστικά που μπορούν να προκαλέσουν την ανάφλεξη ατμών υδρογονανθράκων. Το προφανέστερο είναι ότι αποβάλλουν θερμά καυσαέρια που μπορούν να αναφλέξουν τους ατμούς. Δεύτερον, έχουν θερμές επιφάνειες (κυρίως το συλλέκτη και τις σωληνώσεις της εξάτμισης). Τέλος, τα όργανα και οι συσκευές ανάφλεξης μπορεί να μην πληρούν τις προδιαγραφές για χρήση σε χώρο όπου μπορεί να υπάρχουν εύφλεκτα αέρια.

- **Αποσβεστήρας σπινθήρων**

Οι αποσβεστήρες σπινθήρων τοποθετούνται σε χώρους όπου οι σπινθήρες μπορεί να αποτελούν κίνδυνο για το περιβάλλον. Οι εξατμίσεις των κινητήρων εσωτερικής καύσης, οι καπνοδόχοι αποτεφρωτών και οι καμινάδες αποτελούν συνήθη παραδείγματα. Οι συσκευές του είδους αποτελούνται συνήθως από υλικό διαλογής που εμποδίζει τη διέλευση σπινθήρων στην ατμόσφαιρα.

- **Εργαλεία χειρός**

Το API έχει εξετάσει την αναγκαιότητα εργαλείων χειρός που δεν παράγουν σπινθήρες και τον πιθανό κίνδυνο ανάφλεξης. Κατέληξε στο ότι τα εργαλεία χειρός του είδους δεν θα μείωναν σημαντικά το ενδεχόμενο ανάφλεξης. Οι εργασίες με εργαλεία χειρός στις περισσότερες περιπτώσεις δεν παράγουν αρκετή ενέργεια για ανάφλεξη, ενώ και η πιθανότητα ταυτόχρονης απελευθέρωσης αερίων και παραγωγής σπινθήρων από εργαλεία χειρός θεωρείται πολύ μικρή.

Κεφάλαιο 7^ο :Ανίχνευση πυρός και αερίων και συστήματα συναγερμού

Διάφορα απλά και πιο περίπλοκα συστήματα ανίχνευσης πυρός και αερίων διατίθενται για την έγκαιρη ανίχνευση και προειδοποίηση σχετικά με διαρροή υδρογονανθράκων και συμπληρώνουν τα όργανα επεξεργασίας και τους συναγερμούς. Ο γενικός στόχος των συστημάτων ανίχνευσης πυρός και αερίων είναι να προειδοποιήσουν για πιθανά ατυχήματα που μπορεί να είναι απειλητικά για τη ζωή των εργαζομένων αλλά και για τις εγκαταστάσεις και τις διαδικασίες λειτουργίας.

Τα χειριστήρια και τα όργανα επεξεργασίας παρέχουν πληροφορίες μόνο σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στο σύστημα λειτουργίας τους. Δεν αναφέρουν ούτε ελέγχουν συνθήκες που δεν έχουν να κάνουν με την άρτια λειτουργία. Τα συστήματα ανίχνευσης πυρός και αερίων συμπληρώνουν τα συστήματα ελέγχου της επεξεργασίας με εξωτερικά όργανα που προειδοποιούν σχετικά με συνθήκες που θα ήταν πιθανώς βλαβερές αν επικρατούσαν στο περιβάλλον επεξεργασίας. Τα συστήματα ανίχνευσης πυρός και αερίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιβεβαίωση μετρήσεων ή για την αναφορά συνθηκών που τα όργανα επεξεργασίας δεν είναι σε θέση να αναφέρουν επαρκώς ή και καθόλου.

7.1 Μέθοδοι ανίχνευσης πυρός και καπνού και ανθρώπινη επιτήρηση

Οι ατμοί των υδρογονανθράκων καίγονται αμέσως με θερμοκρασίες φλόγας αρκετά υψηλότερες από αυτές των κοινών καύσιμων υλικών. Για το λόγο αυτό, οι ζημιές από τις πυρκαγιές υδρογονανθράκων είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές μιας κοινής πυρκαγιάς. Στόχος των συστημάτων ανίχνευσης πυρός για την πετρελαϊκή βιομηχανία είναι να ανιχνεύουν γρήγορα την πυρκαγιά όπου υπάρχει προσωπικό και ζωτικής σημασίας εξοπλισμός. Όταν ανιχνευθεί η φωτιά, το προσωπικό ειδοποιείται να εκκενώσει το χώρο, ενώ λαμβάνονται μέτρα ελέγχου και κατάσβεσης της φωτιάς.

Το ανθρώπινο δυναμικό είναι συνήθως η πρώτη γραμμή επιτήρησης και άμυνας σε κάθε εργοστάσιο. Η περιοδική ή μόνιμη επιτήρηση της λειτουργίας από χειριστές επιτρέπει την προσεκτική παρατήρηση και αναφορά όλων των δραστηριοτήτων εντός των εγκαταστάσεων. Οι αισθήσεις του ανθρώπου είναι οξυμένες σε βαθμό που δεν έχει κατασταθεί δυνατή η αντιγραφή τους από συσκευές ή σύνθετους μηχανισμούς επιτήρησης. Άρα το ανθρώπινο δυναμικό είναι πολυτιμότερο όσον αφορά την επιτήρηση της απόδοσης απ' ό,τι τα συστήματα ελέγχου λειτουργίας.

Θα πρέπει να θυμόμαστε, όμως, ότι ο άνθρωπος έχει επίσης την τάση να πανικοβάλλεται σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, οπότε μπορεί να είναι αναξιόπιστη πηγή σε ορισμένες περιπτώσεις. Οι καταστάσεις πανικού και σύγχυσης μπορούν να αντιμετωπιστούν με την κατάλληλη εκπαίδευση και την αυστηρή επιλογή προσωπικού.

7.2 Χειροκίνητο σημείο κλήσης (Manual Activation Callpoint)/ Χειροκίνητος συναγερμός (Manual Pull Station)- Τηλεφωνική αναφορά- Φορητοί ραδιοπομποί

Απλοί διακόπτες που μπορούν να ενεργοποιηθούν χειροκίνητα μπορούν να θεωρούνται συναγερμοί πυρός. Χρησιμοποιούνται μοντέλα που συνήθως απαιτούν τη χρήση αρκετής δύναμης για να αποφεύγονται ατυχήματα και ψεύτικοι συναγερμοί. Οι διακόπτες των συναγερμών πυρκαγιάς ρυθμίζονται συνήθως με ειδικά εργαλεία για να μπορεί να εντοπίζεται η πηγή του συναγερμού, αλλά τα σύγχρονα συστήματα αναφοράς καθιστούν τη λειτουργία αυτή παρωχημένη.

Οι συσκευές που ενεργοποιούνται χειροκίνητα συνήθως τοποθετούνται στις κύριες οδούς διαφυγής. Συνήθως επιλέγεται η κύρια έξοδος κινδύνου, καθώς και οι περιφερειακές οδοί εκκένωσης και τα κύρια σημεία συγκέντρωσης.

Όλα τα σημεία όπου υπάρχουν τηλέφωνα μπορούν να θεωρούνται κέντρα ειδοποίησης. Τηλέφωνα μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν στις εγκαταστάσεις, αλλά μπορεί να επηρεαστούν από τους θορύβους και τις επιπτώσεις πυρκαγιάς ή έκρηξης. Επιπλέον, οι πληροφορίες που μεταφέρονται προφορικά μπορεί εύκολα να παρανοηθούν σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Η ταυτόχρονη χρήση του τηλεφωνικού συστήματος σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης μπορεί επίσης να προκαλέσει υπερφόρτωση και αδυναμία σύνδεσης.

Το προσωπικό συνήθως διαθέτει φορητούς ραδιοπομπούς στα μεγάλα εργοστάσια. Οι ραδιοπομποί έχουν τα ίδια μειονεκτήματα με τα τηλέφωνα, αλλά προσφέρουν το πλεονέκτημα της φορητότητας για διαρκή επικοινωνία.

7.3 Ανιχνευτές καπνού

Οι ανιχνευτές καπνού χρησιμοποιούνται όπου ο τύπος της πυρκαγιάς και η προστασία του εξοπλισμού επιβάλλουν ταχύτερο χρόνο απόκρισης από αυτό των ανιχνευτών θερμότητας. Ο ανιχνευτής καπνού ανιχνεύει την παραγωγή των αόρατων και των ορατών προϊόντων της καύσης προτού οι αλλαγές στη θερμοκρασία να είναι τέτοιες ώστε να ενεργοποιηθούν οι ανιχνευτές θερμότητας. Η ικανότητα του ανιχνευτή καπνού να εντοπίσει τη φωτιά εξαρτάται από την άνοδο, τη διάχυση, το ρυθμό καύσης, την πυκνότητα και την κίνηση του καπνού στον αέρα. Όπου η ασφάλεια του προσωπικού είναι προτεραιότητα, είναι απαραίτητη η ανίχνευση της φωτιάς στα πρώτα στάδια λόγω της παραγωγής τοξικών αερίων, της έλλειψης οξυγόνου και της κάλυψης των εξόδων κινδύνου που μπορεί να προκύψουν. Τα συστήματα ανίχνευσης καπνού θα πρέπει να εξετάζονται σαν πιθανή λύση όπου ισχύουν τα παραπάνω.

α) Ιονισμός

Οι ανιχνευτές ιονισμού και πυρήνων συμπύκνωσης ενεργοποιούνται από την παρουσία αόρατων προϊόντων καύσης. Οι περισσότεροι βιομηχανικοί ανιχνευτές ιονισμού είναι διπλού θαλάμου. Ο ένας θάλαμος είναι θάλαμος δείγματος και ο άλλος θάλαμος αναφοράς. Τα προϊόντα καύσης εισέρχονται στον εξωτερικό θάλαμο του ανιχνευτή ιονισμού και διαταράσσουν την ισορροπία μεταξύ των θαλάμων ιονισμού με αποτέλεσμα να ενεργοποιείται ένας πολύ ευαίσθητος ψυχρός καθοδικός σωλήνας που, με τη σειρά του, ενεργοποιεί το συναγερμό. Ο ιονισμός του αέρα στους θαλάμους προκαλείται από ραδιενεργό πηγή. Τα σωματίδια καπνού εμποδίζουν τη

διαδικασία ιονισμού και έτσι ενεργοποιείται ο συναγερμός. Οι ανιχνευτές πυρήνων συμπύκνωσης λειτουργούν με βάση την αρχή του θαλάμου νέφους που επιτρέπει στα αόρατα σωματίδια να ανιχνεύονται με οπτικές τεχνικές. Είναι αποτελεσματικότεροι σε φωτιές κατηγορίας A (κοινά καύσιμα) και κατηγορίας C (ηλεκτρικές).

β) Φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές

Οι φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές είναι τύπου σποτ ή διάχυσης φωτός. Τα ορατά προϊόντα καύσης σκοτεινιάζουν, εν μέρει, ή αντανακλούν μια ακτίνα φωτός ανάμεσα στην πηγή τους και ένα φωτοηλεκτρικό σημείο υποδοχής. Η διαταραχή της φωτεινής πηγής ανιχνεύεται από τη μονάδα του δέκτη και έτσι ενεργοποιείται ο συναγερμός. Οι φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές ενδείκνυνται για σημεία όπου θα παραχθούν ορατά προϊόντα καπνού. Χρησιμοποιούνται ενίοτε και σε σημεία όπου άλλοι τύποι ανίχνευσης καπνού είναι πολύ ευαίσθητοι στα αόρατα προϊόντα της καύσης που παράγονται στην περιοχή στα πλαίσια της κανονικής λειτουργίας, όπως σε γκαράζ, κάμινους, συγκολλητήρια, κ.λπ.

γ) Διπλού θαλάμου

Συνδυασμοί φωτοηλεκτρικών ανιχνευτών και ανιχνευτών ιονισμού που λειτουργούν όπως περιγράφηκε παραπάνω. Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση λανθανουσών πυρκαγιών ή πυρκαγιών ταχύτατης εξάπλωσης.

δ) Συστήματα VESDA (Very Early Smoke Detection and Alarm)

Τα συστήματα ανίχνευσης καπνού υψηλής ευαισθησίας αποτελούν την καλύτερη επιλογή για ταχεία ανίχνευση καπνού σε καταστάσεις όπου υπάρχει ζωτικής σημασίας εξοπλισμός ή υψηλή ροή αέρα. Το σύστημα VESDA είναι βασικά μια αντλία αναρρόφησης με αγωγούς συλλογής που χρησιμοποιεί οπτική συσκευή ανίχνευσης καπνού για να εντοπίσει τυχόν δείγματα σωματιδίων καπνού. Καθώς συλλέγει δείγματα αέρα από την προστατευόμενη περιοχή, ανιχνεύει τον καπνό πολύ ταχύτερα από τους κοινούς ανιχνευτές που πρέπει να περιμένουν ο καπνός να φτάσει σε αυτούς. Οι σωλήνες δειγματοσμού πρέπει να προστατεύονται από μηχανικές βλάβες και τις αρχικές επιπτώσεις των ατυχημάτων. Στην πετρελαϊκή βιομηχανία, τα συστήματα VESDA χρησιμοποιούνται συνήθως στο εσωτερικό σημείων ελέγχου ηλεκτρικών ή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων ή σε χώρους από όπου ελέγχονται ζωτικής σημασίας δραστηριότητες επεξεργασίας πετρελαίου ή φυσικού αερίου.

7.4 Ανιχνευτές θερμότητας ή θερμικοί

Οι ανιχνευτές θερμότητας ή θερμικοί ανιχνευτές αντιδρούν στην εκπομπή ενέργειας από τη φωτιά με τη μορφή θερμότητας. Τα συνήθη μέσα που ενεργοποιούν τον ανιχνευτή είναι ρεύματα θερμού αέρα ή προϊόντα καύσης ή ακτινοβολία. Καθώς αυτά τα μέσα ενεργοποίησης χρειάζονται κάποιο χρόνο για να φτάσουν στους θερμικούς ανιχνευτές, αυτοί οι τελευταίοι αργούν να αντιδράσουν σε περίπτωση πυρκαγιάς σε σύγκριση με κάποια άλλα συστήματα ανίχνευσης.

Υπάρχουν δύο κοινοί τύποι ανιχνευτών θερμότητας: σταθερής θερμοκρασίας και ρυθμού ανόδου. Και οι δύο βασίζονται στη θερμότητα της φωτιάς για να ενεργοποιήσουν συσκευή εκπομπής σήματος. Οι ανιχνευτές σταθερής θερμοκρασίας ειδοποιούν όταν η θερμοκρασία αυξάνεται με ρυθμό που υπερβαίνει μια προκαθορισμένη τιμή. Οι συσκευές ρυθμού ανόδου μπορούν να ρυθμιστούν να

λειτουργούν γρήγορα, είναι αποτελεσματικές σε μια μεγάλη γκάμα θερμοκρασιών περιβάλλοντος, συνήθως αναρρυθμίζονται γρήγορα και μπορούν να αντέξουν την αργή άνοδο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος χωρίς να ενεργοποιήσουν το συναγερμό. Οι συνδυαστικοί ανιχνευτές σταθερής θερμοκρασίας και ρυθμού ανόδου ανταποκρίνονται απευθείας στην ταχεία άνοδο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος που προκαλείται από τη φωτιά, αντέχουν την αργή άνοδο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος χωρίς να ενεργοποιήσουν το συναγερμό και αναρρυθμίζονται αυτόματα σε περίπτωση πτώσης της θερμοκρασίας.

Οι ανιχνευτές θερμότητας είναι γενικά πιο αξιόπιστοι από τους άλλους τύπους ανιχνευτών πυρός, γεγονός που περιορίζει τους λάθος συναγερμούς. Ενεργοποιούνται πιο αργά από άλλες συσκευές ανίχνευσης και θα πρέπει να εξετάζονται για εγκατάσταση μόνο όπου η ταχύτητα ενεργοποίησης δεν θεωρείται κρίσιμης σημασίας, ή σαν συμπλήρωμα άλλων συσκευών πυρανίχνευσης. Έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι κατάλληλοι για εξωτερικούς χώρους, αλλά και το μειονέκτημα ότι δεν ανιχνεύουν τα σωμάτια καπνού ή τις ορατές φλόγες.

Κάποια από τα συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν γραμμικά και να καλύπτουν μια μεγάλη διαδρομή ή να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένα σημεία. Ένα μειονέκτημα μετά την εγκατάσταση είναι ότι συχνά βάφονται μαζί με τους τοίχους, είναι αρκετά ευπαθή ή το τηκόμενο στοιχείο τους υφίσταται αλλαγή στη θερμοκρασία ενεργοποίησης μετά από ένα διάστημα.

Οι ανιχνευτές θερμότητας ενεργοποιούνται είτε με την τήξη υλικού, είτε με αλλαγές στο ηλεκτρικό ρεύμα που διοχετεύεται σε διμεταλλικά ελάσματα, με την καταστροφή της συσκευής από τη θερμότητα, ή με την ανίχνευση ανόδου της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Ακολουθούν κάποιες από τις πιο συνηθισμένες συσκευές ανίχνευσης θερμότητας που διατίθενται στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία υδρογονανθράκων.

- Εύκαμπτες πλαστικές σωληνώσεις (πνευματικό σύστημα)
- Τηκόμενη οπτική ίνα
- Διμεταλλικό σύρμα ή έλασμα
- Τηκόμενο βύσμα (πνευματική απελευθέρωση πίεσης)
- Κουαρτσοειδής λυχνία (πνευματική απελευθέρωση πίεσης)
- Τηκόμενος σύνδεσμος (υπό τάση με ελατήριο)
- Ανιχνευτής σταθερής θερμοκρασίας
- Ανιχνευτής ρυθμού ανόδου
- Αποκατάστασης ρυθμού
- Συνδυασμός ανιχνευτή ρυθμού ανόδου και σταθερής θερμοκρασίας

Σε σπάνιες περιπτώσεις, ένα τεντωμένο ελατήριο, συνδεδεμένο με διακόπτη πίεσης, παρέχεται σαν μέσο ανίχνευσης πάνω από την περιοχή σφράγισης ατμού δεξαμενής πλωτού καλύμματος. Αν και η μέθοδος αυτή θεωρείται πρωτόγονη και φθηνή, είναι πιο αποτελεσματική και ευεργετική από την απουσία μέσου ανίχνευσης.

7.5 Οπτικοί ανιχνευτές φλόγας

Οι ανιχνευτές φλόγας ενεργοποιούν συναγερμό παρουσία φωτός από φλόγες συνήθως στο υπεριώδες ή το υπέρυθρο φάσμα. Ρυθμίζονται να ανιχνεύουν το

χαρακτηριστικό τρεμόσβημα της φλόγας. Μπορεί να είναι εξοπλισμένοι με όργανα καθυστέρησης για να αποφεύγονται οι λάθος συναγερμοί από περαστικές πηγές φωτός που τρεμοπαίζουν.

Υπάρχουν έξι τύποι οπτικών ανιχνευτών που χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου.

1. Υπεριώδης (UV)
2. Υπέρυθρος μονής συχνότητας (IR)
3. Υπέρυθρος διπλής συχνότητας (IR/IR)
4. Υπεριώδης/υπέρυθρος – απλής επιλογής (UV/IR)
5. Υπεριώδης/υπέρυθρος – μέτρηση αναλογίας (UV/IR)
6. Πολυφασματικός

Καθένας από τους πέντε τύπους ανιχνευτών που αναφέρονται έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και ενδείκνυται περισσότερο ή λιγότερο για μια ορισμένη εφαρμογή ή συγκεκριμένο κίνδυνο. Δεν υπάρχει ενιαίο πρότυπο απόδοσης για τους ανιχνευτές φλόγας όπως αυτό που υπάρχει για τους ανιχνευτές καπνού. Η ανίχνευση φλόγας από κάθε μοντέλο πρέπει να αναλυθεί με βάση τις τεχνικές προδιαγραφές.

α) Υπεριώδης (UV) ανιχνευτής

Ανταποκρίνεται στα σχετικά χαμηλά επίπεδα ενέργειας που παράγονται σε μήκη κύματος μεταξύ 0,185 και 0,245 μικρών. Αυτό το μήκος κύματος βρίσκεται εκτός του ορατού από τον άνθρωπο φάσματος και εκτός αυτού του ηλιακού φωτός.

Πλεονεκτήματα :

Ο υπεριώδης ανιχνευτής είναι γενικά ένας ανιχνευτής για όλες τις δουλειές. Αντιδρά στα περισσότερα καιγόμενα υλικά, αλλά με διαφορετικό ρυθμό απόκρισης. Μπορεί να είναι ταχύτετος, με απόκριση κάτω των 12 millisecond σε ειδικές εφαρμογές (π.χ. χειρισμό εκρηκτικών). Αδιαφορεί γενικά για τα φυσικά χαρακτηριστικά της φλόγας και δεν χρειάζεται να αντιληφθεί «τρεμόσβημα» για να δώσει σήμα. Δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από εναπόθεση πάγου στο φακό του. Ειδικές μονάδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θερμοκρασίες ύψους έως και 125 °C. Τα θερμά μελανά σώματα (στάσιμα ή δονούμενα) συνήθως δεν αποτελούν πρόβλημα. Η συσκευή δεν λαμβάνει την ηλιακή ακτινοβολία και δεν επηρεάζεται από τις περισσότερες μορφές τεχνητού φωτός. Αυτόματη λειτουργία δοκιμής μπορεί να ρυθμιστεί ή η συσκευή να εξεταστεί με την τοποθέτηση πηγής σε αποστάσεις άνω των 10 μ. από τον ανιχνευτή. Τα περισσότερα μοντέλα ρυθμίζονται όσον αφορά την ευαισθησία στις φλόγες ή το χρόνο καθυστέρησης.

Μειονεκτήματα :

Αντιδρά σε ηλεκτρικά τόξα κατά τη διάρκεια εργασιών συγκόλλησης. Μπορεί να επηρεαστεί από εναποθέσεις λιπαρών ουσιών στο φακό που μειώνουν την ικανότητά της συσκευής να «δει» τη φωτιά. Οι κεραυνοί μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα λάθος συναγερμού. Κάποιοι ατμοί, και συνηθέστερα αυτοί με ακόρεστους δεσμούς, μπορεί να προκαλέσουν εξασθένηση του σήματος. Ο καπνός προκαλεί μείωση του επιπέδου του σήματος στη διάρκεια πυρκαγιάς. Η συσκευή ενδέχεται, τέλος, να ενεργοποιήσει εσφαλμένα το συναγερμό όταν βρεθεί εκτεθειμένη σε άλλες μορφές ακτινοβολίας, όπως κατά τη διάρκεια εργασιών δοκιμής.

β) Υπέρυθροι (IR) ανιχνευτές μονής συχνότητας

Οι ανιχνευτές του είδους αντιδρούν σε υπέρυθρες εκπομπές από το στενό φάσμα CO₂ στα 4,4 μικρά. Απαιτεί να πληρείται διάκριση συχνότητας όσον αφορά το τρεμόσβημα μεταξύ 2 και 10 Hz.

Πλεονεκτήματα :

Αντιδρά καλά σε μεγάλη γκάμα πυρκαγιών από υδρογονάνθρακες και δεν επηρεάζεται από τόξα συγκόλλησης εκτός από όταν αυτά βρίσκονται πολύ κοντά στον ανιχνευτή. Μπορεί να δει μέσα από καπνό και άλλους μολυσματικούς παράγοντες που θα τύφλωναν τον ανιχνευτή UV. Γενικά, αγνοεί κεραυνούς, ηλεκτρικά τόξα και άλλες μορφές ακτινοβολίας. Δεν αντιλαμβάνεται την ηλιακή ακτινοβολία και είναι ανθεκτικός στις περισσότερες μορφές τεχνητού φωτισμού.

Μειονεκτήματα :

Υπάρχουν λίγα μοντέλα με δυνατότητα αυτόματης δοκιμής. Η δοκιμή συνήθως περιορίζεται στην ύψωση συσκευών μόλις 2m από τον ανιχνευτή ή απευθείας πάνω στη μονάδα δοκιμής του φακού. Η συσκευή μπορεί να μη λειτουργήσει αν σχηματιστεί πάχος πάνω στο φακό. Είναι ευαίσθητη σε εκπομπές από μελανά σώματα. Οι περισσότεροι ανιχνευτές έχουν συγκεκριμένες ευαισθησίες. Το στάνταρ είναι κάτω από πέντε δευτερόλεπτα σε πυρκαγιές από πετρέλαιο 0,1 m² σε απόσταση 20 m από τη συσκευή. Οι χρόνοι απόκρισης αυξάνονται καθώς μεγαλώνει η απόσταση. Οι ανιχνευτές αυτοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σημεία όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος μπορεί να φτάσει τους 75 °C. Αντέχουν στους μολυσματικούς παράγοντες που επηρεάζουν τους ανιχνευτές UV. Η απόκρισή τους εξαρτάται από το αν οι φλόγες τρεμοπαίζουν, οπότε οι φλόγες από αέριο υψηλής πίεσης μπορεί να ανιχνεύονται δύσκολα.

γ) Υπέρυθροι (IR/IR) ανιχνευτές διπλής ή πολλαπλής συχνότητας

Οι ανιχνευτές του είδους αντιδρούν σε υπέρυθρες εκπομπές σε τουλάχιστον δύο μήκη κύματος. Συνήθως, ορίζεται μια αναφορά CO₂ στα 4,45 μικρά και ένα δεύτερο κανάλι αναφοράς που βρίσκεται μακριά από τα μήκη κύματος CO₂ και H₂O. Τα δύο σήματα που λαμβάνονται από τη συσκευή πρέπει να επιβεβαιώνονται και να είναι συγχρονισμένα και η μεταξύ τους αναλογία να είναι η σωστή.

Πλεονεκτήματα :

Αποκρίνονται ικανοποιητικά σε μεγάλη γκάμα πυρκαγιών από υδρογονάνθρακες και δεν επηρεάζονται από τόξα συγκόλλησης. Μπορούν να ανιχνεύουν φωτιές μέσω του καπνού και άλλων μολυσματικών παραγόντων, αλλά η λήψη σήματος θα είναι μειωμένη. Γενικά, αγνοούν τους κεραυνούς και τα ηλεκτρικά τόξα. Αντιμετωπίζουν ελάχιστα προβλήματα με την ηλιακή και την τεχνητή ακτινοβολία. Είναι ευαίσθητοι στη σταθερή ή τροποποιούμενη ακτινοβολία μελανών σωμάτων. Αυτά τα μοντέλα ανιχνευτών χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα απόρριψης λάθος συναγερμών.

Μειονεκτήματα :

Οι ανιχνευτές με πλήρη ικανότητα απόρριψης μελανών σωμάτων είναι συνήθως λιγότερο ευαίσθητοι στη φωτιά από τους υπέρυθρους οπτικούς ανιχνευτές μονής συχνότητας. Καθώς η διάκριση μεταξύ των πηγών (φωτιά ή μη) εξαρτάται από ανάλυση της σχέσης μεταξύ φωτιάς και συχνοτήτων αναφοράς, υπάρχει διακύμανση

στο ποσοστό απόρριψης μελανών σωμάτων που επιτυγχάνεται. Ο βαθμός απόρριψης της ακτινοβολίας μελανών σωμάτων κάθε ανιχνευτή είναι αντιστρόφως ανάλογος της ικανότητάς του να ανιχνεύει τη φωτιά. Οι ανιχνευτές περιορίζονται σε εφαρμογές που έχουν να κάνουν με υδρογονάνθρακες.

δ) Υπεριώδεις/Υπέρυθροι (UV/IR) ανιχνευτές

Υπάρχουν δύο τύποι ανιχνευτών στην κατηγορία UV/IR. Και οι δύο αποκρίνονται σε συχνότητες στο μήκος κύματος UV και IR στο μήκος κύματος CO₂. Και στους δύο τύπους η ταυτόχρονη παρουσία των σημάτων UV και IR απαιτείται για την ενεργοποίηση του συναγερμού. Στη συσκευή απλής επιλογής, ο συναγερμός ενεργοποιείται όταν ισχύουν και οι δύο συνθήκες. Στη συσκευή αναλογίας, πρέπει να επιτυγχάνεται ορισμένη αναλογία μεταξύ του επιπέδου του λαμβανόμενου σήματος UV και του λαμβανόμενου σήματος IR για να ενεργοποιηθεί ο συναγερμός.

Πλεονεκτήματα :

Οι ανιχνευτές του είδους αποκρίνονται καλά σε μεγάλη γκάμα πυρκαγιών από υδρογονάνθρακες και δεν επηρεάζονται από τόξα συγκόλλησης ή ηλεκτρικά. Υπάρχουν ελάχιστα προβλήματα με άλλες μορφές ακτινοβολίας. Οι συσκευές δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία και το τεχνητό φως, ενώ αγνοούν και την ακτινοβολία μελανών σωμάτων. Ο χρόνος απόκρισής τους είναι ελαφρώς καλύτερος από αυτό των ανιχνευτών IR μονής συχνότητας, αλλά όχι τόσο καλός όσο αυτός των ανιχνευτών UV. Ο τύπος απλής επιλογής αποκρίνεται στη φωτιά στη διάρκεια εργασιών συγκόλλησης. Δεν απευαισθητοποιείται παρουσία παρασκηνιακής πηγής IR. Η ευαισθησία του ανιχνευτή απλής επιλογής στις φλόγες μπορεί να ρυθμιστεί.

Μειονεκτήματα :

Η ευαισθησία στις φλόγες μπορεί να επηρεαστεί από αποθέσεις υλικών που απορροφούν την υπέρυθρη και την υπεριώδη ακτινοβολία στο φακό αν δεν γίνεται συχνά συντήρηση. Το κανάλι IR μπορεί να μπλοκαριστεί από πάγο στο φακό, ενώ το κανάλι UV μπλοκάρεται από λιπαρές ουσίες. Ο καπνός και κάποιοι ατμοί χημικών μειώνουν επίσης την ευαισθησία στις φλόγες. Οι ανιχνευτές UV/IR χρειάζονται φλόγα που τρεμοσβήνει για να επιτύχουν την εισαγωγή σήματος IR. Ο ανιχνευτής αναλογίας κλειδώνει όταν πηγή έντονου σήματος, όπως κάποιο συγκολλητικό τόξο ή πηγή IR υψηλής σταθερής κατάστασης, βρίσκεται πολύ κοντά. Η απόκριση στις φλόγες των ανιχνευτών αναλογίας επηρεάζεται από εξασθενητές, ενώ η επίπτωση στους ανιχνευτές απλής επιλογής είναι αμελητέα. Οι ανιχνευτές περιορίζονται σε εφαρμογές που αφορούν υδρογονάνθρακες.

ε) Πολυφασματικοί ανιχνευτές

Οι πολυφασματικοί ανιχνευτές ελέγχουν αρκετά μήκη κύματος κυρίαρχων συχνοτήτων ακτινοβολίας πυρός με φωτοκύτταρα. Συγκρίνουν τις μετρήσεις αυτές με τις φυσιολογικές συχνότητες του περιβάλλοντος μέσω μικροεπεξεργασίας. Όταν είναι πάνω από ορισμένα επίπεδα, ενεργοποιείται συναγερμός. Μπορούν να αναγνωριστούν ακόμα και οι εσφαλμένοι συναγερμοί.

Πλεονεκτήματα :

Οι ανιχνευτές αυτοί είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι και πολύ σταθεροί. Ο μικροεπεξεργαστής έχει την ικανότητα να προγραμματίζεται για να αναγνωρίζει διάφορους τύπους πυρκαγιάς.

Μειονεκτήματα :

Μπορεί να απορρυθμιστούν κατά λάθος. Πρόκειται για σχετικά καινούργιους ανιχνευτές στην αγορά και για να γίνουν ευρέως αποδεκτοί, χρειάζεται περισσότερη βιομηχανική πείρα.

Πίνακας 1 : Σύγκριση ανιχνευτών πυρός

Τύπος ανίχνευσης	Τύπος ανιχνευτή	Ταχύτητα	Κόστος
Από άνθρωπο	Άνθρωπος	Μέτρια	Υψηλό
	Τηλέφωνο	Μέτρια	Μέτριο
	Φορητός ραδιοπομπός	Μέτρια	Μέτριο προς Υψηλό
	MPS/MAC	Μέτρια	Μέτριο
Από καπνό	Ιονισμού	Γρήγορη	Μέτριο
	Φωτοηλεκτρικός	Γρήγορη	Μέτριο
	VESDA	Πολύ γρήγορη	Υψηλό
Από θερμότητα	Τηκόμενος σύνδεσμος	Αργή προς Μέτρια	Μέτριο
	Πλαστικός σωλήνας	Αργή προς Μέτρια	Χαμηλό
	Τηκόμενο βύσμα	Αργή προς Μέτρια	Μέτριο
	Κουαρτσοειδής βαλβίδα	Αργή προς Μέτρια	Μέτριο
	Οπτική ίνα	Αργή προς Μέτρια	Μέτριο
	Διμεταλλικό σύρμα	Αργή προς Μέτρια	Χαμηλό προς Μέτριο
	Ρυθμού ανόδου	Αργή προς Μέτρια	Μέτριο
Οπτικός	IR	Πολύ γρήγορη	Υψηλό
	UV	Πολύ γρήγορη	Υψηλό
	IR/IR	Πολύ γρήγορη	Υψηλό
	UV/IR	Πολύ γρήγορη	Υψηλό
	Πολυφασματικός	Πολύ γρήγορη	Υψηλό
	Βιντεοκάμερα	Γρήγορη	Υψηλό

Πίνακας 2 : Εφαρμογή σταθερών συσκευών πυρανίχνευσης

Τοποθεσία ή εγκατάσταση	Κίνδυνος	Επιλογές ανιχνευτή σταθερού τύπου
Γραφεία	Κοινά καύσιμα Ηλεκτρικές πυρκαγιές	MPS Θερμότητας Καπνού
Καταλύματα	Κοινά καύσιμα Ηλεκτρικές πυρκαγιές	MPS Καπνού
Κουζίνες και καφετέριες	Μαγείρεμα Ηλεκτρικές πυρκαγιές	MPS Θερμότητας
Αίθουσες ελέγχου	Ηλεκτρικές πυρκαγιές	MPS Καπνού
Αίθουσες ηλεκτρικών πινάκων	Ηλεκτρικές πυρκαγιές	MPS Καπνού
Σταθμοί στροβιλοκινητήρων	Ηλεκτρικές πυρκαγιές Πυρκαγιές υδρογονανθράκων	Θερμότητας Οπτικοί
Μονάδες επεξεργασίας	Πυρκαγιές υδρογονανθράκων	MPS Θερμότητας Οπτικοί
Σταθμοί αντλιών	Πυρκαγιές υδρογονανθράκων	MPS Θερμότητας Οπτικοί
Εγκαταστάσεις φόρτωσης	Πυρκαγιές υδρογονανθράκων	MPS Θερμότητας Οπτικοί
Δεξαμενές ή δοχεία αποθήκευσης	Πυρκαγιές υδρογονανθράκων	MPS Θερμότητας Οπτικοί
Υπεράκτιες γεωτρήσεις ή εγκαταστάσεις παραγωγής	Πυρκαγιές υδρογονανθράκων	MPS Καπνού Θερμότητας Οπτικοί
Εργαστήρια	Πυρκαγιές υδρογονανθράκων	MPS Θερμότητας

7.6 Ανίχνευση αερίων

Η ανίχνευση αερίων παρέχεται στην πετρελαϊκή βιομηχανία για την προειδοποίηση και πιθανώς την πρόληψη του σχηματισμού καύσιμου μείγματος αερίων ή ατμών που θα μπορούσε να προκαλέσει έκρηξη καταστροφικών διαστάσεων. Υπάρχουν δύο τύποι ανιχνευτών αερίων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ο πιο συνηθισμένος και ευρύτερα διαδεδομένος είναι ο καταλυτικός ανιχνευτής. Πρόσφατα, άρχισαν να χρησιμοποιούνται ανιχνευτές υπέρυθρων ακτίνων για ειδικές εφαρμογές «οπτικού πεδίου», όπως ο έλεγχος περιμέτρου, εξωτερικών χώρων, αντλιών, κ.λπ.

Το σύστημα ανίχνευσης αερίων ελέγχει τις πιθανότερες πηγές διαρροής και ενεργοποιεί συναγερμούς ή συσκευές προστασίας για να προλάβει την ανάφλεξη του αερίου αλλά και να μετριάσει πιθανώς τις επιπτώσεις πυρκαγιάς ή έκρηξης.

Στις περισσότερες φάσεις επεξεργασίας υδρογονανθράκων περιέχονται αέρια στα μείγματα. Συνεπώς, ο ατμός στον οποίο θα βασίζεται η ανίχνευση πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά. Η πιο συνετή προσέγγιση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι να επιλεγεί η ανίχνευση του αερίου που ενέχει τον μεγαλύτερο κίνδυνο για την εξεταζόμενη περιοχή.

Η επικινδυνότητα κρίνεται με βάση τα εξής:

- (1) Το αέριο με το ευρύτερο φάσμα ανάφλεξης από τα παρόντα αέρια.
- (2) Το αέριο με τον μεγαλύτερο όγκο στο ρεύμα.
- (3) Το αέριο με τη χαμηλότερη θερμοκρασία ανάφλεξης.
- (4) Το αέριο με την υψηλότερη πυκνότητα ατμού.
- (5) Την ενέργεια που χρειάζεται για την ανάφλεξη (Κατηγορία A, B, C ή D).

Καθώς δεν υπάρχει συγκεκριμένη ιδιότητα που να καθορίζει την επικινδυνότητα ενός προϊόντος, οι επιπτώσεις για κάθε υλικό θα πρέπει να εξετάζονται στη φάση διαμόρφωσης της βέλτιστης φιλοσοφίας ανίχνευσης αερίων για μια ορισμένη περιοχή.

Ο παρακάτω πίνακας συγκρίνει τα χαρακτηριστικά των πιο διαδεδομένων αερίων που μπορεί να συναντήσει κανείς σε ένα εργοστάσιο υδρογονανθράκων.

Πίνακας 3 : Σύγκριση κοινών επικίνδυνων ατμών υδρογονανθράκων

Υλικό	Κατώτερο/Ανώτερο Εκρηκτικό Όριο %	Θερμοκρασία αυτανάφλεξης (°C)	Πυκνότητα ατμών	Κατηγορία
Υδρογόνο	4,0 με 75,6	500	0,07	B
Αιθάνιο	3,0 με 15,5	472	1,04	D
Μεθάνιο	5,0 με 15,0	537	0,55	D
Προπάνιο	2,0 με 9,5	450	1,56	D
Βουτάνιο	1,5 με 8,5	287	2,01	D
Πεντάνιο	1,4 με 8,0	260	2,48	D
Εξάνιο	1,7 με 7,4	225	2,97	D
Επτάνιο	1,1 με 6,7	204	3,45	D

Με ανάλυση της σύνθεσης του αερίου ή υγρού ρεύματος και των συνθηκών που επικρατούν στο εργοστάσιο, κανείς μπορεί να διαμορφώσει τη βέλτιστη φιλοσοφία ανίχνευσης.

Εφαρμογή :

Αν υποθέσουμε ότι ο κύριος στόχος της ανίχνευσης εύφλεκτων αερίων είναι να προειδοποιήσει για το σχηματισμό νεφών ατμού που, αν αναφλεγούν, θα προκαλέσουν καταστροφική έκρηξη, τότε το όριο των 5 m που προτείνεται θα

πρέπει να είναι η απόσταση όπου θα τοποθετηθούν οι ανιχνευτές αναφλέξιμων αερίων. Μια τρισδιάστατη τριγωνική διάταξη 5 μέτρων, με ένα περιθώριο 10% για προσαρμογή, είναι ικανοποιητική για την ανίχνευση αερίων σε περιορισμένους χώρους. Το πρώτο βήμα είναι να εντοπιστούν όλες οι πιθανές πηγές διαρροής και έπειτα να περιοριστούν οι πιθανότητες με τον εντοπισμό του εξοπλισμού που ενέχει το μεγαλύτερο κίνδυνο διαρροής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εξέταση των κατόψεων των εγκαταστάσεων. Ο εξοπλισμός που χειρίζεται υλικά χαμηλού σημείου ανάφλεξης μπορεί να μπει σε προτεραιότητα μαζί με τα υλικά υψηλής πυκνότητας ατμών, καθώς οι ατμοί αυτοί συγκεντρώνονται ευκολότερα και δύσκολα διασκορπίζονται.

Οι περιοχές σφράγισης αντλιών και συμπιεστών είναι τα σημεία όπου παρατηρούνται συνηθέστερα διαρροές ατμού. Ακολουθούν διάφορα όργανα, πώματα βαλβίδων, σύνδεσμοι στεγανοποίησης και σημεία δειγματοσμού, καθώς και οι σπανιότερες αλλά συνήθως καταστροφικές βλάβες από διάβρωση των αγωγών.

Η φύση της διαρροής πρέπει να αναλυθεί για να οριστεί η διαδρομή των ατμών (υψηλή ή χαμηλή). Με αυτό τον τρόπο μπορεί να διαπιστωθεί αν οι ανιχνευτές πρέπει να τοποθετηθούν πάνω ή κάτω από το επικίνδυνο σημείο. Οι ανιχνευτές θα πρέπει επίσης να τοποθετούνται και με βάση τη φυσική ροή του αέρα. Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ψηλά ή χαμηλά σημεία όπου μπορεί να κατακαθίσουν τα αέρια.

Οι κλειστοί χώροι που κινδυνεύουν από διαρροές αερίων και διαθέτουν εσωτερικές βαλβίδες ή εξοπλισμό αξίας θα πρέπει να προστατεύονται με ανιχνευτές αερίων. Τέτοιου είδους χώροι είναι οι αίθουσες συμπιεστών και μετρητικών οργάνων.

Σαν προστατευτικό μέτρο, οι ανιχνευτές αερίων συνήθως τοποθετούνται στους αεραγωγούς των επανδρωμένων εγκαταστάσεων, σε αίθουσες με ηλεκτρικούς πίνακες και μηχανές εσωτερικής καύσης που εκτίθενται σε ατμούς, δηλαδή κοντά σε τομείς επεξεργασίας που διαχειρίζονται αέρια και ατμούς. Οι ίδιοι οι αεραγωγοί των εγκαταστάσεων θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να εμποδίζουν την εισαγωγή καύσιμων αερίων από αυτές τις περιοχές ακόμα και σε περίπτωση ατυχήματος.

Συνήθως οι ανιχνευτές πηγής τοποθετούνται με την κεφαλή του ανιχνευτή προς τα κάτω για καλύτερο εντοπισμό των αερίων.

Οι ανιχνευτές αερίων δεν θα πρέπει να τοποθετούνται σε σημείο όπου θα επηρεάζονται διαρκώς από συνθήκες όπως η συσσώρευση άμμου, πάγου ή χιονιού. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα σημεία κοντά σε σχάρες υπονόμων ή σε σιφόνια άντλησης μολυσμένων υδάτων, όπου ενδέχεται να ενεργοποιούνται λάθος συναγερμοί εξαιτίας εκπομπών ατμών.

Όπου χρειάζεται ή επιθυμείται κάλυψη μεγάλων περιοχών, όπως στην περίπτωση ελέγχου της περιφέρειας των εγκαταστάσεων, εκτάσεων με αντλίες, ή ολόκληρων μονάδων στην ξηρά ή στη θάλασσα, χρησιμοποιούνται ανιχνευτές υπέρυθρων ακτινών ή παρέχονται καταλυτικοί ανιχνευτές. Οι τελευταίοι πρέπει να τοποθετούνται στις δύο πλευρές του σημείου διαρροής, με έναν ανιχνευτή τουλάχιστον να δέχεται το ρεύμα αέρα.

Συνήθεις εφαρμογές σε εργοστάσια υδρογονανθράκων

Οι παρακάτω τοποθεσίες είναι χαρακτηριστικά σημεία εφαρμογής στα οποία παρέχονται ή θα έπρεπε να τοποθετούνται συσκευές ανίχνευσης αερίων στη βιομηχανία υδρογονανθράκων:

- Όλα τα σημεία επεξεργασίας υδρογονανθράκων που περιέχουν αέρια υλικά και δεν εξαερίζονται επαρκώς (δεν επιτυγχάνουν τουλάχιστον έξι αλλαγές αέρα την

ώρα ή επιτρέπουν τη συσσώρευση εύφλεκτων αερίων λόγω έλλειψης χώρου για την κυκλοφορία του αέρα). Συνήθως πρόκειται για χώρους συμπιεστών, μονάδες επεξεργασίες σε υπεράκτιες πλατφόρμες και κλειστές αρκτικές εγκαταστάσεις.

Οι κλειστοί χώροι μπορούν να θεωρούνται επαρκώς αεριζόμενοι αν πληρούν τις ακόλουθες προϋποθέσεις. Όπου χρησιμοποιούνται τεχνητοί μηχανισμοί για υποβοήθηση του εξαερισμού, θα πρέπει να εξασφαλίζεται απόλυτη αξιοπιστία.

- (1) Ο παρεχόμενος ρυθμός εξαερισμού είναι τουλάχιστον τετραπλάσιος από αυτόν που απαιτείται για την αραίωση των εκπομπών σε ποσοστό LEL (κατώτερο εκρηκτικό όριο) κάτω του 25%, όπως ορίζεται από λεπτομερείς υπολογισμούς για τους κλειστούς χώρους.
 - (2) Ο αέρας στον κλειστό χώρο ανανεώνεται έξι φορές την ώρα με τεχνητά (μηχανικά) μέσα.
 - (3) Αν χρησιμοποιείται φυσικός εξαερισμός, 12 αλλαγές την ώρα πρέπει να επιτυγχάνονται σε όλη την έκταση του κλειστού χώρου.
 - (4) Η περιοχή δεν ορίζεται ως «κλειστός χώρος».
- Όλοι οι συμπιεστές αερίων θα πρέπει να διαθέτουν ανιχνευτές αερίων στα σημεία σφράγισης και ειδικά αν περικλείονται από κάλυμμα (απαιτείται ανιχνευτής εσωτερικού χώρου και στα σημεία εισαγωγής και εξαγωγής αέρα του κινητήριου μηχανισμού και του συμπιεστή).
 - Αντλίες που διαχειρίζονται υγρούς υδρογονάνθρακες με ατμούς υψηλής πίεσης (ο ανιχνευτής πρέπει να τοποθετείται κοντά στα σημεία σφράγισης).
 - Σε όλα τα σημεία εισαγωγής καθαρού αέρα ή στα συστήματα HVAC κτηρίων που βρίσκονται σε ηλεκτρικά κατηγοριοποιημένη περιοχή εκτίθενται σε εύφλεκτους ατμούς, ειδικά αν τα κτήρια αυτά είναι επανδρωμένα ή μεγάλης αξίας. Συνήθως οι αίθουσες ελέγχου, οι χώροι με ηλεκτρικούς πίνακες ή τα κέντρα τροφοδοσίας ρεύματος εξοπλίζονται με ανιχνευτές αερίων.
 - Σε όλους τους κύριους κινητήρες εσωτερικής καύσης που εκτίθενται σε εύφλεκτους ατμούς.
 - Σε όλες τις αίθουσες μπαταριών ή UPS όπου ατμοί υδρογόνου μπορεί να εισαχθούν ή να διαρρεύσουν από διεργασίες φόρτισης των μπαταριών.
 - Σε εισόδους και αεραγωγούς μονάδων κατάλυσης ή μονίμως επανδρωμένων υπεράκτιων χώρων.
 - Σε περιοχές εξόρυξης, όπως η δεξαμενή λάσπης, η πλατφόρμα γεώτρησης, και περιοχές γύρω από κλειστές κεφαλές γεώτρησης.
 - Σε πιθανά σημεία διαρροής υδρογονανθράκων σε πύργους ψύξης.
 - Σε ευαίσθητες (υψηλής αξίας) περιοχές επεξεργασίας όπου μηχανισμοί άμεσης ενεργοποίησης για τον περιορισμό ατυχημάτων ή διαρροής ατμών είναι ζωτικής σημασίας για να εμποδιστεί ενδεχόμενη έκρηξη από νέφος ατμών.
 - Σε κλειστές εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού από όπου μπορεί να υπάρξει διαρροή αερίων ή ατμών.
 - Όπου χρειάζεται έλεγχος των αερίων που απελευθερώνονται από ψυχρά κουτιά και μονωμένες κρυογονικές δεξαμενές αποθήκευσης με διπλό τοίχωμα.
 - Στα σημεία επεξεργασίας που περιέχουν μεγάλους όγκους αερίων υδρογονανθράκων ή αέρια υψηλής πίεσης και εκτίθενται σε διάβρωση.

7.7 Καταλυτικοί ανιχνευτές

Περιγραφή

Οι καταλυτικοί ανιχνευτές αερίων αναπτύχθηκαν πρώτη φορά το 1958 για τη βιομηχανία μεταλλευμάτων και εξελίχθηκαν στο βασικό μέσο ανίχνευσης παγκοσμίως σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου. Χρησιμοποιούνται επίσης εκτενώς στην εξόρυξη άνθρακα και τη χημική βιομηχανία.

Η καταλυτική ανίχνευση αερίων βασίζεται στην αρχή ότι η οξειδωση ενός εύφλεκτου αερίου στον αέρα προωθείται στην επιφάνεια θερμαινόμενου καταλύτη (ενός πολύτιμου μετάλλου, για παράδειγμα). Η αντίδραση της οξειδωσης έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή θερμότητας, η οποία επιτρέπει την απευθείας μέτρηση της συγκέντρωσης του αερίου που αντέδρασε. Το αισθητήριο στοιχείο με τον καταλύτη είναι μικρών διαστάσεων.

Οι ανιχνευτές του είδους είναι ευαίσθητοι σε όλα τα εύφλεκτα αέρια και έχουν σχεδόν την ίδια απόκριση στην παρουσία των συγκεντρώσεων κατώτερου εκρηκτικού ορίου (LEL) όλων των κοινών αερίων και ατμών υδρογονανθράκων. Θα πρέπει, όμως, να θυμόμαστε ότι οι ανιχνευτές αερίων δεν αποκρίνονται με τον ίδιο τρόπο στα διάφορα εκρηκτικά αέρια. Το σήμα milli-volt ενός τυπικού καταλυτικού ανιχνευτή για εξάνιο ή ξυλένιο είναι σχεδόν το μισό από το σήμα για μεθάνιο.

Τα μειονεκτήματα είναι δύο. Πρώτα απ' όλα, οι συγκεκριμένοι ανιχνευτές μπορούν να ανιχνεύσουν εύφλεκτα αέρια σε ένα μόνο σημείο. Αν η θέση του αισθητήρα δεν είναι ευνοϊκή σε σχέση με την προέλευση του εύφλεκτου αερίου και τη ροή του αέρα στην επικίνδυνη περιοχή, τότε ο ανιχνευτής δεν θα εντοπίσει επικίνδυνη διαρροή αερίου, παρά μόνο όταν είναι πια πολύ αργά για να αντιδράσει κανείς. Γενικά, οι ανιχνευτές αερίων του είδους μπορούν να παράσχουν ικανοποιητική προστασία σε εγκαταστάσεις μόνο αν χρησιμοποιηθούν σε μεγάλο αριθμό.

Δεύτερον, μικρές ποσότητες αιωρούμενων μολυσματικών παραγόντων μπορεί να δηλητηριάσουν τον καταλύτη στον ανιχνευτή και να μειώσουν σημαντικά την ευαισθησία του. Ο ανιχνευτής γίνεται λιγότερο αξιόπιστος και χρειάζεται συχνή συντήρηση ή και αντικατάσταση.

Οι παρακάτω ουσίες είναι γνωστό ότι δηλητηριάζουν τους καταλυτικούς αισθητήρες αερίων:

- Τετρααιθυλιούχος μόλυβδος (καταργείται σταδιακά από πρόσθετο της βενζίνης στις περισσότερες χώρες)
- Ενώσεις θείου (ειδικά το υδρόθειο που χρησιμοποιείται στα διυλιστήρια πετρελαίου)
- Φωσφορικοί εστέρες (χρησιμοποιούνται σε αντιδιαβρωτικά, λιπαντικά λάδια και υδραυλικά υγρά)
- Τετραχλωράνθρακας και τριχλωρεθυλένιο (απαντούν σε απολιπαντικούς παράγοντες και υγρά για στεγνό καθάρισμα)
- Επιβραδυντές φλόγας σε πλαστικά υλικά
- Προϊόντα θερμικής αποσύνθεσης από νεοπρένιο και πλαστικά PVC
- Γλυκόλες
- Μόρια σκόνης ή ινών
- Ατμοί πυριτίου

7.8 Ανιχνευτές αερίων υπέρυθρων (IR) ακτινών

Οι συμβατικοί ανιχνευτές αερίων μπορούν να ανιχνεύουν μόνο αέρια σε συγκεκριμένα σημεία. Αν η θέση του ανιχνευτή δεν είναι ευνοϊκή σε σχέση με την προέλευση της διαρροής, μπορεί να μην ανιχνεύσει το αέριο προτού αυτό συσσωρευτεί σε επικίνδυνη ποσότητα. Για τη βελτίωση της ικανότητας ανίχνευσης, αναπτύχθηκε ο ανιχνευτής αερίων υπέρυθρων ακτινών, ο οποίος μπορεί να ανιχνεύσει αέρια οπουδήποτε σε μια διαδρομή μήκους αρκετών εκατοντάδων μέτρων. Οι συσκευές του είδους διατίθενται στη βιομηχανία εδώ και μια δεκαετία περίπου και η ποιότητά τους βελτιώθηκε με την απόκτηση επιτόπου εμπειρίας. Ο αισθητήρας βασίζεται στην τεχνική διαφορικής απορρόφησης και έχει σχετικά ομοιόμορφη απόκριση σε μια γκάμα ελαφρών υδρογονανθράκων. Ένας ελεγκτής με μικροεπεξεργαστή χρησιμοποιείται συνήθως για την επεξεργασία του σήματος που ενεργοποιεί το συναγερμό και εμφανίζει τις ενδείξεις σχετικά με το πρόβλημα.

Πολλές γραμμές συχνότητας υπέρυθρης ακτινοβολίας απορροφώνται από αέρια υδρογονανθράκων. Με την επιλογή μιας ορισμένης συχνότητας, μπορεί να κατασκευαστεί ανιχνευτής που είτε μπορεί να ανιχνεύει ένα ορισμένο αέριο είτε μια ομάδα αερίων (αν η συχνότητα είναι κοινή για τα αέρια αυτά).

Εφαρμογή (Ακτίνα IR)

Οι υπέρυθρες ακτίνες παρέχονται συνήθως σαν ειδικές εφαρμογές ανίχνευσης αερίων. Προσφέρουν άμεση θέαση και επιτήρηση μεγάλων περιοχών και όχι των σημείων προέλευσης των αερίων. Χρησιμοποιούνται συνήθως για να επιβεβαιώσουν το εάν η διαρροή αερίου μπορεί να βγει εκτός των εγκαταστάσεων. Άλλες πιθανές εφαρμογές είναι ο γενικός έλεγχος πολλών εν δυνάμει πηγών διαρροής σε διάταξη οπτικού πεδίου (για παράδειγμα σε έκταση με αντλίες ή σε υπεράκτιες μονάδες).

- **Έκταση με αντλίες** – Στις περιοχές όπου χρησιμοποιούνται αρκετές αντλίες, οι ανιχνευτές συνήθως τοποθετούνται παράλληλα μεταξύ τους, διευκολύνοντας έτσι τη χρήση μιας υπέρυθρης ακτίνας πάνω από τη σειρά των αντλιών.
- **Έλεγχος περιμέτρου** – Η περίμετρος επικίνδυνης περιοχής ή μονάδας επεξεργασίας μπορεί να ελεγχθεί αποτελεσματικά για διαρροή ατμών από σειρές ανιχνευτών υπέρυθρων ακτινών στις παρυφές. Θεωρητικά, οι ανιχνευτές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να προειδοποιούν σε περίπτωση που εύφλεκτοι ατμοί πλησιάζουν πηγές ανάφλεξης (προχωρούν, δηλαδή, αντίστροφα προς την περιοχή επεξεργασίας).
- **Όρια και εκτός** – Σε σημεία που γειτνιάζουν με κατοικημένες περιοχές, οι ανιχνευτές υπέρυθρων ακτινών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προειδοποιούν σε περίπτωση που ατμοί ή αέρια διαρρεύσουν εκτός των εγκαταστάσεων.

7.9 Ρύθμιση συναγερμού

Για έγκαιρη και αξιόπιστη προειδοποίηση σε περίπτωση διαρροής, η ευαισθησία των ανιχνευτών θα πρέπει να βρίσκεται στο υψηλότερο επίπεδο αναλογικά με το επίπεδο των εσφαλμένων συναγερμών.

Οι πίνακες των συναγερμών συνήθως ρυθμίζονται με δύο επίπεδα προειδοποίησης: έναν πρώτο συναγερμό σε χαμηλό επίπεδο και έναν δεύτερο σε υψηλό επίπεδο. Τα επίπεδα αυτά συνήθως ρυθμίζονται στο 25% και το 50% του LEL (κατώτερου εκρηκτικού ορίου) αντίστοιχα, αλλά πρόσφατα άρχισε να κυριαρχεί και η τάση ρύθμισης χαμηλότερων επιπέδων της τάξης του 10 και 25%.

Από άποψη ασφάλειας, όσο χαμηλότερα ρυθμίζονται τα επίπεδα συναγερμού, τόσο το καλύτερο. Όσο χαμηλότερα είναι, όμως, τα επίπεδα, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα λάθος συναγερμών και διακοπής των εργασιών. Από την άλλη, η πρακτική εμπειρία έχει δείξει ότι με τα χαμηλότερα επίπεδα ευαισθησίας ανιχνεύονται περισσότερες μικρότερες διαρροές. Καθώς οι πηγές των διαρροών περιορίζονται, ο συναγερμός ενεργοποιείται όλο και λιγότερο απ' ό,τι αν οι ανιχνευτές αερίων ήταν ρυθμισμένοι σε υψηλότερα επίπεδα LEL (25 και 60%). Θα πρέπει επίσης να γνωρίζουμε ότι σε περίπτωση άμεσης διαρροής, η συγκέντρωση του ατμού σε μια περιοχή θα αυξηθεί αμέσως στο φάσμα LEL (ή πέρα από αυτό), οπότε οι σχετικές ρυθμίσεις κάτω του LEL μπορεί να μην έχουν σημασία. Το σημαντικότερο, βέβαια, είναι η ανιχνευτική ικανότητα να είναι κατάλληλη για τα αέρια που ενδέχεται να διαρρεύσουν στις εγκαταστάσεις.

Γενικά, τα σημεία ρύθμισης συναγερμού είναι αυτά που προτείνονται από τον κατασκευαστή του εξοπλισμού ή από τις απαιτήσεις της εκάστοτε εταιρείας ή ένας συνδυασμός των δύο ανάλογα με την εγκατάσταση. Όσο χαμηλότερη είναι η ρύθμιση, τόσο υψηλότερη είναι η ευαισθησία όσον αφορά τις διαρροές.

7.10 Βαθμονόμηση και Ταξινόμηση επικίνδυνων περιοχών

Η λειτουργία των ανιχνευτών και των συνδεδεμένων πινάκων συναγερμού θα πρέπει να ελέγχεται και να ρυθμίζεται μετά την εγκατάσταση. Η απόδοση των ανιχνευτών μπορεί να επηρεαστεί σε εχθρικά περιβάλλοντα από διάφορες αιτίες (πάγο, κρυστάλλους άλατος, αιωρούμενα σωματίδια, νερό ή αφρό πυρρόσβεσης, ή ακόμα και από αιωρούμενους μολυσματικούς παράγοντες όπως ενώσεις πυριτίου, φωσφόρου, χλωρίου ή μόλυβδου που μπλοκάρουν τον καταλύτη). Είναι σημαντικό ανιχνευτές και πίνακες συναγερμού να ελέγχονται και να ρυθμίζονται εκ νέου σε τακτική βάση.

Οι ανιχνευτές μπορούν να ρυθμιστούν με τη χρήση ενός αερίου (π.χ. μεθανίου) ή και για την ανίχνευση ενός δεύτερου (π.χ. προπανίου ή βουτανίου), αρκεί η σχετική ευαισθησία για κάθε αέριο να είναι συγκεκριμένη και γνωστή. Η διαδικασία βαθμονόμησης του ανιχνευτή για άλλο αέριο από αυτό για το οποίο χρησιμοποιείται περιγράφεται συνήθως από τον κατασκευαστή του.

Οι ανιχνευτές θα πρέπει να ρυθμίζονται μετά την εγκατάσταση όπως συστήνει ο κατασκευαστής (συνήθως κάθε 90 ημέρες). Αν, βέβαια, η εμπειρία έχει δείξει ότι ο ανιχνευτής δεν έχει απορρυθμιστεί στο προτεινόμενο διάστημα, η επανεξέταση μπορεί να γίνεται αργότερα. Καθώς οι ανιχνευτές εκτίθενται εξ' ορισμού σε εύφλεκτα αέρια, θα πρέπει να αξιολογούνται με βάση τις επικίνδυνες περιοχές.

7.11 Πίνακες ελέγχου ανίχνευσης πυρός και αερίων

Μεμονωμένοι ανιχνευτές πυρός και αερίων και πίνακες συναγερμού συνήθως παρέχονται στην κύρια αίθουσα ελέγχου των εγκαταστάσεων. Πρόσφατα, επικράτησε επίσης η τάση να ενσωματώνεται η μεταβίβαση συναγερμών για πυρκαγιά ή διαρροή

αερίων μέσω του DCS (distributed control system) στον κεντρικό πίνακα ελέγχου του συναγερμού. Όταν οι πίνακες συναγερμού βρίσκονται μέσα σε προστατευμένο κτήριο, πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία με εύκολη πρόσβαση για το προσωπικό και κοντά σε πίνακες διακοπής της ηλεκτρικής τροφοδοσίας.

7.12 Προειδοποίηση με γραφικά

Οι προειδοποιήσεις για συναγερμό θα πρέπει να εμφανίζονται σε συμβατικό παράθυρο πίνακα ανακοινώσεων ή, αν υπάρχει αίθουσα ελέγχου, σε συγκεκριμένη οθόνη για συστήματα ανίχνευσης πυρός και αερίων. Κάθε θέση ανιχνευτή θα πρέπει να συνοδεύεται από ενδείξεις για τυχόν βλάβη αλλά και για υψηλό ή χαμηλό συναγερμό. Όταν υπάρχουν οθόνες προειδοποίησης για συναγερμό, τα φώτα των ενδείξεων θα πρέπει να συνοδεύονται από ετικέτες με την ακριβή θέση του ανιχνευτή.

7.13 Τροφοδοσία ρεύματος

Τα διαθέσιμα στο εμπόριο συστήματα ανίχνευσης εύφλεκτων αερίων γενικά χρησιμοποιούν 24 VDC για την τροφοδοσία με ρεύμα. Το 24 VDC είναι εγγενώς ασφαλέστερο και διαχειρίζεται τις τάσεις που χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα συστήματα οργάνων στις περιοχές επεξεργασίας. Ένας κεντρικός μετασχηματιστής τάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετατροπή από εναλλασσόμενο σε συνεχές ρεύμα.

7.14 Βοηθητική τροφοδοσία για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

Το ρεύμα για το σύστημα ανίχνευσης εύφλεκτων αερίων θα πρέπει να παρέχεται από το UPS των εγκαταστάσεων ή, αν αυτό δεν είναι διαθέσιμο, από βοηθητική μπαταρία με διάρκεια τουλάχιστον μισής ώρας.

7.15 Χρονοκαυστέρηση

Όταν δεν είναι απαραίτητη η στιγμιαία αντίδραση, οι λάθος συναγερμοί μπορούν να περιοριστούν αν το σύστημα ενεργοποιείται αφότου το σήμα πυρός επιμένει για ένα διάστημα. Η χρονοκαυστέρηση, όμως, περιορίζει τα πλεονεκτήματα της ταχείας και έγκαιρης ανίχνευσης. Στις περισσότερες εφαρμογές, έχει φανεί ότι δεν αξίζει να υποστεί μια εγκατάσταση ζημιές για να γλιτώσει κάποιους λάθος συναγερμούς.

7.16 Εφεδρεία

Η ενεργοποίηση ενός μόνο ανιχνευτή πυρός ή αερίων δεν αρκεί για να αναληφθεί δράση στις εγκαταστάσεις υδρογονανθράκων. Η σημερινή τεχνολογία έχει δείξει ότι τα συστήματα είναι πολύ επιρρεπή σε λάθος συναγερμούς. Θα πρέπει να ακολουθείται συγκεκριμένη λογική για να προχωρήσει κανείς στη λήψη μέτρων. Περισσότεροι από ένας αισθητήρες θα πρέπει να ανιχνεύσουν την παρουσία φωτιάς ή αερίων για να θεωρηθεί έγκυρος ο συναγερμός. Η μέθοδος αυτή εμποδίζει την κινητοποίηση εξαιτίας λάθος συναγερμών που βασίζονται σε μια μόνο πηγή ή στην ηλεκτρονική βλάβη ενός μεμονωμένου εξαρτήματος. Συνήθως, ο συναγερμός

θεωρείται έγκυρος όταν ένας στους δύο ή δύο στους τρεις ανιχνευτές ενός δικτύου στείλουν σήμα.

7.17 Δυνατότητα διασταυρούμενων ζωνών (Cross zoning)

Πρόκειται για τη χρήση δύο ξεχωριστών ηλεκτρικών ή μηχανικών ζωνών από ανιχνευτές, οι οποίες πρέπει να ενεργοποιούνται μαζί για την επιβεβαίωση ανίχνευσης πυρός ή αερίων. Για παράδειγμα, οι ανιχνευτές στη μια ζώνη μπορεί να είναι όλοι τοποθετημένοι στη βόρεια πλευρά προστατευόμενης περιοχής με φορά νότια, ενώ οι ανιχνευτές στη δεύτερη ζώνη να είναι τοποθετημένοι στη νότια πλευρά με φορά προς τα βόρεια. Όταν απαιτείται να ενεργοποιηθούν και οι δύο ζώνες, η πιθανότητα λάθος συναγερμού από εσφαλμένη πηγή, όπως εργασίες συγκόλλησης, είτε από τη βόρεια είτε από τη νότια πλευρά της προστατευόμενης περιοχής, περιορίζεται. Η μέθοδος αυτή, όμως, δεν είναι αποτελεσματική αν η ζώνη που κοιτά αντίθετα προς την πηγή βλέπει την ακτινοβολία. Μια άλλη μέθοδος διασταύρωσης ζωνών τοποθετεί ένα σετ ανιχνευτών έτσι ώστε να καλύπτουν την περιοχή που χρειάζεται προστασία και ένα άλλο να κοιτά προς την αντίθετη πλευρά έτσι ώστε να εμποδίζει παρεμβολές από εξωτερικές πηγές. Αν γίνονται, για παράδειγμα, εργασίες συγκόλλησης έξω από την προστατευόμενη περιοχή, η ενεργοποίηση του συναγερμού για την περιοχή αυτή θα εμποδιστεί. Η μέθοδος είναι αρκετά αποτελεσματική, αλλά δεν θα επιτρέψει την ενεργοποίηση συναγερμού στην προστατευόμενη περιοχή αν έχει ξεσπάσει πυρκαγιά έξω από αυτή.

7.18 Εκτελεστικά μέτρα

Όταν επιβεβαιωθεί ο συναγερμός, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την πρόληψη ή τον περιορισμό των επιπτώσεων του ατυχήματος. Ανάλογα με την προτεραιότητα των συναγερμών, θα πρέπει να λαμβάνονται τα εξής μέτρα στα σημεία ενεργοποίησης:

1. Εκκένωση των εγκαταστάσεων και ενεργοποίηση προειδοποιητικών συναγερμών.
2. Ενεργοποίηση σταθερών συστημάτων πυρόσβεσης ή μηχανισμών διασκορπισμού ατμών (ψεκαστήρες νερού).
3. Ενεργοποίηση αντλιών νερού ή πυροσβεστικού αφρού (αν υπάρχουν).
4. Κλείσιμο βαλβίδων πυρός και καπνού του εξαερισμού. Κλείσιμο θυρών πυροπροστασίας.
5. Κλείσιμο ανεμιστήρων εξαερισμού (εκτός και αν είναι ρυθμισμένοι για αυτόματο έλεγχο και διαχείριση καπνού).
6. Ενεργοποίηση των συστημάτων ESD (απομόνωση, διακοπή τροφοδοσίας ρεύματος, αποσυμπίεση).
7. Όπου έχουν ανιχνευθεί αέρια, οι πηγές ανάφλεξης, όπως συγκολλητές ή μικρά κυκλώματα τροφοδοσίας, θα πρέπει να απενεργοποιούνται αμέσως (άμεση απενεργοποίηση εφαρμόζεται στον εξοπλισμό που δεν είναι κατάλληλος για χρήση όπου υπάρχουν επικίνδυνα αέρια).
8. Αποστολή μηνυμάτων για την ειδοποίηση εξωτερικών παραγόντων σχετικά με το συμβάν και την τρέχουσα κατάσταση.

7.19 Επιτήρηση κυκλωμάτων

Τα κυκλώματα ανίχνευσης και συναγερμού των συστημάτων ανίχνευσης πυρός και αερίων θα πρέπει να επιτηρούνται διαρκώς για να διαπιστώνεται ότι λειτουργούν. Τα κυκλώματα των απλών μηχανισμών διαπερνά περιορισμένο ρεύμα σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Σε περίπτωση ενεργοποίησης συναγερμού, η ροή του ρεύματος αυξάνεται, ενώ σε περίπτωση βλάβης, διακόπτεται. Με τη μέτρηση των επιπέδων σε ένα σημείο ελέγχου, μπορεί να διαπιστωθεί η καλή λειτουργία του κυκλώματος ή των συσκευών παρακολούθησης. Συνήθως, παρέχονται αντιστάσεις EOLR (End-of-line resistor) σε κάθε κύκλωμα για την αποστολή σημάτων επιτήρησης στο κέντρο ελέγχου.

Πίνακας 4 : Σύγκριση συστημάτων ανίχνευσης αερίων

Τύπος	Ταχύτητα	Κόστος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Εφαρμογές
Ανίχνευση σημείου με καταλύτη	Μέτρια	Μέτριο	Εύκολη τοποθέτηση Συνηθέστερη επιλογή για τις βιομηχανίες	Δηλητηρίαση Ανίχνευση περιορισμένη σε ένα σημείο Δαπανηρή συντήρηση Τοποθέτηση από ειδικό	Πηγές σε ορισμένα σημεία (αντλίες, συμπιεστές, πώματα, κ.λπ.)
Υπέρυθρη ακτίνα	Υψηλή	Υψηλό	Υψηλή αξιοπιστία Ευρεία κάλυψη Μικρότερη εξάρτηση από την τοποθέτηση σε συγκεκριμένο σημείο	Απαιτεί ελεύθερο οπτικό πεδίο	Όρια Εκτάσεις με αντλίες Περίμετροι Έλεγχος αιθουσών

Κεφάλαιο 8° : Εκκένωση εγκαταστάσεων

Το βασικό χαρακτηριστικό ασφαλείας κάθε εγκατάστασης θα πρέπει να είναι οι μηχανισμοί εκκένωσης του προσωπικού. Αν το προσωπικό δεν μπορεί να διαφύγει σε περίπτωση ατυχήματος, θα υποστεί τις επιπτώσεις. Το προσωπικό πρέπει να γνωρίζει ότι έχει συμβεί ατύχημα και να διαθέτει τα απαραίτητα μέσα για να εκκενώσει το κτήριο. Επαρκή μέσα εκκένωσης θα πρέπει να παρέχονται σε όλα τα κτήρια, τους τομείς επεξεργασίας, τις υψωμένες κατασκευές και τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις. Η παροχή ικανών μέσων εκκένωσης περιλαμβάνεται στους περισσότερους κανονισμούς που αφορούν την εθνική ασφάλεια για τη βιομηχανία συνολικά, αλλά και τα διάφορα κτήρια ξεχωριστά.

Η πυκνότητα του προσωπικού στους τομείς επεξεργασίας είναι συνήθως σχετικά χαμηλή. Μια φευγαλέα ματιά στις μονάδες επεξεργασίας θα έδινε την εντύπωση ότι οι εγκαταστάσεις δεν είναι επανδρωμένες. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση προσωπικού απαντά συνήθως στις αίθουσες ελέγχου, τους μηχανισμούς μεταφοράς και τις εγκαταστάσεις γεώτρησης ή συντήρησης. Τα σημεία αυτά παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες απώλειας ζωών στην πετρελαϊκή και τη χημική βιομηχανία. Ιστορικά στοιχεία σχετικά με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδρογονανθράκων και χημικών έχουν δείξει ότι, στην περίπτωση των περισσότερων ατυχημάτων, οι θάνατοι ήταν λίγοι. Οι μεγάλες απώλειες συνήθως οφείλονται στη συγκέντρωση προσωπικού σε τομέα από όπου δεν υπάρχει δυνατότητα διαφυγής ή δυνατότητα προστασίας από τον κίνδυνο.

Όταν παρέχεται οδός διαφυγής έκτακτης ανάγκης, θα πρέπει να προστατεύεται από φωτιά και καπνό και το προσωπικό θα πρέπει να εξοπλίζεται με μέσα προστασίας για να τη διασχίσει. Έχει φανεί ότι ο άνθρωπος διστάζει να μπει σε περιοχές με καπνό όπου η ορατότητα είναι μικρότερη των 10m ακόμα και αν δεν υπάρχει κίνδυνος. Όπου οι επιπτώσεις της πυρκαγιάς, του καπνού και των εκρήξεων είναι πιθανό να εμποδίσουν τη χρήση της οδού διαφυγής, είναι σαν να μην υπάρχει αυτή η οδός.

8.1 Συναγερμοί και ειδοποιήσεις

Οι συναγερμοί θα πρέπει να είναι ορατοί ή να ακούγονται σε κάθε σημείο των εγκαταστάσεων, είτε αυτές είναι επανδρωμένες είτε θεωρούνται τεχνικά μη επανδρωμένες. Η βασική θεωρία για τον καθορισμό του αριθμού και της θέσης των συναγερμών είναι ότι οι στρατηγικά τοποθετημένες και διανεμημένες συσκευές θα παράξουν ένα αποδοτικότερα διανεμημένο επίπεδο ήχου σε σύγκριση με μια μεγάλη κεντρικά τοποθετημένη συσκευή.

Σύμφωνα με το γενικό κανόνα, η ακτίνα ανεμπόδιστου ήχου μιας συνηθισμένης σειρήνας, κόρνας ή κουδουνιού είναι 61 m περίπου. Αν ένας τομέας χωρίζεται από τοίχους, εξοπλισμό ή άλλες κατασκευές, θα πρέπει να έχει δικό του συναγερμό. Αν υπάρχουν τομείς 61 έως 305 m χωρίς εμπόδια, μια μεγάλη εργοστασιακή σειρήνα μπορεί να εξυπηρετεί ανάλογα με τον παρασκηνιακό θόρυβο και τον προσανατολισμό της.

Όπου χρειάζονται αρκετά διαφορετικά σήματα συναγερμού, θα πρέπει να ξεχωρίζουν σαφώς το ένα από το άλλο ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν

(συναγερμός πυρός, εκκένωσης, κ.λπ.). Τα διαφορετικά σήματα μπορεί να προέρχονται από κόρνες, σειρήνες, κουμπιά, κ.ά., ενώ και η ένταση, ο τόνος, κ.λπ. του ήχου μπορεί να ποικίλλει. Υπάρχουν ηλεκτρονικά προγραμματιζόμενοι ελεγκτές που μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να παράγουν τους ήχους έκτακτης ανάγκης.

Οι συναγερμοί πυρός και εκκένωσης θα πρέπει κανονικά να παράγουν ήχο μεταξύ 85 και 100 dB, με μέγιστη τιμή τα 120 dB. Θα πρέπει να κυμαίνονται στο φάσμα των 200 έως 5.000 Hz, κατά προτίμηση μεταξύ των 500 και 1.500 Hz. Όπου τα επίπεδα θορύβου είναι υψηλά, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται φάροι που αναβοσβήνουν. Τα χρώματα των φάρων θα πρέπει να αντιστοιχούν στο είδος του συναγερμού που έχει οριστεί για όλο το εργοστάσιο.

Οι πίνακες των συναγερμών και οι ενδείξεις δεν θα πρέπει να τοποθετούνται κάτω από τα 0,76 m περίπου ή πάνω από τα 1,83 m. Εκτός αυτών των ορίων, οι ενδείξεις δύσκολα γίνονται αντιληπτές, ενώ δυσχεραίνεται και η εργασία του προσωπικού συντήρησης.

8.2 Ενεργοποίηση συναγερμού

Οι συναγερμοί θα πρέπει να ενεργοποιούνται από την τοπική ή την κεντρική αίθουσα ελέγχου. Μέσα χειροκίνητης ενεργοποίησης θα πρέπει να παρέχονται για όλα τα σήματα έκτακτης ανάγκης, πυρκαγιάς και τοξικών ατμών. Η ενεργοποίηση των συστημάτων πυρόσβεσης από αυτόματα μέσα θα πρέπει επίσης να θεωρείται ένα είδος συναγερμού. Τα περισσότερα συστήματα ανίχνευσης πυρός και αερίων ρυθμίζονται να ενεργοποιούν αυτόματα συναγερμούς όταν έχουν φτάσει σε προκαθορισμένες τιμές. Η χειροκίνητη ενεργοποίηση σταθμών συναγερμού του εργοστασίου θα πρέπει να συνεπάγεται ενεργοποίηση σε όλα τα επιμέρους σημεία των εγκαταστάσεων.

Η ενεργοποίηση των συναγερμών θα πρέπει να συνοδεύεται από ευκρινή ένδειξη. Η λειτουργία τους θα πρέπει να είναι απλή, άμεση και συνεπής σε όλο το εργοστάσιο ή την εταιρεία, ειδικά αν χρειάζεται μετακίνηση του προσωπικού από ένα σημείο σε ένα άλλο.

8.3 Οδοί εκκένωσης

Οι οδοί εκκένωσης είναι πρωτεύουσας σημασίας για την ασφάλεια των εργαζομένων σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Θα πρέπει να ισχύουν τα εξής:

- Δύο οδοί εκκένωσης, στην πρακτικότερη μεταξύ τους απόσταση, θα πρέπει να παρέχονται σε όλα τα σημεία επεξεργασίας ή τους επανδρωμένους χώρους των εργοστασίων υδρογονανθράκων. Οι περιοχές που θεωρούνται χαμηλού κινδύνου (όπου δεν υπάρχουν υδρογονάνθρακες, χημικά ή άλλα εύφλεκτα υλικά) μπορούν να έχουν μία οδό διαφυγής. Εξαιρέση αποτελούν οι αίθουσες που βρίσκονται σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις κοντά σε χώρους επεξεργασίας υδρογονανθράκων.
- Οι οδοί διαφυγής δεν θα πρέπει να επηρεάζονται από τις επιπτώσεις πυρκαγιών και εκρήξεων (αύξηση της πίεσης, θερμότητα, τοξικοί ατμοί και καπνός).
- Θα πρέπει να είναι ευθείες και να οδηγούν σε ασφαλείς χώρους ή σημεία επιβίβασης.
- Το ελάχιστο πλάτος του 1 m θα πρέπει να διατηρείται σε όλες τις κεντρικές οδούς διαφυγής.

- Το πέρασμα από το ένα επίπεδο στο άλλο θα πρέπει να γίνεται με τις σκάλες (ακόμα και με τις λιγότερο πρακτικές κάθετες). Οι σκάλες θα πρέπει να βρίσκονται κατά προτίμηση στις εξωτερικές πλευρές των εγκαταστάσεων που βλέπουν στην αντίθετη κατεύθυνση από το εργοστάσιο. Σχέδια στα οποία οι σκάλες περνούν ανάμεσα από μηχανήματα ή χώρους επεξεργασίας πρέπει να αποφεύγονται. Στις μονάδες όπου οι πύργοι μπορεί να βρίσκονται πολύ κοντά στην κάμινο, μια επιπλέον πεζογέφυρα που να οδηγεί στο γειτονικό πύργο ή κτήριο μπορεί να αποδειχθεί σωτήρια λύση, ειδικά αν το προσωπικό ανεβαίνει συχνά στους πύργους.
- Η οδός εκκένωσης θα πρέπει να εντοπίζεται και να διασχίζεται εύκολα ακόμα και υπό συνθήκες φωτισμού έκτακτης ανάγκης. Αν η διαδρομή δεν είναι προφανής, κατάλληλη σήμανση (σήματα, βέλη) θα πρέπει να τοποθετείται σε όλο το μήκος της και στα σημεία εξόδου.
- Θα πρέπει να παρέχεται χώρος συγκέντρωσης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Εκεί, μπορεί να γίνει καταμέτρηση του προσωπικού και να δοθούν περαιτέρω οδηγίες εκκένωσης.
- Οι έξοδοι διαφυγής δεν θα πρέπει να εκτίθενται σε σημεία αποχέτευσης και αποστράγγισης του εργοστασίου.

8.4 Πόρτες έκτακτης ανάγκης, έξοδοι και καταπακτές διαφυγής

Οι οδοί και οι πόρτες εξόδου από όλες τις εγκαταστάσεις θα πρέπει να παρέχονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των σχετικών νόμων. Το ελάχιστο πλάτος όλων των οδών εξόδου δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από το παγιωμένο πλάτος του 1 m που υιοθετείται συνήθως. Όπου υπάρχουν αίθουσες με λίγο προσωπικό στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις κοντά στους χώρους επεξεργασίας, μια δευτερεύουσα καταπακτή διαφυγής παρέχεται σαν εναλλακτικό μέσο εξόδου πέρα από την κανονική οδό έκτακτης ανάγκης.

Η σχεδίαση της σκάλας είναι κρίσιμης σημασίας για την ασφαλή εκκένωση. Το πλάτος και το ύψος των σκαλοπατιών πρέπει να είναι ισορροπημένα για να εξασφαλίζεται η αποτελεσματική και ομαλή εκκένωση. Μελέτες ανθρώπων που ανεβοκατεβαίνουν σκάλες έχουν δείξει ότι ο μεγαλύτερος κίνδυνος είναι ο ίδιος ο χρήστης. Η απροσεξία έχει αποδειχθεί ο βασικός παράγοντας ατυχημάτων και τραυματισμών. Οι κώδικες ασφαλείας όσον αφορά την τοποθέτηση της σκάλας προβλέπουν περιορισμούς όσον αφορά τη χρήση κυκλικών ή σπειροειδών σκαλοπατιών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η έγκαιρη και ασφαλής εκκένωση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

Χώροι αποθήκευσης εύφλεκτων υγρών (δεξαμενές λιπαντικών λαδιών ή καυσίμων) δεν θα πρέπει κανονικά να τοποθετούνται σε απόσταση 1,8 m από τις οδούς διαφυγής, ειδικά αν πρόκειται για τα μοναδικά μέσα εξόδου από κλειστούς χώρους.

8.5 Σήμανση και εντοπισμός

Όπου είναι πρακτικό, οι οδοί μεταξύ των σημείων εξόδου θα πρέπει να ορίζονται με γραμμές βαμμένες στο δάπεδο με ανακλαστική μπογιά. Όλες οι πόρτες εξόδου θα πρέπει να έχουν ειδική σήμανση. Κατευθυντικά βέλη και επιγραφές θα πρέπει να τοποθετούνται κατά μήκος των οδών διαφυγής όπου χρειάζεται για να

καθοδηγούν το προσωπικό προς τα σημεία εξόδου ή την περίμετρο του εργοστασίου. Τα βέλη θα πρέπει να είναι κατά προτίμηση φθορίζοντα.

8.6 Φωτισμός έκτακτης ανάγκης

Φωτισμός 10 lux τουλάχιστον θα πρέπει να παρέχεται στο κέντρο των οδών εκκένωσης. Ο φωτισμός θα πρέπει να είναι διαθέσιμος στις οδούς αυτές όσο υπολογίζεται ότι μπορεί να διαρκέσει η εκκένωση (όχι λιγότερο από 90 λεπτά).

8.7 Εκκένωση υπεράκτιων εγκαταστάσεων

Οι μέθοδοι εκκένωσης των υπεράκτιων εγκαταστάσεων εξαρτώνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που μπορεί να αναπτυχθούν στην περιοχή και τη σχετική απόσταση από την ξηρά. Οι περιοχές με ψυχρότερο κλίμα εμποδίζουν την κατάδυση και οι απομακρυσμένες υπεράκτιες εγκαταστάσεις δέχονται καθυστερημένα βοήθεια από την ξηρά. Τα προτιμότερα και καταλληλότερα μέσα εκκένωσης των υπεράκτιων εγκαταστάσεων είναι τα ελικόπτερα. Λόγω της φύσης των πυρκαγιών και των εκρήξεων που επηρεάζουν την ατμόσφαιρα γύρω από την υπεράκτια εγκατάσταση, βέβαια, τα ελικόπτερα δεν έχουν πάντα πρόσβαση, ενώ δεν θα πρέπει να αποτελούν πρώτη επιλογή σε περιπτώσεις όπου οι χώροι του προσωπικού βρίσκονται στο ίδιο σημείο με τους χώρους επεξεργασίας των υδρογονανθράκων.

α) Περιβάλλοντα βόρειου/νότιου Ατλαντικού και βόρειου/νότιου Ειρηνικού

Περιοχές του βόρειου και νότιου Ατλαντικού καθώς και του βόρειου και νότιου Ειρηνικού παρουσιάζουν σε μόνιμη βάση ακραίες και εχθρικές περιβαλλοντικές συνθήκες που περιορίζουν τις πιθανότητες επιβίωσης χωρίς τη λήψη κατάλληλων προστατευτικών μέτρων. Σε αυτές τις τοποθεσίες, η πιθανότητα επιβίωσης αυξάνεται με την παροχή σταθερών ασφαλών καταφυγίων περισσότερο, παρά με την παροχή μέσων διαφυγής. Για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, τα ιστορικά στοιχεία έχουν δείξει ότι τόσο ελικόπτερα όσο και σωσίβιες λέμβοι μπορεί να μην είναι διαθέσιμα σε περιπτώσεις καταστροφικών ατυχημάτων. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για τις απομακρυσμένες εγκαταστάσεις της ξηράς που βρίσκονται σε περιοχές όπου ο χειμώνας είναι βαρύς.

β) Εύκρατα και τροπικά περιβάλλοντα

Πρόκειται για περιοχές με ηπιότερες καιρικές συνθήκες όπου δεν χρειάζεται επιπλέον προστασία για την έκθεση στο περιβάλλον. Μπορεί, όμως, να παρουσιάζουν άλλες απειλές που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όπως καρχαρίες, τυφώνες, ηφαιστειακή δραστηριότητα και τσουνάμι.

8.8 Μέσα διαφυγής

Γενικά, θα πρέπει να παρέχονται τουλάχιστον δύο μέσα πρόσβασης από όλα τα σημεία συγκέντρωσης προσωπικού στη θάλασσα. Τα μέσα αυτά συνήθως επιλέγονται από τα ακόλουθα:

i. Σκάλες.

- ii. Σωσίβιες λέμβοι ή σχεδίες που απελευθερώνονται από βραχίονες.
- iii. Συσκευές καθόδου με ανάκληση.
- iv. Δίχτυα ή σχοινιά με κόμπους.
- v. Σωληνωτές τσουλήθρες.
Στην περίπτωση των εγκαταστάσεων με μικρό αριθμό προσωπικού, συνήθως παρέχονται μέσα εκκένωσης δια θαλάσσης από δύο απομακρυσμένα σημεία. Τα μέσα αυτά περιλαμβάνουν:
 - i. Συσκευές καθόδου με ανάκληση.
 - ii. Σωσίβιες λέμβους ή σχεδίες.
 - iii. Συσκευές επίπλευσης (σωσίβια).

Οι σωσίβιες λέμβοι που θα επιλεγούν για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις θα πρέπει να μπορούν να απομακρυνθούν έγκαιρα από αυτές. Πρόσφατα κυριάρχησε η τάση οι σωσίβιες λέμβοι να τοποθετούνται με φορά προς τα έξω, έτσι ώστε η απομάκρυνση από τις εγκαταστάσεις να είναι αμεσότερη και ο κίνδυνος να παρασυρθούν μέσα στην πλατφόρμα από τα κύματα και το ρεύμα μικρότερος. Η τοποθέτηση με αυτή τη φορά μειώνει επίσης το χρόνο εκκένωσης και απομάκρυνσης από το σημείο του ατυχήματος.

Κεφάλαιο 9^ο : Μέθοδοι πυρόσβεσης

Στόχος των συστημάτων πυρόσβεσης είναι η ψύξη, ο έλεγχος της πυρκαγιάς (προκειμένου να μην εξαπλωθεί) και η αντιμετώπιση του ατυχήματος. Υπάρχουν πολλές και ποικίλες μέθοδοι πυρόσβεσης για την προστασία των εγκαταστάσεων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο φορητά όσο και σταθερά συστήματα. Η αποτελεσματικότητα των μέτρων πυρόσβεσης μπορεί να οριστεί με βάση το ρυθμό ροής του πυροσβεστικού παράγοντα και τη μέθοδο παροχής του.

Προτού καθοριστεί η ανάγκη για λήψη μέτρων πυροπροστασίας, θα πρέπει να αναγνωρισθεί ο τύπος της πυρκαγιάς στον οποίο υπάρχει κίνδυνος έκθεσης. Με τον ορισμό του τύπου πυρκαγιάς, μπορεί να εκτιμηθεί η επάρκεια των μέτρων πυροπροστασίας που έχουν παρθεί με βάση τη φιλοσοφία προστασίας των εγκαταστάσεων. Η ευκολότερη μέθοδος για να καλυφθούν οι απαιτήσεις όσον αφορά την προστασία είναι η αναγνώριση των υλικών και των πιέσεων που εμπλέκονται στη διαδικασία.

9.1 Φορητοί πυροσβεστήρες

Τα ιστορικά στοιχεία έχουν δείξει ότι οι φορητοί (δηλαδή οι χειροκίνητοι) πυροσβεστήρες είναι η συνηθέστερη μέθοδος κατάσβεσης πυρκαγιών από υδρογονάνθρακες στην πετρελαϊκή βιομηχανία σε αρχικό στάδιο. Η ανθρώπινη επιτήρηση σε συνδυασμό με την ικανότητα ταχείας και αποτελεσματικής αντίδρασης στο ξεκίνημα της φωτιάς έχουν εμποδίσει αμέτρητα ατυχήματα στην πετρελαϊκή βιομηχανία από το να εξελιχθούν σε μεγάλης κλίμακας καταστροφές. Στόχος της παροχής φορητών πυροσβεστήρων είναι να υπάρχει μεγάλο διαθέσιμο απόθεμα πυροσβεστικών μέσων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πρώτα στάδια της πυρκαγιάς. Όταν εξαντληθούν αυτά τα μέσα πυρόσβεσης ή η πυρκαγιά έχει εξαπλωθεί σε σημείο να μην ελέγχεται με χειροκίνητες μεθόδους, θα πρέπει να ενεργοποιηθούν τα σταθερά συστήματα πυρόσβεσης και τα συστήματα διαχείρισης ατυχημάτων (π.χ. ενεργοποίηση ESD). Μόνο εκπαιδευμένο προσωπικό θα πρέπει να χειρίζεται τους φορητούς πυροσβεστήρες.

Ο φορητός πυροσβεστήρας είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για την κατάσβεση πυρκαγιών περιορισμένου μεγέθους. Οι φορητοί πυροσβεστήρες ταξινομούνται ανάλογα με την καταλληλότητά τους για ορισμένο τύπο πυρκαγιάς (π.χ. A, B, C ή D) και την αναμενόμενη έκταση κατάσβεσης. Οι τέσσερις τύποι πυρκαγιών χωρίζονται με βάση τον τύπο του υλικού που καίγεται. Οι πυρκαγιές Κατηγορίας A περιλαμβάνουν αυτές κατά τις οποίες καίγονται κοινά υλικά όπως ξύλο, ύφασμα και χαρτί. Οι πυρκαγιές Κατηγορίας B είναι αυτές στις οποίες καίγονται εύφλεκτα υγρά και λάδια. Οι πυρκαγιές Κατηγορίας C είναι αυτές στις οποίες εμπλέκεται ηλεκτρικός εξοπλισμός. Οι πυρκαγιές κατηγορίας D, τέλος, έχουν να κάνουν με καύσιμα μέταλλα όπως μαγνήσιο, κάλιο και νάτριο.

Η αριθμητική κατάταξη πάνω στον πυροσβεστήρα είναι σχετική. Αποδίδεται από αναγνωρισμένα εργαστήρια δοκιμών και έχει να κάνει με τη μέση καιγόμενη έκταση που μπορεί να κατασβεστεί σύμφωνα με τις μεθόδους που έχει ορίσει ο εκάστοτε εθνικός οργανισμός.

Οι κατηγορίες των φορητών πυροσβεστήρων που κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται αναφέρονται παρακάτω :

Πυροσβεστήρες για πυρκαγιές Κατηγορίας A

Οι πυροσβεστήρες Κατηγορίας A συνήθως βασίζονται σε νερό. Το νερό παρέχει απορρόφηση θερμότητας (ψύξη) από το καιγόμενο υλικό για την κατάσβεση της φωτιάς. Οι πυροσβεστήρες νερού υπό πίεση χρησιμοποιούν πεπιεσμένο αέρα για την εκτόξευση του νερού.

Πυροσβεστήρες για πυρκαγιές Κατηγορίας B

Οι πυρκαγιές Κατηγορίας B μπορούν να κατασβεστούν με τον αποκλεισμό του αέρα, με την καθυστέρηση της διαρροής εύφλεκτων ατμών, ή με τη διακοπή της αλυσιδωτής αντίδρασης της καύσης. Τρεις τύποι πυροσβεστικών παραγόντων (διοξείδιο του άνθρακα, ξηρά χημικά και αφρός) χρησιμοποιούνται για πυρκαγιές που έχουν να κάνουν με εύφλεκτα υγρά και λάδια. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένας συμπιεσμένος αέριος παράγοντας που εμποδίζει την καύση αντικαθιστώντας το οξυγόνο στον αέρα γύρω από τη φωτιά. Οι δύο τύποι πυροσβεστήρων με ξηρά χημικά περιλαμβάνουν έναν που περιέχει κοινό νάτριο ή διπτανθρακικό κάλιο, συνδυασμό ουρίας και διπτανθρακικού κάλιου, καθώς και παράγοντες με βάση το χλωριούχο κάλιο. Ο δεύτερος τύπος πολλαπλών χρήσεων περιέχει βάση φωσφορικού αμμωνίου. Ο πυροσβεστήρας πολλαπλών χρήσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πυρκαγιές κατηγορίας A, B και C. Οι περισσότεροι πυροσβεστήρες ξηρών χημικών χρησιμοποιούν πίεση για την απελευθέρωση του παράγοντα και η φωτιά σβήνει κυρίως με τη διακοπή της αλυσιδωτής αντίδρασης της καύσης. Οι πυροσβεστήρες αφρού χρησιμοποιούν έναν παράγοντα AFFF (aqueous film forming foam) που εκτοξεύει στρώμα αφρού από στόμιο. Ο αφρός αυτός λειτουργεί σαν εμπόδιο στο οξυγόνο.

Πυροσβεστήρες για πυρκαγιές Κατηγορίας C

Ο πυροσβεστικός παράγοντας στους πυροσβεστήρες για φωτιές κατηγορίας C πρέπει να μην είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Τόσο το διοξείδιο του άνθρακα όσο και τα ξηρά χημικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις πυρκαγιές από ηλεκτρικό ρεύμα. Ένα πλεονέκτημα του διοξειδίου του άνθρακα είναι ότι δεν αφήνει κατάλοιπα μετά την κατάσβεση της πυρκαγιάς. Όταν δεν λειτουργεί ο ηλεκτρικός εξοπλισμός, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πυροσβεστήρες για πυρκαγιές κατηγορίας A ή B.

Πυροσβεστήρες για πυρκαγιές Κατηγορίας D

Για τις πυρκαγιές από καύσιμα μέταλλα χρειάζεται ένα μέσο κατάσβεσης που να απορροφά τη θερμότητα. Επίσης, το κατασβεστικό μέσο δεν θα πρέπει να αντιδρά με το καιγόμενο μέταλλο. Οι πυροσβεστικοί παράγοντες που είναι γνωστοί ως ξηρές σκόνες καλύπτουν το καιγόμενο μέταλλο και παρέχουν έναν πυροσβεστικό μανδύα.

Η ετικέτα του πυροσβεστήρα περιλαμβάνει τις οδηγίες χρήσης και πληροφορίες σχετικά με την κατηγορία ή τις κατηγορίες πυρκαγιάς στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια. Οι εγκεκριμένοι πυροσβεστήρες φέρουν επίσης τα σήματα των εργαστηρίων στα οποία εξετάστηκαν.

Φορητοί πυροσβεστήρες πρέπει να τοποθετούνται σε όλους τους χώρους επεξεργασίας υδρογονανθράκων έτσι ώστε να μην απέχουν περισσότερο από 15 m από τα σημεία όπου βρίσκεται προσωπικό. Συνήθως, τοποθετούνται σε κεντρικούς διαδρόμους ή στις εξόδους, κοντά σε επικίνδυνα υλικά ή κοντά σε άλλες συσκευές

για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Κρεμιούνται στο 1 m περίπου από το δάπεδο, μπροστά σε κόκκινο φόντο.

9.2 Συστήματα πυρόσβεσης με νερό

Το νερό είναι το πιο χρήσιμο και ζωτικής σημασίας μέσο πυρόσβεσης, είτε χρησιμοποιείται από σταθερά συστήματα είτε από φορητές χειροκίνητες συσκευές στις πετρελαϊκές εγκαταστάσεις. Είναι σχετικά φθηνό και συνήθως άφθονο. Έχει τεράστια ικανότητα απορρόφησης θερμότητας. Γύρω στα 3,8 lt απορροφούν περίπου 1.512 kcal (6.000 Btu) κατά την εξάτμιση. Ο ατμός που δημιουργείται από την εξάτμιση του νερού διαστέλλεται περίπου 17.000 φορές τον όγκο του στις ανοιχτές ατμόσφαιρες και περιορίζει τις διαδικασίες καύσης, μετατοπίζοντας το οξυγόνο στο σημείο.

Όταν το νερό συνδυάζεται με άλλα πρόσθετα, μπορεί να ελέγξει και να σβήσει τις περισσότερες πυρκαγιές στις πετρελαϊκές εγκαταστάσεις. Ένα σύστημα πυρόσβεσης με νερό αποτελείται από μια πηγή τροφοδοσίας, ένα σύστημα διανομής και εξοπλισμό όπως σταθερά συστήματα ψεκασμού, μόνιτορ, τυλιχτήρες σωλήνες και κρουνοί. Στόχος των συστημάτων πυρόσβεσης με νερό είναι παράσχουν ψύξη, έλεγχο της πυρκαγιάς, κατάσβεση, ενώ μπορεί να βοηθήσουν και στο διασκορπισμό εύφλεκτων ή τοξικών ατμών.

Όταν παρέχονται συστήματα πυρόσβεσης με νερό, θα πρέπει να εξετάζεται ο τρόπος άντλησης του νερού μετά την κατάσβεση. Πολύ σημαντικές είναι η χωρητικότητα και η θέση των συστημάτων άντλησης. Το νερό που χρησιμοποιείται για πυρόσβεση συνήθως επιβαρύνει περισσότερο το σύστημα αποχέτευσης απ' ό,τι οι βροχοπτώσεις ή οι τυχαίες διαρροές στις πετρελαϊκές εγκαταστάσεις.

Παροχή νερού

Οι πηγές τροφοδοσίας νερού μπορεί να είναι το δίκτυο υδροδότησης, μια ειδική δεξαμενή και αντλίες, ή μια γειτονική λίμνη, ένα ποτάμι, ή, στην περίπτωση των υπεράκτιων εγκαταστάσεων, η θάλασσα. Ποσότητες υφάλμυρου ή αλμυρού νερού μπορούν να χρησιμοποιηθούν αν εφαρμόζονται επαρκή μέτρα προστασίας από τη διάβρωση σε όλο το σύστημα πυρόσβεσης με νερό, σε περίπτωση που αυτό σχεδιάζεται να χρησιμοποιηθεί για μεγάλο διάστημα (άνω των πέντε ετών). Αν η διάρκεια χρήσης του συστήματος υπολογίζεται να είναι περιορισμένη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υλικά ανθεκτικά στη διάβρωση (ανθρακοχάλυβας, γαλβανισμένη λαμαρίνα, κ.λπ.), αρκεί η ακεραιότητά τους να ελέγχεται τακτικά και σωμάτια διάβρωσης να μην επηρεάζουν την αποτελεσματική λειτουργία.

Σύμφωνα με διεθνείς κανονισμούς, οι περισσότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδρογονανθράκων και οι μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι πρέπει να έχουν ελάχιστη διάθεση νερού για τέσσερις ώρες. Η ανάλυση κινδύνων μπορεί να αποκαλύψει αν το επίπεδο πυροπροστασίας του είδους είναι ανώτερο ή κατώτερο από το απαιτούμενο. Μετά την ολοκλήρωση λεπτομερούς σχεδίου των εγκαταστάσεων, ή αφού επαληθευτούν οι απαιτήσεις σε νερό, μπορεί να γίνει ένας απλός υπολογισμός των αναγκών. Ο υπολογισμός αυτός θα δείξει τις απαιτήσεις σε πυκνότητα ψεκασμού, επίπεδα διάρκειας και άλλα χαρακτηριστικά.

Πυροσβεστικές αντλίες

Τα συστήματα πυροσβεστικών αντλιών απαιτούνται σχεδόν παντού. Τα μεγέθη των αντλιών εξαρτώνται από τις απαιτήσεις σε τροφοδοσία νερού για την

προστασία από κινδύνους. Όταν ενδείκνυνται οι πυροσβεστικές αντλίες ως σταθερά μέσα τροφοδοσίας με νερό, παρέχονται δύο πηγές, μια κύρια και μια εφεδρική. Το προτιμώμενο κινητήριο σύστημα για τις πυροσβεστικές αντλίες στα περισσότερα εργοστάσια υδρογονανθράκων, όταν υπάρχει αξιόπιστο και ανθεκτικό ηλεκτρικό δίκτυο, είναι ο ηλεκτρικός κινητήρας που λαμβάνει ενέργεια από δύο διαφορετικές πηγές (π.χ. γεννήτριες). Διαφορετικά, παρέχονται τουλάχιστον μια ηλεκτρική και μια άλλη εφεδρική κινητήρια μονάδα (κινητήρας ντίζελ, αερίου ή ατμού). Όταν το ηλεκτρικό δίκτυο δεν είναι αξιόπιστο, θα πρέπει να παρέχονται κινητήρες άλλου τύπου.

Στις μέρες μας, τα ηλεκτρικά δίκτυα των βιομηχανικών χωρών και οι ηλεκτρικοί κινητήρες υψηλής ιπποδύναμης που διατίθενται στο εμπόριο χαρακτηρίζονται από μεγάλη αξιοπιστία, οπότε η ανάγκη για ανεξάρτητο κινητήριο σύστημα δεν είναι η ίδια με τις προηγούμενες δεκαετίες. Η συντήρηση, οι βλάβες, τα αποθέματα καυσίμου, τα όργανα και τα χειριστήρια που χρειάζεται ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης σε σχέση με έναν ηλεκτρικό δείχνουν ότι δεν αποτελεί οικονομική λύση. Φυσικά, θα πρέπει να διασφαλίζονται η ακεραιότητα και η αξιοπιστία των ηλεκτρικών πηγών ενέργειας και των υποδομών. Όπου χρειάζονται περισσότερες από μία πυροσβεστικές αντλίες, καλό είναι οι ηλεκτρικοί κινητήρες να συνδυάζονται και με ένα σύστημα άλλου είδους. Οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις αποτελούν ιδανικό υποψήφιο για αυτή την επιλογή, όπου ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης μαζί με μια γεννήτρια παρέχουν ρεύμα για ηλεκτρονικά βυθιζόμενες αντλίες ή υδραυλικά συστήματα, περιορίζοντας έτσι την ανάγκη για στροβιλαντλίες που χρειάζονται ειδική στοίχιση για να λειτουργήσουν. Οι πετρελαϊκές εγκαταστάσεις σε τοποθεσίες του τρίτου κόσμου γενικά εξαρτώνται από τη δική τους παραγωγή ρεύματος, οπότε τα άλλα είδη κινητήρων επιλέγονται συνήθως για τις πυροσβεστικές αντλίες προκειμένου να μειωθεί το μέγεθος και το κόστος των γεννητριών ηλεκτρικού ρεύματος.

Για να αποφεύγονται κοινές βλάβες, οι κύριες και εφεδρικές πυροσβεστικές αντλίες δεν θα πρέπει να τοποθετούνται η μία ακριβώς δίπλα στην άλλη, αλλά να βρίσκονται ιδανικά σε ξεχωριστές θέσεις στις εγκαταστάσεις. Θα πρέπει να τροφοδοτούνται από το σύστημα διανομής νερού πυρόσβεσης από σημεία που απέχουν όσο το δυνατόν περισσότερο το ένα από το άλλο. Στην πράξη, εκτός από τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, τα περισσότερα μικρού και μεσαίου μεγέθους εργοστάσια διαθέτουν μία δεξαμενή νερού πυρόσβεσης, γεγονός που επιβάλλει την τοποθέτηση όλων των πυροσβεστικών αντλιών κοντά σε αυτή. Ακόμα και υπό αυτές τις συνθήκες, καλό θα ήταν η κύρια αντλία να χωρίζεται από την εφεδρική και να ενώνονται σε άλλα σημεία με το σύστημα διανομής νερού. Αυτό εξαρτάται κυρίως από τα επίπεδα επικινδυνότητας των εγκαταστάσεων και την απόσταση της πυροσβεστικής αντλίας από τον χώρο επεξεργασίας. Οι πυροσβεστικές αντλίες θα πρέπει να βρίσκονται όσο το δυνατόν μακρύτερα από το χώρο επεξεργασίας, κατά προτίμηση σε μεγαλύτερο ύψος και προσήνεμα. Εξέταση εκατό μεγάλων πυρκαγιών στην πετρελαϊκή βιομηχανία έδειξε ότι η βλάβη των πυροσβεστικών αντλιών συνέβαλε σημαντικά στη μεγάλη κλίμακα καταστροφή των εγκαταστάσεων σε δώδεκα από τα ατυχήματα.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των πυροσβεστικών αντλιών εξαρτώνται από τις ιδιότητες της πηγής νερού που θα χρησιμοποιηθεί. Για τις πηγές γλυκού νερού (π.χ. το κεντρικό δίκτυο υδροδότησης), συνήθως κάνει ο χυτοσίδηρος, αν και χρησιμοποιείται και μπρούντζος στο εσωτερικό. Η χρήση υφάλμυρου ή θαλασσινού νερού απαιτεί υλικά με μεγάλη αντοχή στη διάβρωση και πιθανώς επικαλύψεις. Συνήθως χρησιμοποιείται κράμα μπρούντζου, μονέλ, ή διπλό

ανοξείδωτο ασάλι, ενίοτε σε συνδυασμό με βαφή ή ειδική επικάλυψη που είναι ανθεκτική στη διάβρωση.

Στην περίπτωση των χερσαίων εγκαταστάσεων, το νερό μπορεί να παρέχεται από το κεντρικό δίκτυο υδροδότησης, από δεξαμενές αποθήκευσης, λίμνες και ποτάμια. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται συμβατική οριζόντια αντλία. Το προτιμώμενο σχέδιο για τις χερσαίες πυροσβεστικές αντλίες είναι οριζόντιου φυγόκεντρου τύπου με σχετικά επίπεδη καμπύλη απόδοσης (πίεση έναντι ποσότητας). Η πίεση εκτόξευσης καθορίζεται από την ελάχιστη υπολειμματική πίεση που απαιτείται στο πιο απομακρυσμένο σημείο των εγκαταστάσεων. Λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες λόγω τριβής των σωληνώσεων.

Όπου χρειάζεται σημαντική ανύψωση, όπως στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, διατίθενται αρκετές επιλογές, όπως υδραυλικά συστήματα ή ηλεκτρικές βυθιζόμενες αντλίες. Οι κάθετες στροβιλαντλίες χρησιμοποιούνται ευρέως στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, αλλά η πρόσφατη βελτίωση της αξιοπιστίας των ηλεκτρικών βυθιζόμενων αντλιών και των υδραυλικών μονάδων βοήθησαν στη διάδοση και αυτών των συστημάτων, τα οποία περιορίζουν τα προβλήματα στοίχισης και το βάρος και, σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι λιγότερο περίπλοκα από τις κάθετες μονάδες που πρέπει να υψωθούν με κινητήρα υπό σωστή γωνία. Οι υδραυλικοί υπολογισμοί για υπεράκτιες εγκαταστάσεις αντλιών θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη διακυμάνσεις λόγω της παλίρροιας και των κυμάτων.

Πολύ σημαντική για την εγκατάσταση πυροσβεστικών αντλιών κοντά σε μεγάλα σώματα νερού είναι η συχνότητα και η έκταση των υποβρύχιων επιχειρήσεων κοντά στην καμπάνα αναρρόφησης ή το άνοιγμα της υποβρύχιας πυροσβεστικής αντλίας. Οι υποβρύχια επιχειρήσεις συνήθως λαμβάνουν χώρα κοντά στα δομικά στηρίγματα των υπεράκτιων εγκαταστάσεων για τον έλεγχο διάβρωσης, τυχόν μετατροπές, επιθεωρήσεις, κ.λπ. Το υψηλό ρεύμα στο σημείο εισαγωγής της βυθισμένης αντλίας ενέχει κινδύνους για τους δύτες. Μια απλή λύση είναι να τοποθετείται ένα μεγάλο προστατευτικό πλέγμα σε ικανή απόσταση γύρω από την εισαγωγή της αντλίας, έτσι ώστε να περιορίζονται οι ταχύτητες του νερού κάτω από το όριο που θα μπορούσε να προκαλέσει ανησυχία στους δύτες. Η International Association of Underwater Engineering Contractors έχει εκδώσει οδηγίες που περιγράφει τις απαιτήσεις αυτές.

Όταν είναι εγκατεστημένες περισσότερες από μία αντλίες, θα πρέπει να συγχρονίζονται ώστε να εκκινούν διαδοχικά, καθώς η άμεση ενεργοποίηση όλων των αντλιών μπορεί να μην είναι αναγκαία και να προκαλέσει βλάβη στο σύστημα. Ανάλογα με τον αριθμό των διαθέσιμων αντλιών, το σύστημα μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε να ενεργοποιείται πρώτα στα κεντρικότερα σημεία. Όλες οι πυροσβεστικές αντλίες θα πρέπει να μπορούν να ενεργοποιηθούν από απόσταση, μέσω διακοπών τοποθετημένων σε επανδρωμένα κέντρα ελέγχου.

Αντλίες μικρής χωρητικότητας παρέχονται συνήθως στα συστήματα του είδους για χρήση σε περιπτώσεις μικρών διαρροών ή άλλων τέτοιων συμβάντων, ώστε να μην ενεργοποιούνται οι κύριες αντλίες. Ρυθμίζονται να εκκινούν στα 0,70 με 1,05 kg/m² (10 με 15 psi) πάνω από την πίεση εκκίνησης των κεντρικών πυροσβεστικών αντλιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σύνδεση με το κεντρικό δίκτυο υδροδότησης αντί για την αντλία μικρής χωρητικότητας, αλλά στις περιπτώσεις αυτές τοποθετείται βαλβίδα ελέγχου έτσι ώστε το νερό πυρόσβεσης να μην αποστραγγιστεί από το κεντρικό δίκτυο. Οι αντλίες μικρής χωρητικότητας δεν χρειάζεται να είναι το ίδιο αξιόπιστες με τις κύριες αντλίες πυρόσβεσης και δεν θα

πρέπει να συνυπολογίζονται στην καταγραφή των διαθέσιμων πυροσβεστικών μέσων.

Οι πυροσβεστικές αντλίες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για την προστασία από τη φωτιά. Θα μπορούσαν να τροφοδοτούν και εφεδρικό σύστημα για ψύξη των εγκαταστάσεων επεξεργασίας σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, αλλά δεν θα πρέπει να αποτελούν το κύριο τροφοδοτικό μέσο. Αν υπάρχει τέτοιο εφεδρικό σύστημα, θα πρέπει να ελέγχεται αυστηρά και να είναι εύκολα προσβάσιμο για άμεση απενεργοποίηση σε περίπτωση σοβαρού κινδύνου.

Μέθοδος δοκιμής των πυροσβεστικών αντλιών θα πρέπει να παρέχεται προκειμένου να διαπιστωθεί η επαρκής απόδοση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Επιπλέον, η απόδοση των αντλιών θα πρέπει να εξετάζεται στο πλαίσιο ελέγχων πυροπροστασίας, ερευνών σχετικά με την ασφάλεια και διαδικασιών συντήρησης. Η προληπτική συντήρηση μπορεί να γίνεται προτού οι πυροσβεστικές αντλίες φτάσουν σε μειωμένα επίπεδα ροής και χρειάζονται αντικατάσταση. Μετρητές πίεσης θα πρέπει να παρέχονται στα σημεία αναρρόφησης και εκτόξευσης καθώς και μια μέθοδος επιβεβαίωσης της ποσότητας του νερού σε κάθε σημείο δοκιμής. Οι μετρήσεις των σωληνώσεων θα πρέπει να αφορούν και τη μέγιστη ροή της μονάδας εκτός από τη χωρητικότητα.

Η τελευταία τάση είναι η εγκατάσταση ηλεκτρομαγνητικού ροόμετρου σταθερής κατάστασης με ψηφιακή ένδειξη ακριβείας, αλλά και τα ροόμετρα κάθετου στομίου εκροής χρησιμοποιούνται ακόμα ευρέως. Σε περιπτώσεις όπου δεν διατίθενται συσκευές μέτρησης της ροής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στόμια από κρουνοί ή μάνικες ή ακόμα και φορητά ηλεκτρομαγνητικά ή υπερηχητικά ροόμετρα. Το ιδανικό θα ήταν ένα σχέδιο στο οποίο το νερό που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ροής επιστρέφει στη δεξαμενή από την οποία αντλήθηκε χωρίς να χρειάζονται πολλές ρυθμίσεις και άντληση του νερού που χύθηκε. Στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, μια δοκιμαστική γραμμή αποστράγγισης επιστρέφει στην επιφάνεια της θάλασσας, καθώς η διοχέτευση του νερού ακριβώς κάτω από την εγκατάσταση μπορεί να επηρεάσει το προσωπικό που εργάζεται στα χαμηλότερα επίπεδα.

Η αγορά ή ο προσδιορισμός των προδιαγραφών μιας πυροσβεστικής αντλίας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε χώρο επεξεργασίας υδρογονανθράκων θα πρέπει να συμφωνεί με τα αναγνωρισμένα διεθνή πρότυπα για τον εξοπλισμό του είδους.

9.3 Συστήματα διανομής νερού για πυρόσβεση

Το σύστημα διανομής είναι μια διάταξη σωληνώσεων ρυθμισμένη έτσι ώστε να εξασφαλίζεται παροχή νερού στην επιθυμητή περιοχή, ακόμα κι αν ένα τμήμα του συστήματος έχει απομονωθεί για επιδιόρθωση. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα δίκτυο σωληνών σε μορφή βρόχου και με βαλβίδες απομόνωσης σε στρατηγικά σημεία. Ένα δίκτυο σε σχήμα βρόχου θα πρέπει υπάρχει γύρω από κάθε χώρο επεξεργασίας. Στις χερσαίες εγκαταστάσεις, οι σωληνώσεις πυροπροστασίας είναι συνήθως θαμμένες. Στις υπεράκτιες, πρέπει να βρίσκονται πίσω από τα δομικά μέρη για προστασία από ζημιές από πυρκαγιές και κυρίως από εκρήξεις. Αν οι σωληνώσεις πρέπει να είναι εκτεθειμένες, θα πρέπει να ασφαρίζονται σε οριζόντια και κάθετη διεύθυνση για να προστατεύονται από φορτία υπερπίεσης από ενδεχόμενες εκρήξεις. Οι συνδέσεις με παρεμβύσματα θα πρέπει να αποφεύγονται, καθώς μπορεί να αποδειχθούν το πιο αδύναμο σημείο, ή να επιτρέψουν διαρροή.

Παρόλα αυτά, προτιμούνται αρκετά στις υπεράκτιες κατασκευές, καθώς περιορίζουν τα κόστη ειδικής συγκόλλησης.

Η διαμέτρηση των σωληνώσεων βασίζεται σε υδραυλική ανάλυση για το δίκτυο διανομής νερού. Ο κύριος σωλήνας παροχής θα πρέπει να έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να παρέχει το 150% του ρυθμού ροής. Οι απαιτήσεις όσον αφορά την υπολειμματική πίεση και τη ροή στο πιο απομακρυσμένο από την πηγή τροφοδοσίας σημείο επεξεργασίας ή αποθήκευσης υδρογονανθράκων ορίζουν τα μεγέθη του υπόλοιπου συστήματος. Οι συνήθεις απαιτήσεις αξιοπιστίας προτείνουν τουλάχιστον δύο πηγές τροφοδοσίας που απέχουν η μια από την άλλη. Συνεπώς, δύο υπολογισμοί ροής πρέπει να εκτελούνται για τον καθορισμό του ελάχιστου μεγέθους των σωληνών διανομής. Γενικά απαιτεί η ελάχιστη υπολειμματική πίεση στην κεντρική οδό τροφοδοσίας να μην είναι μικρότερη από 6,9 bar (100 psi). Θα πρέπει να γίνονται υπολογισμοί όσον αφορά την ταχύτητα. Οι υπολογισμοί του είδους επιβεβαιώνουν ότι οι ροές δεν είναι παρά τα όρια του υλικού που χρησιμοποιείται.

Συνήθως, η κεντρική παροχή νερού πυρόσβεσης είναι μεταλλική (ανθρακοχάλυβας, kunifer, κ.λπ.). Κάποιες πιο πρόσφατες εγκαταστάσεις έχουν χρησιμοποιήσει ενισχυμένες πλαστικές σωληνώσεις για το υπόγειο τμήμα του δικτύου διανομής. Η επιλογή αυτή είναι αποδεκτή αρκεί το σύστημα παροχής νερού για πυρόσβεση να μένει πιεσμένο. Αν η πίεση αφαιρεθεί, το βάρος του χώματος θα παραμορφώσει τις πλαστικές σωληνώσεις, δίνοντάς τους ένα οβάλ σχήμα. Τελικά, θα υπάρξουν διαρροές στις ενώσεις που δεν μπορούν να αντέξουν το βάρος. Οι σωληνώσεις διανομής του νερού δεν θα πρέπει να περνούν κάτω από κτήρια, δεξαμενές, εξοπλισμό, δομικά θεμέλια, κ.λπ. τόσο για να είναι προσβάσιμες στο μέλλον όσο και για να μην υφίστανται το επιπλέον βάρος.

Το σύστημα διανομής νερού για πυρόσβεση θα πρέπει να περιορίζεται σε αυτήν ακριβώς τη χρήση. Η χρήση για διαδικασίες επεξεργασίας ή άλλες υπηρεσίες έχει επιπτώσεις στη λειτουργία και τη χωρητικότητα του συστήματος, ειδικά στην πίεσή του.

Τα υδραυλικά σχεδιασμένα συστήματα προτιμώνται για τη βελτίωση της ροής του νερού αλλά και την ικανοποίηση των απαιτήσεων όσον αφορά την αποθήκευση του νερού και τα υλικά των σωληνώσεων. Σε κάθε περίπτωση, ο κεντρικός συλλέκτης δεν θα πρέπει να έχει διάμετρο μικρότερη των 203 mm. Οι σωληνώσεις που κατευθύνονται σε κρουνοί, σημεία ελέγχου, μάνικες και άλλα προστατευτικά συστήματα θα πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 152 mm.

9.4 Έλεγχος του νερού πυρόσβεσης και βαλβίδες απομόνωσης

Όλες οι βαλβίδες ελέγχου των σταθερών συστημάτων πυρόσβεσης θα πρέπει να βρίσκονται εκτός της περιοχής που διατρέχει κίνδυνο πυρκαγιάς, αλλά σε απόσταση κατάλληλη για χειροκίνητη ενεργοποίηση. Για τα σημεία υψηλού κινδύνου (όπως τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις), θα πρέπει να εξετάζονται διπλά μέσα τροφοδοσίας για τα συστήματα πυρόσβεσης από αντίθετα σημεία. Στις χερσαίες εγκαταστάσεις, οι λαβές των βαλβίδων απομόνωσης του νερού πυρόσβεσης δεν θα πρέπει να βρίσκονται σε κλειστό χώρο κοντά στο χώρο επεξεργασίας υδρογονανθράκων, καθώς ατμοί από το χώρο επεξεργασίας μπορεί να επικαθίσουν εκεί.

Αν κάποια γραμμή παροχής νερού πυρόσβεσης χρειάζεται να απομονωθεί προσωρινά και δεν υπάρχει μέσο απομόνωσης στο τμήμα του συστήματος που χρειάζεται επεξεργασία, μια λύση είναι να χρησιμοποιηθεί συσκευή ψύξης υγρού

αζώτου χαμηλής θερμοκρασίας. Ο μηχανισμός αυτός δημιουργεί ένα πώμα πάγου στη γραμμή και τη σφραγίζει για το χρόνο που χρειάζεται να απομονωθεί.

Οι βαλβίδες ελέγχου του νερού πυρόσβεσης συνήθως πρέπει να εξετάζονται με βάση αναγνωρισμένα πρότυπα.

9.5 Συστήματα ψεκαστήρων (SPRINKLER)

Τα συστήματα ψεκαστήρων με σωλήνες υγρού και ξηρού τύπου παρέχονται συνήθως για κλειστούς χώρους όπως αποθήκες, γραφεία, κ.λπ. Θεωρούνται αποτελεσματικά κατά 100% όσον αφορά την πυρόσβεση αν συντηρούνται τακτικά και τα επίπεδα κινδύνου δεν έχουν αλλάξει από τον αρχικό σχεδιασμό και έπειτα. Τα συστήματα ψεκαστήρων ενεργοποιούνται συνήθως από τη θερμότητα της φωτιάς που λιώνει το πώμα στην κεφαλή του ψεκαστήρα. Το πώμα λιώνει ή πέφτει, απελευθερώνοντας νερό από το δίκτυο σωληνώσεων. Συνεπώς, τα συστήματα του είδους δεν ενεργοποιούνται αν δεν υπάρχει φωτιά. Μετά την αφαίρεση των συστημάτων πυρόσβεσης Halon για περιβαλλοντικούς λόγους, οι ψεκαστήρες προτάθηκαν σαν εναλλακτική λύση για χώρους με ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα. Ένα γεγονός που συχνά παραβλέπεται όταν εξετάζεται η διατήρηση παλαιού συστήματος έναντι της χρήσης συστήματος ψεκαστήρων είναι ότι η φωτιά θα έχει προκαλέσει ήδη αρκετές ζημιές όταν ενεργοποιηθεί το σύστημα.

9.6 Συστήματα κατακλυσμού

Τα συστήματα κατακλυσμού θα πρέπει γενικά να ενεργοποιούνται με αυτόματα μέσα. Η ενεργοποίηση με χειροκίνητα μέσα ακυρώνει το στόχο της εγκατάστασης ενός συστήματος κατακλυσμού. Καλό θα ήταν να παρασχεθούν εργαλεία ελέγχου του νερού πυρόσβεσης, καθώς αποτελούν οικονομικότερη λύση όπου η πυρόσβεση βασίζεται σε χειροκίνητα μέσα. Τα περισσότερα συστήματα που παρέχονται σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις συνήθως ενεργοποιούνται με ανίχνευση θερμότητας. Ένα σύστημα ανίχνευσης με τηκόμενο βύσμα ή ανιχνευτές UV/IR τοποθετείται γύρω από τον εξοπλισμό. Έτσι, εξασφαλίζεται η ενεργοποίηση όταν δεν υπάρχουν χειριστές και μόνο όταν υπάρχει φωτιά.

Στην περίπτωση των δοχείων που προστατεύονται από συστήματα κατακλυσμού, ιδιαίτερη προσοχή χρειάζονται τα άκρα, το τμήμα των δοχείων που περιέχει έναν χώρο ατμού, οι αρμοί με παρεμβύσματα που μπορεί να παρουσιάσουν διαρροή, το εάν το δοχείο βρίσκεται κοντά στο έδαφος, σε επιφάνεια χωρίς καλή αποστράγγιση, καθώς και η επιφάνεια που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το δοχείο και θα εκτεθεί στις φλόγες.

9.7 Συστήματα ψεκασμού νερού

Τα συστήματα ψεκασμού νερού για εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδρογονανθράκων χρησιμοποιούνται συχνά χάρη στην άμεση εφαρμογή που παρέχουν και στην εξαιρετική δυνατότητά τους να απορροφούν θερμότητα. Τα συστήματα ψεκασμού με νερό χρησιμοποιούνται επίσης όταν παθητικά μέτρα πυροπροστασίας (δημιουργία κενών χώρων, κ.λπ.) δεν μπορούν πρακτικά να ληφθούν. Το κλειδί για ένα αποτελεσματικό σύστημα είναι να εξασφαλιστεί ότι οι επιφάνειες που χρειάζονται προστασία θα δέχονται ικανή πυκνότητα νερού και ότι οι διατάξεις για την ενεργοποίηση του συστήματος είναι ταχείας δράσης. Η

συνηθέστερη εφαρμογή των συστημάτων ψεκασμού με νερό είναι, μακράν, η ψύξη δοχείων επεξεργασίας. Οι επιφάνειες των δοχείων αυτών που είναι σημαντικό να προστατεύονται είναι οι χώροι ατμού και τα ημισφαιρικά άκρα. Ηλεκτρικοί μετασχηματιστές παρέχονται με τα συστήματα του είδους όπου η αξία ή η σπουδαιότητά τους θεωρείται υψηλή.

9.8 Πλημμυρισμός

Ο πλημμυρισμός αφορά την έγχυση νερού στο εσωτερικό δεξαμενής αποθήκευσης προκειμένου να εμποδιστεί η διαρροή εύφλεκτων υγρών ή να κατασβεστεί μια πυρκαγιά. Στόχος είναι να γεμίσει το δοχείο ή η δεξαμενή με νερό έτσι ώστε, λόγω της μικρότερης πυκνότητάς τους, οι υγροί υδρογονάνθρακες να επιπλεύσουν στο νερό και μόνο αυτό το τελευταίο να διαρρεύσει από το δοχείο. Στην πράξη η διαδικασία αυτή, σε συνδυασμό με προσπάθειες πρόληψης πυρκαγιών ή πυρόσβεσης σε σημεία διαρροής υδρογονανθράκων, αποδεικνύεται μη βιώσιμη, αν και θα μπορούσε να είναι χρήσιμη για μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους.

9.9 Κατάσβεση με ατμό

Η χρήση της κατάσβεσης με ατμό στη βιομηχανία υδρογονανθράκων περιορίζεται συνήθως σε πυρκαγιές που μπορεί να προκύψουν σαν αποτέλεσμα διαρροής σε κάμινο ή θερμαντήρα. Ο ατμός είναι πιο αποτελεσματικός στην κατάσβεση πυρκαγιών όταν η φωτιά έχει ξεσπάσει σε σχετικά μικρό, περιορισμένο χώρο. Ο ατμός σβήνει τη φωτιά αφαιρώντας το οξυγόνο από το άμεσο περιβάλλον, παρόμοια με άλλους αέριους παράγοντες κατάσβεσης. Η χρήση ατμού απαιτεί κάποιες γνώσεις πυρόσβεσης και άμεσα διαθέσιμες πηγές ατμού. Υπάρχει, επίσης, ο κίνδυνος εγκαύματος από την έκθεση της απροστάτευτης επιδερμίδας σε υπερθερμασμένους υδρατμούς. Η χρήση άλλων πυροσβεστικών παραγόντων προτιμάται γενικά από τη χρήση ατμού.

9.10 Παραπετάσματα νερού

Ψεκασμός νερού γίνεται ορισμένες φορές και για τον διασκορπισμό ατμών, ενώ μπορεί να εμποδίσει και την ανάφλεξη διαφόρων πηγών. Τα σχετικά κείμενα πάνω στο θέμα αναφέρουν πως δύο μηχανισμοί παρέχουν βελτιωμένη προστασία όταν χρησιμοποιείται ο ψεκασμός με νερό για τον διασκορπισμό ατμών. Πρώτον, μια διάταξη ψεκασμού με νερό δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα στην κατεύθυνση του ψεκαζόμενου νερού. Η ισχύς του νερού έχει σαν αποτέλεσμα να περικλείεται αέρας και να μεταφέρεται πέρα από την κανονική πορεία του. Με τον τρόπο αυτό, περικλείονται και τα απελευθερωμένα αέρια και κατευθύνονται προς τα στόμια. Η συνήθης διάταξη θέλει το νερό να ψεκάζεται προς τα πάνω, ώστε να κατευθύνονται οι ατμοί από το έδαφος επίσης προς τα πάνω για καλύτερο διασκορπισμό με φυσικά μέσα σε υψηλότερα επίπεδα. Δεύτερον, το ψεκαζόμενο νερό θερμαίνει τους ατμούς σε ουδέτερη ή υψηλότερη άντωση προκειμένου να ενισχυθούν τα φυσικά χαρακτηριστικά διασκορπισμού τους στην ατμόσφαιρα. Μία κεφαλή ψεκασμού που λειτουργεί στα 40 psi θα μετακινεί 7.835 lt αέρα το δευτερόλεπτο σε ύψος 3 m. Αυτή η μετακίνηση αέρα μπορεί να περιορίσει τη συγκέντρωση εύφλεκτων ατμών σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα.

Τα παραπετάσματα νερού μπορούν επίσης να ψύξουν ή να εξουδετερώσουν τις πηγές ανάφλεξης που θα συναντούσε ένα απελευθερωμένο νέφος ατμών. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να εμποδίσουν εκρήξεις νεφών ατμού. Θερμές επιφάνειες, συσκευές σπινθηρισμού και εκτεθειμένες φωτιές στο άμεσο περιβάλλον του απελευθερωμένου ατμού μπορούν να εξαλειφθούν με την κατεύθυνση παραπετάσματος νερού προς τα σημεία όπου βρίσκονται οι πηγές αυτές.

Για να είναι τα παραπετάσματα νερού ιδιαίτερα αποτελεσματικά, θα πρέπει να ενεργοποιούνται αυτόματα με το που ανιχνεύονται αέρια στην προστατευόμενη περιοχή.

9.11 Σύστημα έγχυσης νερού

Πατενταρισμένο σύστημα έγχυσης νερού έχει επινοηθεί για την κατάσβεση πυρκαγιών από πετρέλαιο και αέρια σε περίπτωση έκρηξης. Το Blowout Suppression System (BOSS) ψεκάζει πολύ μικρά σταγονίδια νερού στο ρεύμα μείγματος αερίων και πετρελαίου προτού αυτό το τελευταίο διαρρεύσει. Το προστιθέμενο νερό χαμηλώνει τη θερμοκρασία και την ταχύτητα της φλόγας, περιορίζοντας έτσι τη σταθερότητά της. Στην περίπτωση που η φλόγα δεν μπορεί να σβηστεί εντελώς, η ένταση της φωτιάς περιορίζεται σημαντικά, ενώ διατηρείται η ακεραιότητα των εγκαταστάσεων και επιτρέπονται παρεμβάσεις από το προσωπικό. Αυτό που πρέπει να προσέξει κανείς κατά τη χρήση της συσκευής αυτής είναι ότι, αν σβηστεί η φωτιά από διαρροή αερίων χωρίς όμως να απομονωθεί η ροή, μπορεί να αναπτυχθεί νέφος αερίων το οποίο θα είναι πολύ πιο καταστροφικό από την προηγούμενη πυρκαγιά.

9.12 Κρουνοί, πυροσβεστικά μόνιτορ και μάνικες

Τα πυροσβεστικά μόνιτορ θεωρούνται οι κατεξοχήν χειροκίνητες συσκευές τροφοδοσίας με νερό για τα εργοστάσια υδρογονανθράκων, ενώ οι κρουνοί και οι μάνικες θεωρούνται δευτερεύοντα μέσα. Τα μόνιτορ είναι μια πρώτου επιπέδου χειροκίνητη συσκευή πυρόσβεσης που μπορεί να ενεργοποιηθεί από χειριστή με περιορισμένη εκπαίδευση ή εμπειρία στην κατάσβεση πυρκαγιών. Για να χρησιμοποιηθούν οι κρουνοί και οι μάνικες, απαιτείται συνήθως επιπλέον ανθρώπινο δυναμικό και προηγούμενη εκπαίδευση. Η χρήση μάνικας, βέβαια, παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία όσον αφορά τον ψεκασμό με νερό, ειδικά όπου η εγκατάσταση πυροσβεστικού μόνιτορ δεν είναι πρακτική λύση. Τα μόνιτορ τοποθετούνται συνήθως στους χώρους επεξεργασίας, ενώ οι κρουνοί τοποθετούνται στους περιφερειακούς δρόμους και είναι προσβάσιμοι σε κινούμενο εξοπλισμό. Οι περισσότεροι σωλήνες των μόνιτορ μπορούν να δεχθούν και μάνικες.

Οι κρουνοί θα πρέπει να θεωρούνται εφεδρική πηγή παροχής νερού των μόνιτορ και των σταθερών συστημάτων πυρόσβεσης. Πρέπει να τοποθετούνται σε συγκεκριμένες αποστάσεις και σημεία έτσι ώστε το νερό να μπορεί να κατευθυνθεί πάνω στη φωτιά με τη μάνικα. Κρουνοί και μάνικες θα πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον 15 m από το σημείο που προστατεύουν στις χερσαίες εγκαταστάσεις. Οι κρουνοί στους χώρους επεξεργασίας πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε κάθε τμήμα της μονάδας επεξεργασίας να είναι προσβάσιμο από δύο τουλάχιστον αντίθετες κατευθύνσεις με τη χρήση μάνικας μήκους 76 m, αν η προσέγγιση γίνεται από την προσήνεμη πλευρά της φωτιάς. Οι κρουνοί στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις τοποθετούνται στις κύριες οδούς πρόσβασης στα άκρα της πλατφόρμας. Η κανονική πρόσβαση στις διάφορες τοποθεσίες δεν θα πρέπει να

εμποδίζεται από την τοποθέτηση μόνιτορ ή κρουινών (ειδικά η πρόσβαση γερανών κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης και αναδιάταξης).

Στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, η τοποθέτηση συσκευών πυροπροστασίας ρυθμίζεται αυστηρότερα. Τα πυροσβεστικά μόνιτορ απαιτούνται συνήθως από τους κανονισμούς για το ελικοδρόμιο και τα ανοιχτά καταστρώματα, όπως το κατάστρωμα εξόρυξης, όπου η προσέγγιση και κάλυψη μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικές καθώς δεν υπάρχουν τα εμπόδια που θα συναντούσε κανείς στους κλειστούς χώρους. Τα μέσα πυρόσβεσης του είδους μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στα ανοιχτά καταστρώματα όταν είναι τοποθετημένα στα άκρα. Τα μόνιτορ του ελικοδρόμιου θα πρέπει να είναι διαταγμένα έτσι ώστε να βρίσκονται κάτω από το επίπεδο του καταστρώματος και θα πρέπει να είναι κατάλληλα προσαρμοσμένα λόγω της εγγύτητας με τα αεροσκάφη. Τα μόνιτορ του ελικοδρόμιου βρίσκονται συνήθως στο υψηλότερο σημείο στο σύστημα και απαιτούν την υψηλότερη πίεση στις πυροσβεστικές αντλίες και στην πηγή όπου θα συσσωρευτεί παγιδευμένος αέρας.

Μόνιτορ θα πρέπει να τοποθετούνται σε όλο τον περιστρεφόμενο εξοπλισμό και στα μεγάλα δοχεία υγρών. Θα πρέπει επίσης να τοποθετούνται σε σημεία ώστε να μπορούν να ψύχουν ψεκάζοντας τον εξοπλισμό επεξεργασίας, κατά προτίμηση από προσηνέμη τοποθεσία. Τουλάχιστον δύο απομακρυσμένα πυροσβεστικά μόνιτορ παρέχονται συνήθως σε πηγές από όπου μπορεί να υπάρξει μεγάλη διαρροή υδρογονανθράκων (περιστρεφόμενο εξοπλισμό όπως αντλίες, συμπιεστές, δοχεία αποθήκευσης και δεξαμενές). Τα μόνιτορ αυτά τοποθετούνται συνήθως σε σημεία τέτοια που τους επιτρέπουν να ψεκάζουν νερό ανάμεσα σε επιλεγμένο εξοπλισμό πέρα από το να προστατεύουν την ευρύτερη περιοχή (να ψεκάζουν, για παράδειγμα, ανάμεσα σε δύο αντλίες για να προστατεύσουν τη μία ή την άλλη σε περίπτωση διαρροής). Όπου επιθυμείται επιπλέον κάλυψη με μόνιτορ, αλλά δεν υπάρχει πολύς διαθέσιμος χώρος, όπως στα σημεία φόρτωσης των πλοίων, τα συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν σε πύργους για καλύτερη κάλυψη. Όπου, πάλι, τα μόνιτορ πρέπει να τοποθετούνται κοντά στα επικίνδυνα σημεία, όπως στα ελικοδρόμια των υπεράκτιων εγκαταστάσεων, παρέχεται ασπίδα θερμότητας για τον χειριστή.

Προτού γίνει η τελική τοποθέτηση στη φάση του σχεδιασμού, με βάση την απόσταση που μπορεί να καλύψει το ρεύμα νερού, θα πρέπει να επιβεβαιωθεί το γεγονός ότι δεν υπάρχουν εμπόδια που θα μπορούσαν να μπλοκάρουν τη ροή του νερού. Συνήθως, σχεδιάζονται «κύκλοι κάλυψης» ξεκινώντας από το μόνιτορ. Όπου οι κύκλοι αυτοί τέμνονται με σωλήνες, μεγάλα δοχεία ή στήλες επεξεργασίας, η κάλυψη θα μπλοκάρεται και, συνεπώς, ο κύκλος κάλυψης θα πρέπει να τροποποιηθεί. Γενικά, όπου υπάρχει μεγάλη συμφόρηση, όπως στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, η κάλυψη των μόνιτορ θα είναι περιορισμένη λόγω των μεγάλων εμποδίων, ενώ θα υφίσταται και θέμα έκθεσης σε κίνδυνο του προσωπικού που είναι υπεύθυνο για την ενεργοποίηση της συσκευής. Παρόμοιοι κύκλοι κάλυψης θα μπορούσαν να σχεδιαστούν και για τους πυροσβεστικούς κρουινούς και τις μάνικες που καλύπτουν μεγάλες ευθείες αποστάσεις. Στην περίπτωση αυτή, βέβαια, κάποια εμπόδια, όπως οι σωλήνες, δεν παίζουν ρόλο, καθώς μπορούν να παρακαμφθούν από τις μάνικες.

Τα μόνιτορ μπορούν να ρυθμιστούν την ώρα που ο χειριστής εκκενώνει το κτήριο ή εκτελεί άλλες εργασίες. Υπολειμματική πίεση 100 psi απαιτείται προκειμένου τα περισσότερα μόνιτορ να παράσχουν αποτελεσματικά νερό κατάσβεσης και ψύξης.

Η πίεση θα πρέπει να ελέγχεται όταν περισσότερα από ένα μόνιτορ λειτουργούν ταυτόχρονα.

Η επίδραση του ανέμου μπορεί να περιορίσει την απόδοση των πυροσβεστικών μόνιτορ. Όταν άνεμοι 8 km/h φυσούν στο σημείο, ενδέχεται να περιορίσουν το εύρος του ψεκαζόμενου νερού έως και 50%. Συνεπώς, τα σημεία τοποθέτησης των μόνιτορ σε περιοχές όπου συνήθως η ταχύτητα των ανέμων ενδέχεται να επηρεάζει την απόδοση πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά.

Οι λαστιχένιες μάνικες προτιμούνται από τις εύκαμπτες υφασμάτινες για τους χώρους επεξεργασίας. Οι μάνικες του είδους δεν θα πρέπει να εκτίθενται άμεσα στο ηλιακό φως.

Σε μια απόσταση από όλους τους κρουνοί, τα πυροσβεστικά μόνιτορ και τις μάνικες θα πρέπει να υπάρχει επιφανειακή κλίση έτσι ώστε το νερό να αποστραγγίζεται και να αποφεύγονται οι επιπτώσεις της διάβρωσης. Στα σημεία από τα οποία ενδέχεται να περνούν οχήματα, θα πρέπει να τοποθετούνται προστατευτικά κιγκλιδώματα ώστε να αποφεύγονται οι συγκρούσεις με τις συσκευές. Τα προστατευτικά κιγκλιδώματα δεν θα πρέπει, βέβαια, να εμποδίζουν τις ενώσεις ή τη χρήση της μάνικας, ή να μπλοκάρουν το ψεκαζόμενο νερό από τα μόνιτορ. Αν υπάρχουν προστατευτικοί στύλοι, θα πρέπει να είναι καλά σημασμένοι ή βαμμένοι με ανακλαστική μπογιά.

Ακροφύσια

Υπάρχουν ποικίλα ακροφύσια για μάνικες και πυροσβεστικά μόνιτορ. Τα ακροφύσια αυτά μπορούν να εκτοξεύουν ή να ψεκάζουν νερό ανάλογα με τις απαιτήσεις με διαφορετικό ρυθμό ροής. Τα ακροφύσια συνεχόμενης ροής φτάνουν σε μεγαλύτερες αποστάσεις και επιτυγχάνουν μεγαλύτερη διείσδυση, ενώ αυτά που ψεκάζουν απορροφούν περισσότερη θερμότητα καθώς τα σταγονίδια του νερού καλύπτουν μεγαλύτερη έκταση. Τα ακροφύσια ψεκασμού χρησιμοποιούνται ενίοτε για τον διασκορπισμό ατμών που έχουν διαρρεύσει.

Για τις σταθερές εγκαταστάσεις, παρέχεται συνήθως ακροφύσιο 32 lt/sec με προσαρμοζόμενο άκρο που συνδυάζει συνεχή ροή και ψεκασμό. Ακροφύσια έως και 63 lt/sec μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σημεία υψηλής επικινδυνότητας. Τα ακροφύσια μεγαλύτερης χωρητικότητας δεν αυξάνουν γενικά την απόσταση στην οποία φτάνει το νερό, αλλά την ποσότητα του νερού που παρέχεται. Όπου επιλέγονται ακροφύσια μεγαλύτερης χωρητικότητας σε ήδη υπάρχοντα συστήματα, θα πρέπει να επανεξετάζεται η χωρητικότητα των συστημάτων παροχής και αποστράγγισης του νερού πυρόσβεσης για την καταλληλότητά τους. Όπου διατίθενται παράγοντες αφρού, τα ακροφύσια θα πρέπει να μπορούν να αναρροφούν το διάλυμα αφρού αν χρειαστεί.

9.13 Συστήματα πυρόσβεσης αφρού-νερού

Τα συστήματα του είδους παρέχονται όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες υγρών υδρογονανθράκων που ενέχουν υψηλό κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς. Ο αφρός είναι συσσωμάτωμα νερού, χημικές ενώσεις και αέρας γεμάτος φυσαλίδες που επιπλέουν στην επιφάνεια εύφλεκτων υγρών. Αυτά τα συστήματα πυρόσβεσης χρησιμοποιούνται πρωτίστως για την παροχή ενός ενιαίου καλύμματος που επιπλέει στην επιφάνεια του υγρού υλικού που προστατεύει. Σβήνουν τη φωτιά καταπνίγοντας και ψύχοντας το καύσιμο και προλαβαίνουν την εκ νέου ανάφλεξη εμποδίζοντας το σχηματισμό καύσιμων μειγμάτων ατμού και αέρα πάνω από την επιφάνεια του

υγρού. Ο αφρός ψύχει επίσης το καύσιμο και τον εξοπλισμό που εμπλέκεται στην πυρκαγιά. Οι αφροί παρέχονται σε συμπυκνώματα που περιέχονται στην κατάλληλη αναλογία στα συστήματα παροχής νερού. Εν συνεχεία, εμπλουτίζονται με αέρα για να δημιουργηθούν φυσαλίδες αφρού.

Τύποι :

Ο αφρός είναι ένα ομοιογενές κάλυμμα από ένα μείγμα υγρών χημικών και αέρα ή μη εύφλεκτου αερίου. Τα συστήματα πυρόσβεσης με αφρό χωρίζονται σε υψηλής και χαμηλής διόγκωσης. Ο υψηλής διόγκωσης αφρός είναι ένα συσσωμάτωμα φυσαλίδων που προκύπτει από τη μηχανική διαστολή μείγματος αφρού με αέρα ή άλλα μη εύφλεκτα αέρια. Οι λόγοι διαστολής κυμαίνονται από 100:1 έως 1.000:1. Οι αφροί με λόγο διαστολής κάτω του 100:1 παράγονται από συμπυκνώματα αεραφρού, πρωτεϊνικού αφρού, φθοροπρωτεϊνικού αφρού ή συνθετικού αφρού. Εισάγονται σε ορισμένη ποσότητα σε ροή υγρού που διοχετεύεται έπειτα μέσω ακροφύσιου. Οι αφροί υψηλής διόγκωσης παράγονται από γεννήτρια με τη διοχέτευση αέρα μέσω ψεκαζόμενου νερού με πρόσθετα. Ο αφρός του είδους είναι πολύ ελαφρύς. Μπορεί να εφαρμοστεί έτσι ώστε να γεμίσει εντελώς και πολύ γρήγορα έναν κλειστό χώρο ή μια αίθουσα. Οι διάφοροι τύποι αφρού παρέχουν παρόμοια προστασία. Επιλέγονται κυρίως με βάση τη συμβατότητα του παρεχόμενου εξοπλισμού παροχής του αφρού, τα υλικά που εμπλέκονται και τη χρήση με άλλους παράγοντες. Όλοι οι αφροί είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε πυρκαγιές όπου εμπλέκεται ηλεκτρικός εξοπλισμός.

- Οι αφροί χαμηλής διόγκωσης εφαρμόζονται συνήθως στην επιφάνεια εκτεθειμένων εύφλεκτων υγρών, ειδικά σε εξωτερικούς χώρους. Οι αφροί του είδους χρησιμοποιούνται σε μεγάλες κλειστές εκτάσεις όπου οι δυνατοί άνεμοι δεν θα επηρεάζουν τη χρησιμότητά τους και όπου υπάρχουν δυσπρόσιτα σημεία.
- Αφροί ειδικού τύπου, ανθεκτικοί στις αλκοόλες (ή συμβατοί με αυτές) χρειάζονται για εφαρμογή σε υγρά τύπου αλκοόλης, εστέρα ή κετόνης και σε οργανικούς διαλύτες, που διαλύονται στο σύνολό τους από τους κοινούς αφρούς. Στο εμπόριο διατίθενται προϊόντα αφρού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αλκοόλες και υδρογονάνθρακες, ή μόνο σε αλκοόλες ή υδρογονάνθρακες. Είναι απαραίτητο να σχεδιάζονται συστήματα αφρού με τρόπο οικονομικό αν πρόκειται να χρησιμοποιούνται περισσότερο από ένα προϊόντα για διαφορετικές εφαρμογές.
- Οι χημικοί αφροί χρησιμοποιούνταν ευρέως στη βιομηχανία πριν από τη διάθεση υγρών συμπυκνωμάτων, αλλά πλέον θεωρούνται παρωχημένοι.

Συμπυκνώματα :

Τα συμπυκνώματα αφρού που κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή στο εμπόριο κυμαίνονται από 1 έως 6% ανάμειξη ή αναλογία με νερό. Το πλεονέκτημα του χαμηλότερου ποσοστού ανάμειξης σημαίνει ότι χρειάζεται λιγότερο συμπύκνωμα αφρού για την αντιμετώπιση του κινδύνου. Έτσι, εξοικονομείται και ο αναγκαίος για την κατάσβεση παράγοντας και ο χώρος που χρειάζεται για αποθήκευση, στοιχεία ιδιαίτερα χρήσιμα στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις όπου μπορεί να χρειάζεται και εξοικονόμηση βάρους. Τα συστήματα αφρού χαμηλότερης αναλογίας χρειάζονται απαραίτητα «καθαρότερο» σύστημα για να αποδώσουν επαρκώς.

Συστήματα

Στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου απαντούν συχνότερα πέντε συστήματα πυροπροστασίας με αφρό:

- (1) Γενική κάλυψη με μόνιτορ, μάνικες ή φορητές στήλες αφρού-νερού.
- (2) Σταθερά συστήματα κατακλυσμού με αφρό-νερό για γενικές εκτάσεις ή συγκεκριμένο εξοπλισμό.
- (3) Προστασία αποθηκευτικών δεξαμενών ατμοσφαιρικής ή χαμηλής πίεσης από θαλάμους αφρού.
- (4) Προστασία αποθηκευτικών δεξαμενών ατμοσφαιρικής ή χαμηλής πίεσης από συστήματα έγχυσης κάτω από την επιφάνεια.
- (5) Αφρός υψηλής διόγκωσης που εφαρμόζεται σε ειδικές περιπτώσεις, όπως σε αποθήκες ή άλλους περιορισμένους χώρους.

Γενική κάλυψη :

Γενική κάλυψη παρέχεται συνήθως όπου υπάρχουν πλήρως ή μερικώς κλειστοί χώροι, για παράδειγμα στις υπεράκτιες μονάδες, τα σημεία φόρτωσης, τις αποθήκες υγρών υλικών, κ.ά., όπου υπάρχει κίνδυνος διαρροής σε μεγάλη έκταση. Όπου οι προστατευόμενες περιοχές είναι κρίσιμης σημασίας ή υψηλής αξίας, επιλέγονται μηχανισμοί άμεσης ανίχνευσης και ενεργοποίησης (συστήματα κατακλυσμού). Μπορεί να χρησιμοποιηθούν ακροφύσια αναρροφητικά ή μη. Τα αναρροφητικά ακροφύσια παράγουν γενικά αφρούς με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μετά την εκτόξευσή τους. Επίσης, παράγουν αφρούς υψηλότερης διόγκωσης.

Συστήματα κατακλυσμού αφρού – νερού :

Τα συστήματα κατακλυσμού χρησιμοποιούνται γενικά σε περιοχές όπου χρειάζεται άμεση εφαρμογή του αφρού σε μεγάλη έκταση, όπως σε χώρους επεξεργασίας, φόρτωσης, κ.λπ. Το σύστημα χρησιμοποιεί ακροφύσια συνδεδεμένα σε δίκτυο σωληνώσεων διανομής που συνδέεται, με τη σειρά του, με αυτόματη βαλβίδα ελέγχου, γνωστή ως βαλβίδα κατακλυσμού. Η αυτόματη ανίχνευση κινδύνου στην περιοχή ή η χειροκίνητη ενεργοποίηση ανοίγουν τη βαλβίδα κατακλυσμού.

Έγχυση αφρού

Τα συστήματα αυτά παρέχονται συνήθως για την προστασία δεξαμενών αποθήκευσης ατμοσφαιρικής ή χαμηλής πίεσης. Αποτελούνται από έναν ή περισσότερους θαλάμους αφρού εγκατεστημένους στο κέλυφος δεξαμενής κάτω ακριβώς από την οροφή. Ένας σωλήνας διαλύματος αφρού εκτείνεται από την πηγή, η οποία βρίσκεται σε ασφαλές σημείο, μέχρι έναν μηχανισμό αναρρόφησης αφρού ακριβώς πάνω από τον θάλαμο με το υλικό. Ένας εκτροπέας τοποθετείται συνήθως στο εσωτερικό τοίχωμα της δεξαμενής στον θάλαμο αφρού. Εκτρέπει τον αφρό προς το τοίχωμα της δεξαμενής και πάνω στην επιφάνεια ή πάνω στη δεξαμενή και το σημείο σφράγισης του κελύφους.

Συνήθως εφαρμόζονται δύο τύποι σχεδίων. Για δεξαμενές κωνικού ή πλωτού καλύμματος χωρίς πλωτή εξέδρα, πολλαπλοί μηχανισμοί παραγωγής αφρού τοποθετούνται στο άνω άκρο του κελύφους της δεξαμενής. Τα συστήματα αυτά είναι σχεδιασμένα να προστατεύουν όλη την επιφάνεια από το υγρό της δεξαμενής. Για ανοιχτές και καλυμμένες δεξαμενές πλωτού καλύμματος με πλωτές εξέδρες, το σύστημα αφρού σχεδιάζεται έτσι ώστε να προστατεύει το σημείο σφράγισης. Οι μηχανισμοί παραγωγής αφρού τοποθετούνται έξω από το κέλυφος της δεξαμενής

κοντά στο χείλος και ο αφρός τρέχει προς τα κάτω μέσα στο σημείο σφράγισης, το οποίο περικλείεται. Η μέθοδος αυτή τείνει να προκαλεί τη μετακίνηση ψυκτικού υλικού στην επιφάνεια για τη συνδρομή στην κατάσβεση πυρκαγιών. Η ποσότητα του νερού που φτάνει στο στρώμα θερμότητας στα βαρύτερα προϊόντα μπορεί να ελεγχθεί για να αποφευχθεί το υπερβολικό άφρισμα και η υπερχειλίση.

Έγχυση αφρού κάτω από την επιφάνεια :

Η έγχυση αφρού κάτω από την επιφάνεια είναι μια ακόμα μέθοδος προστασίας των δεξαμενών αποθήκευσης ατμοσφαιρικής ή χαμηλής πίεσης. Με τη μέθοδο αυτή παράγεται αφρός μέσω «μηχανισμού υψηλής αντίθλιψης» και ο αφρός αυτός διοχετεύεται στον πυθμένα της δεξαμενής αποθήκευσης. Για την έγχυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ήδη υπάρχουσα γραμμή ή εξειδικευμένη σωλήνωση. Λόγω της πλευστότητάς του και της μεταφοράς αέρα, ο αφρός ανεβαίνει μέσα από το περιεχόμενο της δεξαμενής και σχηματίζει ένα κάλυμμα στην επιφάνεια του υγρού που εμποδίζει τη διέλευση ατμών. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορους τύπους αποθηκευτικών δεξαμενών ατμοσφαιρικής πίεσης, αλλά γενικά δεν συνιστάται για εφαρμογή σε δεξαμενές με πλωτό κάλυμμα, καθώς η διανομή του αφρού στην περιοχή σφράγισης με εσωτερικό διασκορπισμό είναι δύσκολη.

Αφρός υψηλής διόγκωσης :

Ο αφρός υψηλής διόγκωσης χρησιμοποιείται γενικά σε πυρκαγιές από κοινά καύσιμα (Κατηγορίας Α) που εκδηλώνονται σε σχετικά περιορισμένους χώρους οι οποίοι είναι δυσπρόσιτοι ή ενέχουν σοβαρό κίνδυνο για τους πυροσβέστες. Το σύστημα ελέγχει τη φωτιά ψύχοντας και περιορίζοντας το οξυγόνο με διάλυση ατμού. Χρησιμοποιεί συσκευές αναρρόφησης αέρα (συνήθως μεγάλους ανεμιστήρες) για την παραγωγή αφρών με αναλογία διόγκωσης 100-1.000 προς 1. Αναλογία 1,5% χρησιμοποιείται συνήθως για την παροχή μεγάλων ποσοτήτων αφρού από σχετικά μικρές ποσότητες συμπυκνωμάτων. Η χρήση σε εργοστάσια πετρελαίου και φυσικού αερίου περιορίζεται συνήθως στις προσπάθειες πυρόσβεσης από το προσωπικό.

9.14 Συστήματα αερίων

Συστήματα διοξειδίου του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι ένα άκαυστο αέριο που μπορεί να διεισδύσει και να απλωθεί σε όλα τα σημεία της πυρκαγιάς, διαλύοντας το διαθέσιμο οξυγόνο σε συγκέντρωση που να μην υποστηρίζει την καύση. Τα συστήματα CO_2 σβήνουν φωτιές από όλα σχεδόν τα καύσιμα εκτός από αυτά που έχουν δική τους παροχή οξυγόνου και ορισμένα μέταλλα που προκαλούν αποσύνθεση του διοξειδίου του άνθρακα. Το CO_2 δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πυρκαγιές όπου εμπλέκεται ηλεκτρικός εξοπλισμός. Δεν παγώνει και δεν χάνεται με τον καιρό. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι επικίνδυνο αέριο για τον άνθρωπο καθώς μετατοπίζει το οξυγόνο. Οι συγκεντρώσεις άνω του 9% θεωρούνται επικίνδυνες, ενώ 30% και άνω χρειάζεται για τα πυροσβεστικά συστήματα. Τα συστήματα διοξειδίου του άνθρακα είναι γενικά αναποτελεσματικά σε εφαρμογές σε εξωτερικούς χώρους καθώς επιδρά ο άνεμος και σκορπίζει γρήγορα τους ατμούς. Η πυκνότητα των ατμών είναι 1,529 και συνεπώς κατακάθονται στα χαμηλά τμήματα κλειστών χώρων.

Για να χρησιμοποιηθεί ως πυροσβεστικό μέσο, το CO_2 αποθηκεύεται σε υγρή μορφή και εκτοξεύεται υπό πίεση.

Εφαρμογή :

Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πυροσβεστικό μέσο με τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς:

- (1) Μάνικες χειρός από φορητούς κυλίνδρους αποθήκευσης.
- (2) Σταθερά συστήματα πλημμυρισμού.
- (3) Σταθερά συστήματα τοπικής εφαρμογής.

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι αποτελεσματικός παράγοντας κατάσβεσης για πυρκαγιές από κοινά καύσιμα, εύφλεκτα υγρά και ηλεκτρικά συστήματα. Είναι καθαρός παράγοντας καθώς δεν προκαλεί βλάβες στον εξοπλισμό και δεν αφήνει κατάλοιπα. Κατά την εκτόξευσή του παρέχει μια κάποια ψύξη, αλλά δεν υπάρχει θερμική καταπόνηση του εξοπλισμού αν το σύστημα είναι κατάλληλα σχεδιασμένο και εγκατεστημένο.

Τα σταθερά συστήματα ταξινομούνται με βάση τον τρόπο που αποθηκεύονται. Τα συστήματα χαμηλής (300 psi) ή υψηλής πίεσης (850 psi) διακρίνονται σαφώς. Τα συστήματα χαμηλής πίεσης παρέχονται συνήθως όταν η ποσότητα του παράγοντα που απαιτείται ξεπερνά τα 907 kg. Η προστασία από ηλεκτρονικούς ή ηλεκτρικούς κινδύνους συνήθως απαιτεί συγκέντρωση 50% σε όγκο. Σαν γενικός κανόνας, 0,45 kg υγρού CO₂ θεωρείται ότι παράγουν 0,23 m³ ελεύθερου αερίου σε ατμοσφαιρική πίεση.

Τα σταθερά συστήματα CO₂ χρησιμοποιούνται ευρέως για την προστασία εξοπλισμού μεγάλης αξίας ή σπουδαιότητας, όπου χρειάζεται παράγοντας που δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού και δεν αφήνει κατάλοιπα, καθώς και όπου δεν υπάρχει προσωπικό. Στη βιομηχανία υδρογονανθράκων, τα συστήματα CO₂ παρέχονται συνήθως για την προστασία μη επανδρωμένων περιοχών ή εξοπλισμού, όπως αιθουσών με ηλεκτρικούς πίνακες, στοές καλωδίων, χώρους στροβίλων/συμπιεστών, κ.λπ. Όπου υπάρχει περιστρεφόμενος εξοπλισμός, χρησιμοποιούνται τόσο τα κύρια όσο και τα εφεδρικά σημεία εκτόξευσης για την αντιμετώπιση διαρροών. Οι συγκεντρώσεις πρέπει να επιτυγχάνονται σε 1 λεπτό και να διατηρούνται για 20 λεπτά.

Μέτρα ασφαλείας

Το CO₂ είναι ένα άκαυστο αέριο, οπότε δεν ενέχει κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης. Το αέριο θεωρείται γενικά τοξικό και μετατοπίζει το οξυγόνο. Καθώς είναι 1,5 φορές βαρύτερο από τον αέρα, κατακάθεται και μετατοπίζει τον αέρα από το σημείο. Το αέριο CO₂ ενέχει κίνδυνο ασφυξίας του προσωπικού για αυτόν το λόγο. Καθώς το αέριο είναι άοσμο και άχρωμο, δεν μπορεί να εντοπιστεί εύκολα από τον άνθρωπο στα κανονικά περιβάλλοντα. Το πυροσβεστικό αέριο CO₂ συνήθως αποθηκεύεται υπό υψηλή πίεση σε υγρή μορφή και διογκώνεται κατά 350 φορές όταν απελευθερώνεται.

Η κανονική συγκέντρωση του οξυγόνου στον αέρα είναι από 21 έως 17%. Όταν η συγκέντρωση οξυγόνου πέσει κάτω από το 18%, το προσωπικό θα πρέπει να εκκενώσει το χώρο ή να μη μπει σε κάποια αίθουσα, καθώς υπάρχει κίνδυνος ασφυξίας. Διαφορετικά, μπορεί να εξοπλιστεί με μάσκες που επιτρέπουν την εργασία σε περιβάλλοντα με λίγο οξυγόνο.

Υπάρχουν δύο βασικοί κίνδυνοι για το προσωπικό από τυχόν διαρροή CO₂:

- (1) Όταν αυξημένη ποσότητα CO₂ εισαχθεί στο περιβάλλον, αυξάνεται ο ρυθμός και το βάθος αναπνοής του ατόμου. Για παράδειγμα, σε συγκέντρωση 2% CO₂, η αναπνοή αυξάνεται κατά 50%, ενώ σε συγκέντρωση 10%, το άτομο αρχίζει να αισθάνεται ζάλη, ενδέχεται να χάσει τις αισθήσεις του, κ.λπ.

- (2) Όταν η περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε οξυγόνο πέσει κάτω από το 17%, επηρεάζεται ο συντονισμός των κινήσεων του ατόμου. Κάτω από το 10% ο άνθρωπος χάνει τις αισθήσεις του.

Ενεργοποίηση του συστήματος

Όπου είναι εγκατεστημένα σταθερά συστήματα CO₂, παρέχονται χρονοκαθυστέρηση 30 δευτερολέπτων, προειδοποιητικές πινακίδες και συναγερμοί ή φάροι για να ειδοποιούνται όσοι βρίσκονται στο χώρο. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα άμεσης εκκένωσης ή ακύρωσης του συναγερμού σε περίπτωση που η ενεργοποίηση έγινε κατά λάθος.

Διαρροές του συστήματος

Οι διαρροές από πυροσβεστικά συστήματα CO₂ είναι πολύ σπάνιες. Αν τηρούνται οι διαδικασίες επιτήρησης και συντήρησης, δεν θα υπάρξουν διαρροές. Οι μετρητές πίεσης που είναι εγκατεστημένοι στους κυλίνδρους CO₂ θα πρέπει να ελέγχονται συχνά και οι ενδείξεις τους να συγκρίνονται με τις αρχικές. Αν διαφέρουν, θα πρέπει άμεσα να ελεγχθεί το σύστημα για τυχόν διαρροές.

Στους μικρούς χώρους όπου φυλάσσονται φιάλες CO₂ υπό υψηλή πίεση είναι προφανές ότι, με λόγο διαστολής 350, το προσωπικό κινδυνεύει από διαρροές στο σύστημα. Θα μπορούσε να γίνει ένας υπολογισμός που θα όριζε το ποσοστό συγκέντρωσης του CO₂ σε περίπτωση διαρροής από ένα αποθηκευτικό δοχείο (με βάση τη χωρητικότητα του δοχείου, το μέγεθος της αίθουσας, το ρυθμό εξαερισμού, κ.ά.). Όπου φυλάσσονται φιάλες πυροσβεστικού CO₂, θα πρέπει να υπάρχει ειδική σήμανση που να προειδοποιεί για το ενδεχόμενο περιορισμένου οξυγόνου. Οι χώροι αυτοί θα πρέπει κανονικά να είναι ελεγχόμενοι (με κλειδωμένες πόρτες), ενώ όλα τα μέλη του προσωπικού που μπαίνουν εκεί θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με φορητές συσκευές ελέγχου του οξυγόνου (αν δεν υπάρχει σταθερό τέτοιο σύστημα), όπως ορίζεται από τους κανονισμούς ασφαλείας που σχετίζονται με την είσοδο σε χώρους όπου υπάρχει πιθανότητα το οξυγόνο να είναι περιορισμένο. Για την περίπτωση διαρροής, φορητός αναρροφητήρας θα μπορούσε να τοποθετηθεί για την απομάκρυνση των συσσωρευμένων ατμών CO₂, ενώ μια συσκευή μέτρησης του οξυγόνου θα μπορούσε να ρυθμιστεί ώστε να επιβεβαιώνει την απομάκρυνση των ατμών και να επιτρέπει την είσοδο. Βέβαια, η παροχή μόνιμου αναρροφητήρα στις περιοχές αυτές δεν εγγυάται απαραίτητα ότι το CO₂ θα απομακρύνεται από την περιοχή ακόμα και σε περίπτωση μικρής διαρροής, οπότε χρειάζονται και η συσκευή ελέγχου του οξυγόνου και ο έλεγχος του χώρου. Καθώς οι ατμοί CO₂ είναι βαρύτεροι από τον αέρα, θα καθίσουν στα χαμηλότερα τμήματα της αίθουσας. Μπορεί, μάλιστα, να μην φτάσουν στον αναρροφητήρα, ειδικά αν αυτός δεν μπορεί να αφαιρέσει τους βαρύτερους ατμούς από τις απομακρυσμένες χαμηλότερες περιοχές της αίθουσας. Ανάλογα με το μέγεθος της διαρροής, ατμοί μπορεί να απελευθερώνονται από το σημείο αποθήκευσης για αρκετή ώρα. Ακόμα και όταν υπάρχει αναρροφητήρας για το διασκορπισμό των ατμών, δεν μπορεί κανείς να εγυηθεί ότι οι ατμοί CO₂ θα έχουν αφαιρεθεί πλήρως και ότι το προσωπικό θα μπορεί να μπει ξανά στο χώρο.

Στις αίθουσες που κλιματίζονται, ο αναρροφητήρας θα απομακρύνει και τον καθαρό αέρα (μάλιστα, ο αναρροφητήρας θα πρέπει να βρίσκεται διαρκώς σε λειτουργία, καθώς οι διαρροές δεν μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια, εκτός αν υπάρχουν αισθητήρες. Σε αυτή την περίπτωση, όμως, ο αναρροφητήρας ως συσκευή πρόληψης θα ήταν περιττός).

Σε περιπτώσεις όπου φιάλες αποθήκευσης CO₂ είναι εγκατεστημένες σε κλειστούς χώρους, παρέχεται συνήθως αναρροφητήρας για την προστασία της επικίνδυνης περιοχής. Ενεργοποιείται για την απομάκρυνση των ατμών μετά τη χρήση του συστήματος περισσότερο, παρά ως μέτρο πρόληψης για μερική εκροή ατμών και αντιμετώπιση απρόσμενων διαρροών.

Συμπληρωματικά μέτρα που θα μπορούσαν να εξεταστούν είναι ένα σταθερό σύστημα ελέγχου του οξυγόνου, ο συναγερμός σε φιάλες χαμηλής πίεσης, ή η προσθήκη οσμής στο αποθηκευμένο αέριο CO₂.

Μειονεκτήματα :

Τα συστήματα CO₂ έχουν τα εξής μειονεκτήματα:

1. Το εκτοξευόμενο αέριο CO₂ ενέχει κίνδυνο ασφυξίας των ατόμων στην εκτεθειμένη περιοχή. Όλοι οι χώροι απαιτούν αυστηρό έλεγχο.
2. Το αέριο CO₂ θεωρείται αέριο του θερμοκηπίου και μπορεί στο μέλλον να προκαλέσει ζημιά στο περιβάλλον.
3. Τα σταθερά συστήματα CO₂ χρειάζονται μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους και έχουν τέτοιο βάρος που μάλλον περιορίζει τα οφέλη της χρήσης τους σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις.
4. Οι υπόγειες πυρκαγιές μπορεί να μην σβήσουν πλήρως από αέριο πυροσβεστικό παράγοντα.

Πυροσβεστήρας Halon

Το halon είναι μια αλογονούχος ένωση που περιέχει στοιχεία από τη σειρά των αλογόνων – φθόριο, χλώριο, βρώμιο και ιώδιο. Πρόκειται για μια περίπτωση όπου τα άτομα αλογόνου από άκαυστα αέρια αντικαθιστούν τα άτομα υδρογόνου σε ενώσεις υδρογονανθράκων όπως το μεθάνιο ή το αιθάνιο. Εκτός από το Halon 1310 (βρωμοτριφθορομεθάνιο), οι περισσότερες αλογονούχες ενώσεις υδρογονάνθρακα είναι διαβρωτικές όταν υπάρχει υγρασία. Το halon διαιρείται επίσης σε διαβρωτικά και τοξικά υποπροϊόντα παρουσία διατηρούμενου ηλεκτρικού τόξου.

Τα συστήματα halon θεωρούνταν ιδανικά πυροσβεστικά μέσα προτού ανακαλυφθούν οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Η βιομηχανία αντικαθιστά σταδιακά τη χρήση τους για αυτό το λόγο. Ένας από τους βασικούς λόγους κατάργησης της χρήσης συστημάτων Halon είναι ότι οι εγκαταστάσεις μπορεί να είναι διαρκώς επανδρωμένες και να παρουσιάζουν σχετικά χαμηλό κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς. Άλλες εγκαταστάσεις μπορεί να έχουν μικρό εύφλεκτο φορτίο. Εκεί τα συστήματα halon μπορούν να συμπληρωθούν από ιδιαίτερα ευαίσθητα μέσα πυρανίχνευσης, όπως συστήματα VESDA.

Αρκετές προτάσεις για αντικατάσταση των συστημάτων halon διατίθενται στις μέρες μας. Είναι δοκιμασμένες και αποδεκτές από οργανισμούς πιστοποίησης. Οι παράγοντες αυτοί απαιτούν γενικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από τα συστήματα halon και μπορεί να ενέχουν τον κίνδυνο ασφυξίας. Οι περισσότεροι έχουν επίσης μεγαλύτερες απαιτήσεις σε αποθηκευτικούς χώρους από τα προηγούμενα συστήματα halon.

Συστήματα αδρανούς αερίου

Για να περιοριστεί ο κίνδυνος έκρηξης και εκδήλωσης πυρκαγιάς σε κλειστούς χώρους με δεξαμενές αποθήκευσης πτητικών υδρογονανθράκων, παρέχεται αέριο που εμποδίζει την είσοδο του οξυγόνου στο χώρο. Τα μεγάλα τάνκερ εξοπλίζονται με συστήματα αδρανούς αερίου που καλύπτουν τις δεξαμενές αποθήκευσης με αέριο

φτωχό σε οξυγόνο (καυσαέρια από τον κύριο κινητήρα). Παρόμοια κάποιες δεξαμενές αποθήκευσης αργού πετρελαίου χρησιμοποιούν επεξεργασμένο αέριο σαν μέθοδο αποκλεισμού του οξυγόνου από το χώρο ατμών των δεξαμενών με κωνική οροφή.

9.15 Χημικά συστήματα

Υγρά χημικά

Τα συστήματα υγρών χημικών έχουν ένα μικρό πλεονέκτημα σε σχέση με τα ξηρά χημικά, καθώς μπορούν να καλύψουν την υγρή επιφάνεια της φωτιάς και να απορροφήσουν τη θερμότητα, εμποδίζοντας έτσι την εκ νέου ανάφλεξη. Τα συστήματα υγρών χημικών παρέχονται κυρίως για συσκευές κουζίνας (σχάρες, φριτέζες, κ.λπ.). Επιτρέπουν την εφαρμογή υγρού μέσου πυρόσβεσης μέσω σταθερών ακροφύσιων. Στα εργοστάσια πετρελαίου χρησιμοποιούνται συνήθως στις κουζίνες των κιλικίων. Η κάλυψη με ψεκάσμο παρέχεται για τις ψευδοροφές και τις επιφάνειες μαγειρέματος και ενεργοποιείται από τηκόμενες συνδέσεις ή σταθμούς χειροκίνητης ενεργοποίησης. Οι τηκόμενες συνδέσεις θα πρέπει να είναι ρυθμισμένες για τη μέγιστη κανονική θερμοκρασία του καπνού, που είναι συνήθως 232 °C. Συνηθίζεται να γίνεται μια εκτόξευση του πυροσβεστικού παράγοντα και έλεγχος κατά την εγκατάσταση σε συνδυασμό με υδροστατική δοκιμή των σωληνώσεων του συστήματος.

Ξηρά χημικά

Τα ξηρά χημικά που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας είναι ένα μείγμα από σκόνες, κυρίως διττανθρακικό νάτριο, διττανθρακικό κάλιο, φωσφορικό μονοαμμώνιο. Όταν εφαρμόζονται σε φωτιές, επιτρέπουν την κατάσβεση περιορίζοντας τη διαδικασία εξάπλωσης της πυρκαγιάς. Δεν παρέχουν, όμως, ασφάλεια από φωτιές που προκλήθηκαν από διαρροή υγρών και υπάρχει κίνδυνος αναζωπύρωσης σε περίπτωση που υπάρχει πηγή ανάφλεξης (μια θερμή επιφάνεια, για παράδειγμα). Τα ξηρά χημικά είναι πολύ αποτελεσματικά για την κατάσβεση πυρκαγιών που οφείλονται σε εύφλεκτα υγρά ή αέρια. Είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ενεργό ηλεκτρικό εξοπλισμό.

Τα ξηρά χημικά μειώνουν την ορατότητα, ενέχουν κίνδυνο για την αναπνοή, φράσσουν τα φίλτρα εξαερισμού και αφήνουν κατάλοιπα που μπορεί να διαβρώσουν τις εκτεθειμένες μεταλλικές επιφάνειες. Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται όπου υπάρχει ευαίσθητος ηλεκτρικός εξοπλισμός, καθώς οι μονωτικές ιδιότητες των ξηρών χημικών μπορεί να απενεργοποιήσουν τις συνδέσεις. Τα ξηρά χημικά μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα και με τον καθαρισμό μετά τη χρήση, ειδικά σε εσωτερικούς χώρους. Το σύστημα θα πρέπει να ενεργοποιείται αρκετά γρήγορα ώστε να εμποδίζεται η υπερθέρμανση του εξοπλισμού που μπορεί να προκαλέσει εκ νέου ανάφλεξη. Όλα τα ξηρά χημικά είναι διαβρωτικά για τις εκτεθειμένες μεταλλικές επιφάνειες.

Τα σταθερά συστήματα μπορεί να είναι συστήματα με σταθερά ακροφύσια ή μάνικες. Συνήθως, η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 68 έως 1.360 kg. Τα περισσότερα χρησιμοποιούν σειρά κυλίνδρων αζώτου υψηλής πίεσης για την υγροποίηση και εκτόξευση των ξηρών χημικών από κεντρική δεξαμενή αποθήκευσης. Όπου δεν υπάρχει τροφοδοσία νερού, τα συστήματα ξηρών χημικών μπορεί να αποτελούν κατάλληλη εναλλακτική λύση.

9.16 Συστήματα δύο παραγόντων

Χημικά και αφρός

Τα συστήματα πυρόσβεσης δύο παραγόντων είναι ένας συνδυασμός ταυτόχρονης εφαρμογής αφρού και ξηρών χημικών για την εξασφάλιση των καλύτερων δυνατοτήτων πυρόσβεσης. Συνήθως χρησιμοποιούνται αφρός AFFF (aqueous film-forming foam) και διπτανθρακικό κάλιο. Παρέχονται σε ξεχωριστά δοχεία πάνω σε κοινή βάση. Όταν χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν, εκτοξεύονται από σειρά κυλίνδρων αζώτου υψηλής πίεσης και από δύο χειροκίνητα ακροφύσια. Τα ακροφύσια συνδέονται με σκληρές λαστιχένιες μάνικες μήκους 30 m περίπου για την κατάσβεση της φωτιάς.

Τα ανεξάρτητα συστήματα δύο παραγόντων (αφρού/νερού και ξηρών χημικών) παρέχονται για κατάσβεση, από το προσωπικό, πυρκαγιών που οφείλονται σε διαρροές πίεσης ή σε λίμνες υγρών μεγάλης διαμέτρου. Ο σχεδιασμός τους επιτρέπει τη γρήγορη κατάσβεση και την προστασία από αναζωπύρωση. Μονάδα τοποθετημένη σε βάση παρέχεται στα σημεία όπου υπάρχουν εύφλεκτα υγρά και προσωπικό κοντά στις επικίνδυνες περιοχές. Οι συνήθεις εφαρμογές που αφορούν τους υδρογονάνθρακες συνδέονται με εναέριες επιχειρήσεις αεροσκαφών και ελικοπτέρων. Για επιχειρήσεις εδάφους, η βάση του συστήματος τοποθετείται πάνω σε μικρό τρέιλερ για μεγαλύτερη ευελιξία. Στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, ο εξοπλισμός τοποθετείται συνήθως στην περιφέρεια του ελικοδρόμιου.

Πίνακας 1 : Βάση επιλογών σχεδίασης σταθερών συστημάτων πυρόσβεσης

Περιοχή ή εξοπλισμός	Κίνδυνος	Επιλογές προστασίας
Χερσαίος τομέας επεξεργασίας	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ 3. Μάνικες 4. Ψεκασμός για διασκορπισμό ατμού
Υπεράκτια μονάδα επεξεργασίας	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ 3. Μάνικες 4. Κατακλυσμός με αφρό/νερό
Δοχεία επεξεργασίας	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ 3. Μάνικες 4. Ψεκασμός με νερό για ψύξη
Αναμμένοι θερμαντήρες	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ 3. Ατμός
Πάρκο δεξαμενών	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ 3. Ψεκασμός με νερό για ψύξη 4. Έγχυση αφρού 5. Τροφοδοσία με αφρό από ψηλά
Σημείο φόρτωσης οχημάτων	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ 3. Κατακλυσμός αφρού/νερού
Σημείο φόρτωσης τρένων	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ
Σημείο φόρτωσης πλοίων	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ
Σταθμός αντλιών	Διαρροή υγρού	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ
Σταθμός συμπίεσης αερίων	Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ 3. Σύστημα CO ₂

		4. Ψεκαστήρας προενέργειας
Κάμινοι	Διαρροή υγρού Απελευθέρωση αερίων	1. Κρουνοί
Εγκαταστάσεις ηλεκτρικών πινάκων	Ηλεκτρική πυρκαγιά	1. Σύστημα CO ₂ 2. Ψεκαστήρας προενέργειας
Μετατροπείς με πετρέλαιο	Διαρροή υγρού	1. Κρουνοί 2. Κατακλυσμός με νερό
Πύργος ψύξης	Πυρκαγιά από καύσιμα	1. Κρουνοί 2. Μάνικες 3. Κατακλυσμός με ξηρό παράγοντα από σωληνώσεις
Υπεράκτιο ελικοδρόμιο	Διαρροή υγρού	1. Κρουνοί 2. Μόνιτορ αφρού/νερού 3. Σύστημα δύο παραγόντων (ξηρά χημικά και αφρός)
Καταλύματα	Πυρκαγιά από καύσιμα	1. Σύστημα κατακόρυφου σωλήνα 2. Σύστημα ψεκαστήρα
Αποθήκες	Πυρκαγιά από καύσιμα	1. Κρουνοί 2. Σύστημα κατακόρυφου σωλήνα 3. Σύστημα ψεκαστήρα
Κουζίνες	Διαρροή υγρού Πυρκαγιά από καύσιμα	1. Ξηρά χημικά 2. Υγρά χημικά
Γραφεία διοίκησης	Πυρκαγιά από καύσιμα	1. Κρουνοί 2. Σύστημα κατακόρυφου σωλήνα 3. Σύστημα ψεκαστήρα

Πίνακας 2 : Εφαρμογές συστημάτων πυρόσβεσης

Σύστημα πυρόσβεσης	Συνήθης εφαρμογή
Φορητοί πυροσβεστήρες	Γραφεία Αποθήκες Ηλεκτρικοί πίνακες Όλα τα σημεία του εργοστασίου
Κρουνοί (αν υπάρχει δυνατότητα κλήσης της πυροσβεστικής)	Όλοι οι χώροι επεξεργασίας και τροφοδοσίας Χώροι αποθήκευσης υδρογονανθράκων Αποθήκες Γραφεία
Μάνικες	Χώροι επεξεργασίας Αποθήκες Γραφεία Καταλύματα
Πυροσβεστικά μόνιτορ	Χώροι επεξεργασίας Χώροι αποθήκευσης υδρογονανθράκων Χώροι φόρτωσης υδρογονανθράκων
Ψεκαστήρες με σωλήνες υγρού τύπου	Γραφεία Καταλύματα Αποθήκες
Ψεκαστήρες με σωλήνες ξηρού τύπου	Αποθήκες Θάλαμοι σημαντικών καλωδίων Πύργοι ψύξης
Ψεκασμός ή κατακλυσμός νερού	Ψύξη δοχείων επεξεργασίας Γενική κάλυψη Αντλίες Μετασχηματιστές υψηλής σπουδαιότητας ή αξίας
Κατακλυσμός και μόνιτορ αφρού/νερού	Πιθανή διαρροή υδρογονανθράκων Σημεία φόρτωσης/εκφόρτωσης οχημάτων και τρένων Αποβάθρες Σταθμοί αντλιών
Συστήματα CO ₂	Ηλεκτρικοί πίνακες Αεριοστρόβιλοι Πίνακες επικοινωνίας
Υποκατάστατα halon	Χώροι με σημαντικά συστήματα υπολογιστών
Συστήματα ξηρών χημικών	Κουζίνες Σημεία φόρτωσης και εκφόρτωσης (κυρίως όπου τα συστήματα νερού δεν είναι οικονομικά ή διαθέσιμα)
Συστήματα δύο παραγόντων	Εναέριες επιχειρήσεις (αεροσκαφών και ελικοπτέρων)

Πίνακας 3 : Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συστημάτων νερού

Σύστημα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Κατακλυσμός με νερό (συνήθως από ψηλά)	Αν χρησιμοποιούνται μεγάλα ακροφύσια, υπάρχει μικρότερη πιθανότητα έμφραξης.	Πιθανότητα απώλειας νερού λόγω των ρευμάτων αέρα.
	Μεγαλύτερη πιθανότητα αντοχής σε έκρηξη.	Πιθανό πρόβλημα με αποθέσεις χρώματος και άλλων υλικών.
	Δυνατότητα αυτόματης ενεργοποίησης χωρίς χειριστή.	Συμπληρωματικός ψεκασμός μπορεί να χρειαστεί για τα στηρίγματα δοχείων και τις βάσεις.
	Δυνατότητα ταχείας ενεργοποίησης.	Ανομοιόμορφη διανομή νερού στα οριζόντια δοχεία.
	Πιο αποτελεσματικό για δοχεία και δεξαμενές.	Χρησιμοποιείται γενικά περισσότερο για φλογοπίδακες.
Ψεκασμός με νερό (με κατεύθυνση προς τον εξοπλισμό)	Δυνατότητα αυτόματης ενεργοποίησης χωρίς χειριστή.	Μεγαλύτερη πιθανότητα έμφραξης λόγω του προσανατολισμού των ακροφύσιων.
	Δυνατότητα ταχείας ενεργοποίησης.	Μεγαλύτερη πιθανότητα καταστροφής από εκρήξεις.
	Μικρότερη ευπάθεια σε προβλήματα απώλειας.	Λιγότερο αποτελεσματικό σύστημα κατά την έκθεση σε φλογοπίδακες.
	Μικρότερη επίδραση των ανέμων.	Μπορεί να καταναλώσει περισσότερο νερό για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων κινδύνων από τα συστήματα κατακλυσμού γενικής κάλυψης.
	Αποδοτική αξιοποίηση του νερού για την προστασία από κινδύνους.	Ο τακτικός έλεγχος του νερού μπορεί να επιταχύνει τη διάβρωση προστατευόμενου εξοπλισμού.
	Η αποτελεσματικότερη επιλογή ελέγχου πυρκαγιάς.	Η πιο ακριβή επιλογή.
	Σταθερά μόνιτορ	Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάλυψη αρκετών επικίνδυνων περιοχών και κατεύθυνση σε συγκεκριμένα συμβάντα.
Μικρότερη πιθανότητα έμφραξης.		Το προσωπικό μπορεί να εκτεθεί στον κίνδυνο.

	Εύχρηστο σύστημα.	Καταναλώνει μεγάλες ποσότητες νερού.
	Εύκολη εγκατάσταση.	Περιορισμένη εμβέλεια.
	Το μοτίβο και η πυκνότητα ψεκασμού μπορούν να προσαρμοστούν σε πραγματικό χρόνο.	Επηρεάζεται από τον άνεμο στις μεγάλες αποστάσεις.
	Δυνατότητα ρύθμισης για αυτόματη ή απομακρυσμένη ενεργοποίηση.	
Μάνικες και κρουοί	Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάλυψη αρκετών επικίνδυνων περιοχών και κατεύθυνση σε συγκεκριμένα συμβάντα.	Χρειάζεται χειριστή για την ενεργοποίηση.
	Το μοτίβο και η πυκνότητα ψεκασμού μπορούν να προσαρμοστούν σε πραγματικό χρόνο.	Χρειάζεται χειριστή για τη λειτουργία.
	Εύκολη εγκατάσταση.	Το προσωπικό μπορεί να εκτεθεί στον κίνδυνο.
	Μικρότερη πιθανότητα έμφραξης.	Καταναλώνει μεγάλες ποσότητες νερού.
Φορητός εξοπλισμός	Μεγαλύτερη πιθανότητα αντοχής σε έκρηξη.	Χρειάζεται υποστήριξη από το προσωπικό.
	Εύκολη εγκατάσταση.	Απαιτητικό υλικοτεχνικά.
	Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατεύθυνση νερού ή άλλων παραγόντων σε συγκεκριμένα σημεία.	Το προσωπικό μπορεί να εκτεθεί στον κίνδυνο.
	Δυνατότητα μετακίνησης σε άλλα σημεία ανάλογα με τις ανάγκες.	Κάποια τμήματα του εξοπλισμού έχουν περιορισμένη χωρητικότητα.
	Η πιο οικονομική επιλογή.	Απαιτεί γενικά εκπαίδευση.
		Μπορεί να επηρεαστεί από τον άνεμο.

Κεφάλαιο 10° : Χαρακτηριστικά διαρροών, πυρκαγιών και εκρήξεων από υδρογονάνθρακες

Το πετρέλαιο είναι ένα πολύ επικίνδυνο αγαθό του οποίου η επικινδυνότητα θα πρέπει να αναγνωρίζεται και το οποίο θα πρέπει να χειριζόμαστε παίρνοντας τις απαραίτητες προφυλάξεις. Η ανάφλεξη νεφών αερίων ή ατμών μπορεί να προκαλέσει καταστροφικές εκρήξεις και πυρκαγιές υψηλής θερμοκρασίας. Τα ατυχήματα αυτά μπορούν να καταστρέψουν μια ολόκληρη εγκατάσταση αν αφεθούν να εξελιχθούν ή μείνουν ανεξέλεγκτα. Το κοινό ξύλο και άλλα καύσιμα υλικά καίγονται με σχετικά βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι ένα μέτριο επίπεδο, ενώ οι πυρκαγιές από υδρογονάνθρακες φτάνουν μέσα σε λίγα λεπτά σε υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας και συνεχίζουν σε αυτά τα επίπεδα μέχρι να σβήσουν. Συγκριτικά με τις πυρκαγιές που οφείλονται σε κοινές εύφλεκτες ύλες, οι πυρκαγιές από υδρογονάνθρακες είναι μια τάξη ανώτερες σε ένταση. Τα εμπόδια και οι μηχανισμοί πυρόσβεσης που εξυπηρετούν τα κανονικά κτήρια δεν επαρκούν σε περιπτώσεις πυρκαγιών υψηλής έντασης από υδρογονάνθρακες.

Τα πιο καταστροφικά ατυχήματα στην πετρελαϊκή και τις σχετικές με αυτή βιομηχανίες συνήθως ξεκινούν από κάποια έκρηξη που μπορεί να προκαλέσει φθορές ή και να καταστρέψει τις απροστάτευτες εγκαταστάσεις. Οι εκρήξεις αυτές αντιστοιχούν σε ισχύ με έκρηξη TNT και είναι στην κυριολεξία σαν βόμβα. Η προστασία της πετρελαϊκής και της χημικής βιομηχανίας απαιτεί εξειδικευμένες τεχνικές περιορισμού και προστασίας με μια προσέγγιση βασισμένη στη χρήση συστημάτων. Το πρώτο βήμα σε αυτή την προσέγγιση είναι η κατανόηση των χαρακτηριστικών των διαρροών, των πυρκαγιών και των εκρήξεων από υδρογονάνθρακες.

Υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση όσον αφορά την ένταση των πυρκαγιών που οφείλονται στους υδρογονάνθρακες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις διαφορετικές ιδιότητες των εμπλεκόμενων υλικών. Οι ανοιχτές φωτιές κάθε τύπου συνήθως οφείλονται σε εύφλεκτα προϊόντα που ρέουν προς τα πάνω. Όπου εμπλέκονται λιγότερο πτητικά υλικά (υγρά), υπάρχει μια τάση συσσώρευσης στο έδαφος και σχηματισμού «λιμνών». Όσο πιο πτητικό γίνεται το υλικό από την επίδραση της θερμότητας, την ανεξέλεγκτη πίεση, ή άλλους παράγοντες, τόσο ψηλότερα θα φτάνουν οι φλόγες και τόσο μικρότερη θα είναι η τάση περιορισμού της φωτιάς στο σημείο από όπου ξεκίνησε. Μπορεί, όμως, να υπάρξουν τοπικά χαρακτηριστικά που να καθορίσουν το σχήμα και τη διάταξη των φλογών και των προϊόντων της καύσης.

Βλάβες σε σωληνώσεις υπό πίεση, σε αντλίες, δοχεία ή άλλα τμήματα του τομέα επεξεργασίας που βρίσκονται υπό πίεση προκαλούν φλογοπίδακες. Οι πυρκαγιές του είδους μπορούν να προβάλλουν φλόγες προς κάθε κατεύθυνση για σημαντική απόσταση ανάλογα με την πίεση και τους όγκους στην πηγή. Όλες οι εγκαταστάσεις που διαθέτουν μεγάλες ποσότητες υγρών ή αερίων υπό υψηλή πίεση μπορούν να παράξουν φλογοπίδακες για μεγάλες περιόδους αν δεν υπάρχει δυνατότητα απομόνωσης και αποσυμπίεσης. Οι κυριότεροι ένοχοι σε αυτές τις περιπτώσεις είναι οι κεφαλές των γεωτρήσεων, οι σωληνώσεις μεταφοράς αερίων υπό πίεση και οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης.

10.1 Διαρροές υδρογονανθράκων

Οι διαρροές υδρογονανθράκων στην πετρελαϊκή βιομηχανία αφορούν είτε αέρια, είτε σταγονίδια σε μορφή ομίχλης, ή υγρά και είναι είτε ατμοσφαιρικές, είτε υπό πίεση. Οι διαρροές αερίων και ομίχλης θεωρούνται σημαντικότερες, καθώς αναφλέγονται εύκολα εξαιτίας της αέριας κατάστασης και της δημιουργίας νεφών ατμού που, αν αναφλεγούν, προκαλούν αμέσως μεγάλες καταστροφές σε ευρεία έκταση σε σύγκριση με τις πυρκαγιές που οφείλονται σε υγρά και οι οποίες είναι συνήθως τοπικού χαρακτήρα και σχετικά ελέγξιμες.

Η αιτία της διαρροής μπορεί να είναι η εξωτερική ή εσωτερική διάβρωση, η φθορά του εξοπλισμού, μεταλλουργικές βλάβες, λάθη χειρισμού, φθορά από τρίτους ή λόγω των απαιτήσεων της λειτουργίας.

Γενικά, οι διαρροές ταξινομούνται με βάση τα παρακάτω:

1. **Καταστροφική βλάβη:** Ένα δοχείο ή μια δεξαμενή ανοίγει εντελώς και το περιεχόμενο διαρρέει. Το μέγεθος της διαρροής εξαρτάται από το μέγεθος του δοχείου.
2. **Επίμηκες ρήγμα:** Ένα τμήμα των σωληνώσεων αφαιρείται με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δύο πηγές αερίου. Κάθε τμήμα εκλύει αέρια από άνοιγμα του οποίου το εμβαδό διατομής είναι ίσο με το εμβαδό διατομής του σωλήνα (σε περίπτωση σύγκρουσης με το σωλήνα και μετατόπισης ενός τμήματός του, για παράδειγμα).
3. **Ανοιχτός σωλήνας:** Το άκρο ενός σωλήνα ανοίγει εντελώς εκθέτοντας το εμβαδό διατομής του (σε περίπτωση έκρηξης σε γεώτρηση, για παράδειγμα).
4. **Μικρό ρήγμα:** Ανοίγει μια ρωγμή σε σωλήνα ή μάνικα. Το εμβαδό διατομής του ανοίγματος είναι συνήθως ίσο με το εμβαδό διατομής του σωλήνα ή της μάνικας (σε περίπτωση που ανοίξει το σημείο ένωσης των σωληνώσεων, για παράδειγμα).
5. **Διαρροή λόγω βλάβης ή φθοράς:** Οι διαρροές του είδους προκύπτουν συνήθως σε περίπτωση βλάβης βαλβίδων ή σαν αποτέλεσμα διάβρωσης και είναι γενικά μικρές σε μέγεθος.
6. **Βλάβες σε αεραγωγούς, αποχετεύσεις, θύρες δειγμάτων:** Σωληνώσεις ή βαλβίδες μικρής διαμέτρου μπορεί να ανοίξουν ή να φθαρούν και να απελευθερώσουν ατμούς ή υγρά στο περιβάλλον.
7. **Διαρροές κατά την κανονική λειτουργία:** Διαρροή μπορεί να θεωρηθεί και ό,τι απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα κανονικά από τον εξερισμό αποθηκευτικών χώρων, τις βαλβίδες υπερχειλίσης ή τα πώματα των δεξαμενών.

10.2 Διαρροές αερίων

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που καθορίζουν το ρυθμό και την αρχική γεωμετρία της διαρροής αερίων υδρογονανθράκων. Ο σημαντικότερος είναι το εάν το αέριο βρίσκεται υπό πίεση ή απελευθερώνεται υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες. Ανάλογα με την πηγή διαρροής, το αέριο μπορεί να διαρρέει από αρκετά λεπτά μέχρι και μερικές ημέρες μέχρι να απομονωθεί η τροφοδοσία, να εξαντληθεί ή να αποσυμπιεστεί πλήρως. Οι συνηθέστερες πηγές διαρροών μακράς διάρκειας είναι οι υπόγειες δεξαμενές και οι μακριές σωληνώσεις χωρίς δυνατότητα ενδιάμεσης απομόνωσης.

Αν απελευθερωθεί υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες, το αέριο είτε θα ανεβεί προς τα πάνω είτε θα καθίσει κάτω, ανάλογα με την πυκνότητα των ατμών, και θα

κατευθυνθεί προς τα εκεί που φυσά ο άνεμος. Αν δεν φυσάει, τα βαρύτερα αέρια θα συγκεντρωθούν σε χαμηλά σημεία κοντά στο έδαφος. Συνήθως, τα ατμοσφαιρικά αέρια που διαρρέουν διασκορπίζονται σε σχετικά κοντινές αποστάσεις από την πηγή, συνήθως γύρω στα 3 m. Αυτές οι ατμοσφαιρικές διαρροές θα καούν, αν αναφλεγούν, σχετικά κοντά στην πηγή, συνήθως σε κάθετη θέση με φλόγες μικρού μήκους.

Όσον αφορά τα αέρια που απελευθερώνονται υπό πίεση, υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό και την αρχική γεωμετρία της διαρροής. Το πεπιεσμένο αέριο απελευθερώνεται σαν πίδακας και, ανάλογα με τη φύση της βλάβης, μπορεί να συνεχίσει προς κάθε κατεύθυνση. Όλος ο πίδακας ή τμήμα του μπορεί να παρεκκλίνει της πορείας του εξαιτίας των γύρω κτηρίων ή εξοπλισμών.

Αν παρέχονται επαρκείς δυνατότητες απομόνωσης, η αρχική διαρροή θα χαρακτηρίζεται από υψηλή ροή και ορμή, που θα μειώνεται, όμως, με την εφαρμογή της απομόνωσης. Σε μικρή απόσταση από το σημείο διαρροής, η πίεση των αερίων μειώνεται. Τα αέρια που διαρρέουν έχουν συνήθως τυρβώδη ροή και αέρας αντλείται αμέσως στο μείγμα. Η ανάμειξη με τον αέρα περιορίζει την ταχύτητα του πίδακα διαρροής. Εμπόδια, όπως πλατφόρμες ή δομές σε μεγαλύτερο ύψος, θα ανακόψουν την ορμή κάθε διαρροής υπό πίεση. Οι διαρροές συνήθως παράγουν ένα νέφος ατμού το οποίο, αν δεν αναφλεγεί, θα διασκορπιστεί τελικά στην ατμόσφαιρα. Όπου κυριαρχούν διαδικασίες τυρβώδους διασκορπισμού (ροή με υψηλή πίεση, άνεμοι, συμφόρηση, κ.λπ.), τα αέρια θα διασκορπιστούν οριζόντια και κάθετα συνεχίζοντας να αναμειγνύονται με το διαθέσιμο στον αέρα οξυγόνο. Αρχικά, τα αέρια που διαρρέουν είναι πάνω από το UEL, αλλά με την επίδραση των φαινομένων διασκορπισμού και στροβιλισμού, περνούν γρήγορα στα εύφλεκτα όρια. Αν δεν αναφλεγούν και έχουν την κατάλληλη απόσταση, θα διασκορπιστούν τελικά κάτω από το LEL. Υπάρχουν διάφορα προγράμματα λογισμικού που μπορούν να υπολογίσουν τον τυρβώδη διασκορπισμό του πίδακα, τις υπήνεμες εκρηκτικές ατμοσφαιρικές τοποθεσίες και τους όγκους κάθε εύφλεκτου προϊόντος, το ρυθμό διαρροής και την εισαγωγή ατμοσφαιρικών δεδομένων.

Γενικά, τα περισσότερα αέρια έχουν χαμηλή πυκνότητα ατμών και ανεβαίνουν ψηλά. Σε κάθε περίπτωση, το ύψος του θύσανου αερίων θα περιορίζεται κυρίως από την περιβάλλουσα ατμοσφαιρική σταθερότητα και την ταχύτητα του ανέμου. Αν τα αέρια αναφλεγούν, το ύψος του θύσανου θα αυξηθεί λόγω της αυξημένης πλευστότητας των αερίων σε υψηλή θερμοκρασία από τη διαδικασία καύσης.

10.3 Διαρροές σταγονιδίων

Οι διαρροές σταγονιδίων με τη μορφή ομίχλης ή εκνεφώματος γενικά συμπεριφέρονται όπως οι διαρροές αερίων ή ατμών. Το καύσιμο έχει τη μορφή πολύ μικρών σταγονιδίων και αναμειγνύεται με αέρα. Τα εκνεφώματα και οι ομίχλες μπορούν εύκολα να αναφλεγούν, ακόμα και κάτω από τη θερμοκρασία του σημείου ανάφλεξης του εμπλεκόμενου υλικού, από τη στιγμή που η ανάμειξη του καύσιμου με τον αέρα έχει ήδη γίνει.

10.4 Διαρροές υγρών

Οι διαρροές αερίων μπορεί να είναι περιορισμένες ή να εξαπλώνονται σε χαμηλότερες επιφάνειες. Αν η πτητικότητα είναι υψηλή, μπορεί να προκύψει διασπορά με εξάτμιση όταν ο ρυθμός εξάτμισης είναι ίσος με το ρυθμό εξάπλωσης.

Ανάλογα με το ιξώδες των μη πτητικών υγρών, θα υπάρξει άμεση εξάπλωση και σχηματισμός «λίμνης» στη γύρω περιοχή. Όσο υψηλότερο είναι το ιξώδες, τόσοσ περισσότερος χρόνος θα χρειαστεί για την εξάπλωση. Σύμφωνα με το γενικό κανόνα, 3,8 lt υγρού σε επίπεδη επιφάνεια θα καλύψουν γύρω στα 1,8 m², ανεξαρτήτως ιξώδους. Λίμνη πάνω σε ήρεμα νερά θα εξαπλωθεί υπό την επίδραση της βαρύτητας μέχρι να περιοριστεί από την επιφανειακή τάση, η οποία δίνει συνήθως ελάχιστο πάχος πετρελαίου πάνω στο νερό της τάξης των 10 mm. Η λίμνη που σχηματίζεται πάνω σε νερό θα κινείται επίσης στην κατεύθυνση του ανέμου και του ρεύματος. Αν δεν υπάρξει ανάφλεξη, τα ελαφρύτερα άκρα θα εξατμιστούν και τελικά τα υπολείμματα πετρελαίου θα διαλυθούν από την επίδραση των κυμάτων και τη βακτηριακή αποδόμηση. Κατά την εξάτμιση των ελαφρύτερων τμημάτων, εύφλεκτοι ατμοί μπορεί να σχηματιστούν ακριβώς πάνω από την πετρελαιοκηλίδα σε μικρή απόσταση.

Τα υγρά που βρίσκονται υπό πίεση (διαρροές από σωληνώσεις, βλάβες στα σημεία σφράγισης αντλιών, κ.λπ.) θα εκτοξευθούν σε μια απόσταση από την πηγή της διαρροής, ενώ οι ατμοσφαιρικές διαρροές θα εκπέμπουν στο σημείο απελευθέρωσης. Το άλλο χαρακτηριστικό των διαρροών υγρών είναι τα σημεία ανάφλεξής τους. Τα υγρά με υψηλό σημείο ανάφλεξης, που δεν χρησιμοποιούνται πάνω από τη θερμοκρασία ανάφλεξής τους, είναι ασφαλέστερα από τα υγρά χαμηλού σημείου ανάφλεξης. Οι περισσότερες πυρκαγιές από υγρά περιορίζονται και σβήνουν σχετικά εύκολα, ενώ οι πυρκαγιές από αέρια ενέχουν τον κίνδυνο έκρηξης αν κατασβεστούν και οι πηγές της διαρροής δεν απομονωθούν.

Οι διαρροές υγρών χαρακτηρίζονται από τα εξής γνωρίσματα:

1. **Διαρροές και σταγόνες** : Οι διαρροές και οι σταγόνες χαρακτηρίζονται από απελευθέρωση υγρών μικρής διαμέτρου, αλλά μεγάλης συχνότητας. Συνήθως προκαλούνται από διάβρωση των σωληνώσεων, μηχανικές βλάβες ή κακή συντήρηση παρεμβυσμάτων και βαλβίδων.
2. **Ρεύματα** : Απελευθέρωση υγρών μεσαίου μεγέθους και μέτριας προς χαμηλής συχνότητας. Συνήθως, εντοπίζονται σε ανοίγματα σωληνώσεων μικρής διαμέτρου που δεν έχουν κλείσει καλά (σε γραμμές δειγματισμού ή αποστράγγισης, για παράδειγμα).
3. **Εκνεφώματα και ομίχλες** : Μεσαίου μεγέθους διαρροές μέτριας συχνότητας που αναμειγνύονται απευθείας με τον αέρα. Συνήθως προκύπτουν από βλάβες σε παρεμβύσματα σωληνώσεων, πώματα αντλιών και σε βαλβίδες όπου υπάρχει υψηλή πίεση. Ενίοτε, διαρροές του είδους προκύπτουν από φλογοπίδακες.
4. **Ρωγμές** : Μεγάλες διαρροές πολύ χαμηλής συχνότητας. Συνήθως οφείλονται σε βλάβες σε δοχεία, σωληνώσεις δεξαμενών ή μάνικες εξαιτίας εσωτερικών ή εξωτερικών πηγών και συνθηκών πυρκαγιάς.

10.5 Φύση και χημεία της καύσης υδρογονανθράκων

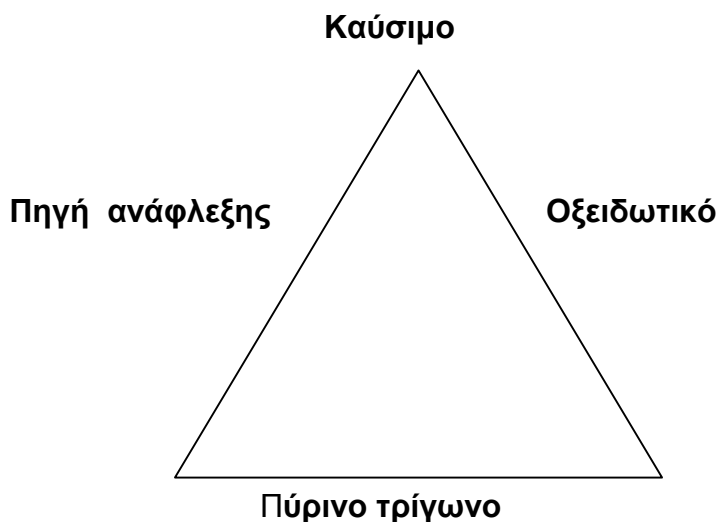
Οι απλές πυρκαγιές από υδρογονάνθρακες συνδυάζονται με οξυγόνο για την παραγωγή άνθρακα και νερού μέσω της διαδικασίας καύσης. Η καύση είναι μια χημική διαδικασία ταχείας οξειδωσης ή καύσης κάποιου καυσίμου με ταυτόχρονη ανάπτυξη ενέργειας ακτινοβολίας, συνήθως θερμότητας και φωτός. Στην περίπτωση των κοινών καυσίμων, η διαδικασία είναι χημικός συνδυασμός με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας για την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα και νερού. Οι υδρογονάνθρακες καίγονται ελεύθερα και γενικά αναφλέγονται εύκολα σε υπαίθριες καταστάσεις.

Η ενέργεια που απελευθερώνεται από την καύση προκαλεί άνοδο της θερμοκρασίας των προϊόντων καύσης. Η θερμοκρασία που προκύπτει εξαρτάται από το ρυθμό διαρροής, τη διάχυση της ενέργειας και την ποσότητα των προϊόντων καύσης. Ο αέρας είναι η πιο βολική πηγή οξυγόνου, αλλά καθώς είναι τρία τέταρτα άζωτο, το άζωτο είναι αυτό που γίνεται το κύριο συστατικό των προϊόντων καύσης και η άνοδος της θερμοκρασίας είναι αρκετά μικρότερη από ό,τι θα ήταν αν χρησιμοποιούνταν καθαρό οξυγόνο. Θεωρητικά, σε κάθε καύση απαιτείται μια ελάχιστη αναλογία αέρα-καυσίμου (για πλήρη καύση). Η καύση μπορεί να είναι πληρέστερη, και η απελευθερωμένη ενέργεια περισσότερη, με την αύξηση της ποσότητας του αέρα. Η περίσσια αέρα, όμως, μειώνει την τελική θερμοκρασία των προϊόντων και την ποσότητα της απελευθερωμένης ενέργειας. Συνεπώς, μια ιδανική αναλογία αέρα-καυσίμου μπορεί συνήθως να οριστεί ανάλογα με το ρυθμό και την έκταση της καύσης, αλλά και την επιθυμητή τελική θερμοκρασία. Ο αέρας που είναι εμπλουτισμένος σε οξυγόνο ή το καθαρό οξυγόνο, όπως στην περίπτωση του πυρσού οξυασετυλίνης, θα παράξουν υψηλές θερμοκρασίες. Ο ρυθμός καύσης μπορεί να αυξηθεί με τη διαίρεση του καυσίμου για να αυξηθεί η επιφάνειά του και, κατά συνέπεια, ο ρυθμός αντίδρασής του, αλλά και με την ανάμιξή του με αέρα για την παροχή της αναγκαίας ποσότητας οξυγόνου.

Τα υλικά υδρογονανθράκων πρέπει να βρεθούν πρώτα σε συνθήκες ατμού για να προκύψουν διαδικασίες καύσης. Η ιδιότητα αυτή είναι εγγενής για κάθε αέριο υλικό. Τα υγρά, όμως, πρέπει να έχουν σημαντικές εκπομπές ατμών για να υπάρξουν εύφλεκτες συγκεντρώσεις και να προκύψει καύση. Συνεπώς, οι διαρροές υγρών υδρογονανθράκων είναι λιγότερο επικίνδυνες από των αερίων.

Τα αέρια αναφλέγονται αμέσως από τη φύση τους (σε αντίθεση με τα υγρά που πρέπει να εξατμιστούν για να υποστηρίξουν την καύση) και μπορούν να παράξουν πύρινα μέτωπα που καίνε γρήγορα και μπορεί να αναπτύξουν εκρηκτικές δυνάμεις σε περιορισμένους χώρους. Αν σβήσει η φωτιά από διαρροή πετρελαίου αερίου, αλλά η διαρροή δεν σταματήσει, οι ατμοί μπορούν να αναφλεγούν εκ νέου και να σημειωθεί έκρηξη.

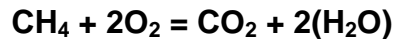
Όταν μια πηγή ανάφλεξης έρθει σε επαφή με εύφλεκτο αέριο ή μείγμα αερίων, προκύπτει χημική αντίδραση καύσης στο σημείο εισαγωγής αρκεί να υπάρχει κάποιο οξειδωτικό (συνήθως οξυγόνο). Τα συστατικά της καύσης αναφέρονται συνήθως ως ένα απλό πύρινο τρίγωνο:



Μια πιο επιστημονική αναπαράσταση είναι το πύρινο τετράεδρο με τη χημική αντίδραση της καύσης ως τέταρτη παράμετρο ή πλευρά του τετράεδρου.

Θα προκύψει καύση που κινείται από το σημείο ανάφλεξης κατά μήκος του σώματος του μείγματος αερίου και αέρα. Η καύση συνεχίζεται μέχρι να εξαντληθεί το καύσιμο, αν υπάρχει αρκετός αέρας (δηλαδή οξυγόνο), ή μέχρι κάποιος μηχανισμός κατάσβεσης να διακόψει τη διαδικασία.

Η βασική εξίσωση για τη χημική αντίδραση μορίων υδρογονανθράκων σε ιδανική καύση έχει ως εξής:



Στην ιδανική καύση, 0,45 kg αέρα συνδυάζονται με 1,8 kg οξυγόνου για την παροχή 1,2 kg διοξειδίου του άνθρακα και 1,02 kg υδρατμών. Το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα, το άζωτο και οι υδρατμοί είναι τα τυπικά καυσαέρια των συνηθισμένων διαδικασιών καύσης. Αν υπάρχουν άλλα υλικά, θα συμβάλλουν επίσης στα καυσαέρια, σχηματίζοντας άλλες ενώσεις οι οποίες, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να είναι πολύ τοξικές. Η ατελής καύση προκύπτει σε τυχαίες πυρκαγιές και εκρήξεις. Οφείλεται κυρίως σε αναταράξεις, έλλειψη αρκετού οξειδωτή και άλλους παράγοντες που παράγουν ελεύθερα σωματίδια άνθρακα (καπνό), μονοξείδιο του άνθρακα, κ.λπ.

Η διαδικασία καύσης συνοδεύεται από την ανάπτυξη ακτινοβολίας – θερμότητας και φωτός. Μια τυπική διαδικασία καύσης υγρών υδρογονανθράκων παράγει σχεδόν 15 kg προϊόντων καύσης για κάθε kg υδρογονάνθρακα που καταναλώνεται. Λόγω της υψηλής αναλογίας αζώτου στην ατμόσφαιρα (γύρω στο 78% του βάρους), το άζωτο τείνει να κυριαρχεί στα προϊόντα της καύσης (αναμειγνύεται κατά τη διαδικασία καύσης ελεύθερου αέρα). Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, χρησιμοποιείται ενίοτε ως το βασικό στοιχείο στη μοντελοποίηση μαζικής εξάπλωσης της φωτιάς. Ο ρυθμός μαζικής ροής συνήθως υπολογίζεται ως δεκαπέντε φορές ο ρυθμός καύσης του υλικού από υδρογονάνθρακα. Ο τυπικός ρυθμός καύσης για τους υγρούς υδρογονάνθρακες είναι 0,08 kg/m²s.

Ανάλογα με το καύσιμο που εμπλέκεται στη διαδικασία, απελευθερώνεται μια ορισμένη ποσότητα θερμότητας (θερμίδες ή Btu). Τα κοινά καύσιμα παράγουν μέτρια επίπεδα θερμότητας, αλλά τα μόρια υδρογονανθράκων έχουν πολύ υψηλά επίπεδα απελευθέρωσης θερμότητας. Στην ιδανική καύση 0,45 κ. μεθανίου, απελευθερώνονται περίπου 25.157 kilo-joule (23.850 Btu). Η θερμοκρασία των προϊόντων καύσης υπολογίζεται συνήθως στους 1.200 °C, χαρακτηριστική θερμοκρασία πυρκαγιών από υδρογονάνθρακες.

Ο ρυθμός ροής θερμότητας συνήθως ορίζεται με μοντελοποίηση των πυρκαγιών από υδρογονάνθρακες. Η ροή θερμότητας θεωρείται το καταλληλότερο μέτρο για την εξέταση των επιπτώσεων της ακτινοβολίας από πυρκαγιά. Ροή θερμότητας της τάξης των 4,7 kw/m² θα προκαλέσει πόνο στο εκτεθειμένο δέρμα, ενώ ροή της τάξης των 12,6 kw/m² μπορεί να προκαλέσει δευτερεύουσες πυρκαγιές. Πυκνότητα ροής της τάξης των 37,8 kw/m² θα προκαλέσει, τέλος, μεγάλες καταστροφές στο εργοστάσιο επεξεργασίας και τις δεξαμενές αποθήκευσης.

Υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες, η διάδοση της φλόγας σε νέφος αερίων προηγείται σαν πύρινο μέτωπο με μετρήσιμη ταχύτητα. Για παράδειγμα, όπου το σημείο ανάφλεξης βρίσκεται στο μέσο όγκου αερίων, το πύρινο μέτωπο τείνει συνήθως να προηγείται σαν επεκτεινόμενη σφαίρα από το σημείο ανάφλεξης. Η διάδοση των φλογών είναι αποτέλεσμα της επαγωγικής μεταφοράς ενέργειας από το πύρινο μέτωπο στο στρώμα των αερίων μπροστά από αυτό. Τα αέρια αναφλέγονται,

με τη σειρά τους, και έτσι συνεχίζεται η διαδικασία. Στα μείγματα που περιέχουν το καύσιμο και τον οξειδωτή σε αναλογίες εκτός των LEL/UEL, απελευθερώνεται ανεπαρκής θερμική ενέργεια στα γειτονικά στρώματα αερίων για την παραγωγή μόνιμης καύσης. Όπου η καύση βρίσκεται εντός των ορίων LEL/UEL, η διάδοση των φλογών φαίνεται ταχύτερη προς τα πάνω, γεγονός που οφείλεται κυρίως στα ρεύματα μεταφοράς. Όταν αναφλεγεί μεγάλη συσσώρευση μείγματος αέριων καυσίμων και αέρα, τα ρεύματα μεταφοράς μεταφέρουν τις φλόγες προς τα πάνω, ενώ η καύση σε οριζόντια κατεύθυνση είναι σχετικά βραδύτερη.

Υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, η φωτιά συνήθως ξεκινά από καύσιμο υλικό που έρχεται σε επαφή με πηγή θερμότητας. Η εξάπλωση της φωτιάς οφείλεται στον απευθείας διαχωρισμό με πρόσκρουση ή στη μεταφορά θερμότητας στα γύρω εύφλεκτα υλικά. Η μεταφορά θερμότητας προκύπτει από τρεις κύριους μηχανισμούς – επαγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία. Η επαγωγή είναι η κίνηση της θερμότητας σε στάσιμο μέσο, όπως στερεά, υγρά ή αέρια. Ο χάλυβας είναι καλός αγωγός της θερμότητας, όπως είναι και το αλουμίνιο. Συνεπώς, μπορούν να περάσουν τη θερμότητα μιας φωτιάς αν μείνουν απροστάτευτα.

Μεταφορά σημαίνει μεταφορά της θερμότητας από ένα σημείο σε ένα άλλο με μέσο που κινείται μεταξύ τους, όπως όταν ένα αέριο θερμαίνεται σε ένα σημείο και φτάνει σε ένα άλλο στο οποίο αφήνει τη θερμότητά του. Τα ρεύματα μεταφοράς θερμού αέρα και αερίων συνήθως είναι υπεύθυνα για το 75 με 85% της θερμότητας που παράγεται από πυρκαγιά. Μεγάλες μάζες αέρα που έχουν θερμανθεί από ρεύματα μεταφοράς των φλογών θα αυξήσουν γρήγορα τη θερμοκρασία όλων των εύφλεκτων υλικών στο διάβα τους έως τα απαιτούμενα για ανάφλεξη επίπεδα. Όπου εμποδιστεί η εξάπλωσή της σε ύψος (από οροφές, προβλήτες, κ.λπ.), η φωτιά θα εξαπλωθεί πλευρικά και θα σχηματίσει ένα στρώμα θερμότητας με αυξανόμενο βάθος και ένταση. Στους κλειστούς χώρους, οι περιβαλλοντικές συνθήκες σύντομα φτάνουν θερμοκρασίες άνω του σημείου ανάφλεξης και πραγματοποιείται καύση ταυτόχρονα παντού, διαδικασία γνωστή ως έξαρση της πυρκαγιάς.

Ακτινοβολία είναι η μεταφορά ενέργειας από ηλεκτρομαγνητικά κύματα και μπορεί να συγκριθεί με τη μετάδοση φωτός στην ατμόσφαιρα. Όταν τα κύματα ακτινοβολίας συναντούν ένα αντικείμενο, η ενέργειά τους απορροφάται από την επιφάνεια του αντικειμένου αυτού. Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας με επαγωγή είναι αναλογικός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του σημείου που μεταδίδει και του σημείου που λαμβάνει τη θερμότητα. Ο ρυθμός μεταφοράς της θερμότητας εξαρτάται από το ρυθμό κίνησης του φέροντος μέσου. Η κίνηση αυτή μπορεί να προκληθεί από διαφορές στην πυκνότητα του υλικού ή από μηχανική άντληση (συστήματα διοχέτευσης θερμού αέρα, για παράδειγμα). Στην περίπτωση της ακτινοβολίας, ο ρυθμός μεταφοράς είναι σχεδόν ανάλογος με την τέταρτη δύναμη της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της ακτινοβολούσας πηγής και του δέκτη. Συνεπώς, η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία από πυρκαγιές είναι σημαντικός παράγοντας που πρέπει να εξετάζεται σε κάθε φωτιά. Ιδιαίτερο βάρος πρέπει να δίνεται στην ψύξη των εκτεθειμένων επιφανειών και τη διατήρηση των δομικών στηριγμάτων με τη βοήθεια υλικών πυροπροστασίας.

Αν αναφλεγούν υδρογονάνθρακες που έχουν διαρρεύσει, μπορεί να προκύψουν διάφορα είδη πυρκαγιάς και έκρηξης. Τα συμβάντα εξαρτώνται κυρίως από τον τύπο του υλικού, το ρυθμό διαρροής, το στοιχείο στο οποίο γίνεται η ανάφλεξη και τη φύση του γύρω χώρου.

10.6 Πυρκαγιές από υδρογονάνθρακες

Συνήθως, οι πυρκαγιές από υδρογονάνθρακες ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Φλογοπίδακας (Jet Fire)**

Οι περισσότερες πυρκαγιές που σχετίζονται με αέρια στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου συνδέονται με υψηλές πιέσεις και χαρακτηρίζονται ως φλογοπίδακες. Ο φλογοπίδακας είναι ένα πεπιεσμένο ρεύμα εύφλεκτου αερίου ή υγρού σε πολύ μικρά σταγονίδια (όπως μια διαρροή υπό υψηλή πίεση από αντλία ή κεφαλή γεώτρησης) που καίγεται. Αν μια τέτοια διαρροή αναφλεγεί σχεδόν αμέσως μόλις προκύψει (μέσα σε 2-3 λεπτά), το αποτέλεσμα είναι μια έντονη φλόγα. Ο φλογοπίδακας σταθεροποιείται σε σημείο που βρίσκεται κοντά στην πηγή της διαρροής, μέχρι η διαρροή να σταματήσει. Συνήθως, πρόκειται για τοπική φωτιά, αλλά πολύ καταστροφική για ό,τι βρίσκεται κοντά της. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι, εκτός του ότι παράγει θερμική ακτινοβολία, ο φλογοπίδακας προκαλεί σημαντική μεταφορά θερμότητας στην περιοχή πέρα από το άκρο της φλόγας. Η υψηλή ταχύτητα του αερίου που έχει διαρρεύσει παρασύρει αέρα στον πίδακα, προκαλώντας αποδοτικότερη καύση απ' ό,τι στις πυρκαγιές σε λίμνες υγρών. Μεγαλύτερη μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται προς κάθε αντικείμενο που είναι βυθισμένο στη φλόγα, δηλαδή πάνω από 200 kw/τετ.μ. για τον φλογοπίδακα απ' ό,τι για τη φωτιά σε λίμνη υγρών. Το πρώτο 10% του μήκους του φλογοπίδακα θεωρείται συντηρητικά μη αναφλεγμένο αέριο, σαν αποτέλεσμα της ταχύτητας εξόδου που κάνει τη φλόγα να υψώνεται από το σημείο διαρροής. Το φαινόμενο αυτό έχει μετρηθεί σε πυρκαγιές σε εργοστάσια υδρογονανθράκων στο 20% του μήκους του φλογοπίδακα, αλλά ένα 10% χρησιμοποιείται, λαμβάνοντας υπόψη τον επιπλέον στροβιλισμό κοντά στα άκρα του σημείου διαρροής συγκριτικά με την ομαλή διαρροή αερίου από το άκρο της φλόγας. Οι φλογοπίδακες έχουν σχετικά ψυχρό πυρήνα κοντά στην πηγή. Η μεγαλύτερη ροή θερμότητας συνήθως προκύπτει σε αποστάσεις πέραν του 40% του μήκους της φλόγας. Η μεγαλύτερη ροή θερμότητας δεν παρατηρείται απαραίτητα στην πληγείσα πλευρά.

- **Λιμνώδης φλόγα (Pool Fire)**

Οι λιμνώδεις φλόγες έχουν κάποια από τα χαρακτηριστικά του κάθετου φλογοπίδακα, αλλά η μεταφερόμενη θερμότητα είναι πολύ λιγότερη στην περίπτωση τους. Η μεταφορά θερμότητας στα αντικείμενα που επηρεάζονται από λιμνώδεις φλόγες γίνεται τόσο με ρεύματα μεταφοράς όσο και με ακτινοβολία. Όταν αναφλεγεί μια λίμνη υγρού, αέρια εξατμίζονται γρήγορα από το σημείο καθώς θερμαίνεται από την ακτινοβολία και τη μεταφερόμενη θερμότητα της φλόγας. Ο μηχανισμός θέρμανσης δημιουργεί βρόχο ανάδρασης και έτσι περισσότερο αέριο εξατμίζεται από την υγρή επιφάνεια. Η επιφανειακή φωτιά μεγαλώνει σε μέγεθος στο πλαίσιο διαδικασίας μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία και ρεύματα μεταφοράς στη γύρω περιοχή μέχρι όλη η επιφάνεια του καύσιμου υγρού να πάρει φωτιά. Οι επιπτώσεις της φωτιάς λίμνης μπορούν να δοθούν σχηματικά με μια ζώνη φλόγας που περιβάλλεται από θύλακες διαφορετικού επιπέδου θερμικής ακτινοβολίας. Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας

στον εξοπλισμό ή το κτήριο που βρίσκονται μέσα στις φλόγες θα είναι της τάξης των 30 με 50 kw/m².

- **Απότομη ανάφλεξη (Flash Fire)**

Αν καύσιμο αέριο που έχει διαρρεύσει δεν αναφλεγεί αμέσως, θα σχηματιστεί θύσανος ατμού. Αυτός θα μετακινηθεί και θα διασκορπιστεί από τον άνεμο ή τον εξαερισμό. Αν το αέριο αναφλεγεί σε αυτό το σημείο, αλλά δεν εκραγεί, θα δώσει τη λεγόμενη απότομη ανάφλεξη κατά την οποία ολόκληρο το νέφος αερίων καίγεται πολύ γρήγορα. Οι πιθανότητες πρόκλησης θανάτων είναι μικρές, αλλά προκαλούνται υλικές ζημιές. Αν η διαρροή αερίου δεν έχει απομονωθεί εντωμεταξύ, η απότομη ανάφλεξη θα μετατραπεί σε φλογοπίδακα στην πηγή. Οι φωτιές του είδους χαρακτηρίζονται από τον περιορισμένο θύλακά τους, καθώς δεν προκαλούνται καταστροφές πέρα από αυτόν. Συνήθως, ο θύλακας θεωρείται το LEL του νέφους αερίων.

Υπάρχουν μαθηματικές εκτιμήσεις που μπορούν να υπολογίσουν τις επιπτώσεις της φλόγας και της θερμότητας (μέγεθος, ρυθμός και διάρκεια) για τις φωτιές λίμνης, τους φλογοπίδακες και τις απότομες αναφλέξεις υδρογονάνθρακων. Οι εκτιμήσεις αυτές βασίζονται στη «δεδομένη» παράμετρο του ρυθμού διαρροής του υλικού. Ως ένα βαθμό επηρεάζει και η ταχύτητα του ανέμου.

Όλοι οι μηχανισμοί πυρκαγιάς από υδρογονάνθρακες και οι εκτιμήσεις θα επηρεάζονται πάντα σε ένα βαθμό από τα χαρακτηριστικά σταθερότητας της φλόγας όπως τη μεταβαλλόμενη σύνθεση του καυσίμου καθώς εξαντλούνται τα ελαφρύτερα στοιχεία, τις διαθέσιμες πηγές οξυγόνου, τα μοτίβα εξαερισμού και την επίδραση του ανέμου. Οι μελέτες όλων αυτών δεν έχουν γενικά φτάσει στο επίπεδο όπου μπορούν να γίνουν ακριβείς εκτιμήσεις χωρίς δοκιμές με μοντέλα υπό κλίμακα ή επιτόπου μετρήσεις.

10.7 Φύση των εκρήξεων από υδρογονάνθρακες

Οι εύφλεκτοι ατμοί εκρήγνυνται υπό πολύ συγκεκριμένες συνθήκες. Υπάρχουν δύο μηχανισμοί έκρηξης που πρέπει να εξετάζονται κατά την αξιολόγηση ατυχημάτων με εύφλεκτους ατμούς – η πυροκρότηση και η κατάκαυση. Η πυροκρότηση είναι μια ακαριαία αντίδραση κατά την οποία οι φλόγες κινούνται με υπερηχητικές ταχύτητες. Η κατάκαυση είναι η διαδικασία κατά την οποία οι φλόγες κινούνται με υποηχητικές ταχύτητες.

Τη δεκαετία του 1970, έγινε σημαντική πρόοδος όσον αφορά την κατανόηση των υπερηχητικών εκρήξεων, δηλαδή των πυροκροτήσεων. Φάνηκε ότι οι συνθήκες που απαιτούνται για την πυροκρότηση, είτε με κρούση, είτε με ανάφλεξη φλογοπίδακα, ή με επιτάχυνση φλόγας, είναι πολύ ακραίες για να προκύπτουν στο πλαίσιο της καθημερινής λειτουργίας των συστημάτων μη πεπιεσμένου φυσικού αερίου και αέρα. Μπορούν, όμως, να συμβούν στην περίπτωση των συστημάτων πεπιεσμένου φυσικού αερίου και αέρα (σε δοχεία επεξεργασίας και σωληνώσεις, για παράδειγμα). Γενικά, αναγνωρίζεται ότι οι εκρήξεις νεφών ατμού δίνουν φλόγες που ταξιδεύουν σε υποηχητικές ταχύτητες και τεχνικά κατατάσσονται, συνεπώς, στις κατακαύσεις, αλλά κοινώς αναφέρονται ως εκρήξεις.

Πυροκροτήσεις

Πυροκροτήσεις μπορούν να προκύψουν σε στερεά και υγρά, αλλά είναι ιδιαίτερα συχνές στα εργοστάσια πετρελαίου στην περίπτωση μειγμάτων ατμών

υδρογονανθράκων με αέρα ή οξυγόνο. Αναπτύσσονται ταχύτερα σε αρχικές πιέσεις πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση. Αν η αρχική πίεση είναι υψηλή, η πίεση της πυροκρότησης θα είναι μεγαλύτερη και καταστροφικότερη.

Οι πυροκροτήσεις παράγουν πολύ υψηλότερες πιέσεις από τις κοινές εκρήξεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένα δοχείο επεξεργασίας ή κάποιο σύστημα σωληνώσεων δεν μπορεί να συγκρατήσει την πίεση της πυροκρότησης. Η μόνη ασφαλής διαδικασία για την αποφυγή πυροκροτήσεων του συστήματος επεξεργασίας είναι να εμποδίζεται ο σχηματισμός εύφλεκτων μειγμάτων ατμών και αέρα σε δοχεία και σωληνώσεις. Ενώ η ταχύτητα εξάπλωσης της φλόγας στις κοινές εκρήξεις είναι σχετικά χαμηλή, οι πυροκροτήσεις εξαπλώνονται με υπερηχητικές ταχύτητες και μπορεί να είναι καταστροφικότερες.

Εκρήξεις νεφών ατμού

Ο δημοφιλής όρος ανεμπόδιστη έκρηξη νέφους ατμού (UCVE) προσπαθεί να εξηγήσει την ανάφλεξη διαρροών καύσιμων αερίων ή ατμών στην ανοιχτή ατμόσφαιρα. Αρκετοί τόμοι της σχετικής βιβλιογραφίας αναφέρουν ότι υπαίθριες εκρήξεις προκύπτουν μόνο αν υπάρχει αρκετή συμφόρηση ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, τυρβώδης ροή του αέρα. Τα νέφη αερίων ή ατμών που αναφλέγονται υπό ορισμένες συνθήκες παράγουν εκρήξεις. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων εκρήξεων, η πυροκρότηση (υπερηχητική ακαριαία αντίδραση) και η κατάκαυση (υποηχητική τυρβώδης φλόγα). Η έρευνα σχετικά με το μηχανισμό των φλογών έχει δείξει ότι οι εκρήξεις νεφών ατμού είναι υψηλής ταχύτητας, αλλά έχουν υποηχητική καύση που καταλήγει σε κατάκαυση και όχι πυροκρότηση. Πειράματα έχουν επίσης δείξει ότι οι φλόγες που εξαπλώνονται μέσω ελεύθερων νεφών αερίων και αέρα παράγουν αμελητέες υπερπίεσεις. Όταν αντικείμενα όπως σωληνώσεις και δοχεία βρίσκονται κοντά ή παρουσία αναφλεγμένου νέφους αερίων, προκαλούν στροβιλισμό και καταστροφικές υπερπίεσεις έκρηξης μπροστά από το πύρινο μέτωπο.

Για να προκύψει έκρηξη νέφους ατμών σε εργοστάσιο υδρογονανθράκων, πρέπει να πληρούνται τέσσερις προϋποθέσεις:

- (1) Πρέπει να υπάρχει αρκετή διαρροή εύφλεκτου υλικού.
- (2) Το εύφλεκτο υλικό πρέπει να αναμειχθεί ικανοποιητικά με τον γύρω αέρα.
- (3) Πρέπει να υπάρχει μια πηγή ανάφλεξης.
- (4) Πρέπει να υπάρχει αρκετή σύμπτυξη, συμφόρηση ή τυρβώδης ροή στην περιοχή της διαρροής.

Το μέγεθος της υπερπίεσης της έκρηξης καθορίζεται από την ταχύτητα της φλόγας. Η ταχύτητα της φλόγας είναι συνάρτηση της τυρβώδους ροής που δημιουργείται μέσα στο νέφος ατμού που απελευθερώνεται και του επιπέδου μείγματος καυσίμου εντός των ορίων καύσης. Οι μέγιστες ταχύτητες φλόγας σε συνθήκες δοκιμής επιτυγχάνονται συνήθως σε μείγματα που περιέχουν ελαφρώς περισσότερο καύσιμο από αυτό που απαιτείται για τη στοιχειομετρική καύση. Η τυρβώδης ροή δημιουργείται από τον περιορισμό και τη συμφόρηση στην περιοχή. Οι σύγχρονες θεωρίες υπαίθριων εκρήξεων λένε ότι όλα τα χερσαία εργοστάσια επεξεργασίας υδρογονανθράκων έχουν αρκετή συμφόρηση και περιορισμό για να παράξουν εκρήξεις νεφών ατμού. Σίγουρα, περιορισμός χώρου και συμφόρηση υπάρχουν και στις περισσότερες υπεράκτιες πλατφόρμες παραγωγής ως ένα βαθμό.

Δύο τύποι υπαίθριων εκρήξεων είναι δυνατοί και αντιστοιχούν σε δύο διαφορετικούς μηχανισμούς συσσώρευσης πίεσης.

- **Εκρήξεις ημι-περιορισμένων νεφών ατμού**

Οι εκρήξεις αυτές απαιτούν ένα βαθμό περιορισμού, συνήθως στο εσωτερικό κτηρίου ή μονάδας. Ο μηχανισμός συσσώρευσης πίεσης είναι η διόγκωση θερμών αερίων καθώς καίγονται και υπερβαίνουν τη χωρητικότητα των αεραγωγών στον κλειστό χώρο. Δεν δημιουργείται σημαντικό κρουστικό κύμα, καθώς γενικά ο χώρος είναι πολύ μικρός ή υπάρχει αρκετό αέριο για να επιταχύνει το πύρινο μέτωπο ως την αναγκαία ταχύτητα. Εκρήξεις του είδους μπορούν να προκύψουν με μικρές ποσότητες αερίων.

- **Εκρήξεις νεφών ατμού**

Οι εκρήξεις αυτές μπορεί να προκύψουν σε ανοιχτούς χώρους, αλλά και πάλι απαιτείται ένας βαθμός συμφόρησης. Η υπερπίεση δημιουργείται από την ταχεία και επιταχυνόμενη καύση του μείγματος αερίων και αέρα. Η ταχύτητα του πύρινου μετώπου μπορεί να φτάσει τα 2.000 m/s, δημιουργώντας κρουστικό κύμα καθώς σπρώχνει τον αέρα μπροστά του. Οι εκρήξεις νεφών ατμού μπορούν να προκύψουν μόνο όταν υπάρχουν σχετικά μεγάλα νέφη αερίων.

Όταν συμβεί η έκρηξη, δημιουργεί κρουστικό κύμα που παρουσιάζει πολύ απότομη άνοδο της πίεσης στο μέτωπο του κύματος και ριπή ανέμου που είναι μια απότομη ροή πίσω από το κρουστικό κύμα. Η σύγκρουση του κρουστικού κύματος με τα κτήρια κοντά στο σημείο της έκρηξης είναι γνωστή ως φόρτωση έκρηξης. Οι δύο κυριότερες πλευρές του ζητήματος της φόρτωσης έκρηξης είναι η πρόβλεψη του μεγέθους της έκρηξης και της πίεσης στα γύρω κτήρια. Τα φορτία πίεσης έπειτα από έκρηξη μοιάζουν με παλμό τραπεζοειδούς ή τριγωνικού σχήματος. Συνήθως, διαρκούν μεταξύ 40 και 400 msec περίπου. Ο χρόνος που χρειάζεται για την επίτευξη της μέγιστης πίεσης είναι συνήθως 20 msec.

Οι πρωτογενείς φθορές από εκρήξεις μπορεί να οφείλονται σε διάφορα γεγονότα:

1. **Υπερπίεση** – η πίεση που αναπτύσσεται μεταξύ του διογκούμενου αερίου και της γύρω ατμόσφαιρας.
2. **Παλμός** – η διαφορική πίεση κατά μήκος του εργοστασίου καθώς περνά το κύμα πίεσης μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση ή μετακίνηση, θετική και αρνητική.
3. **Βλήματα και θραύσματα** – πρόκειται για ολόκληρα αντικείμενα ή τμήματα αντικειμένων που πετάγονται από την έκρηξη διογκούμενων αερίων και μπορεί να προκαλέσουν φθορές ή κλιμάκωση του ατυχήματος. Τα αντικείμενα αυτά είναι γενικά μικρά (βίδες, παξιμάδια, κ.λπ.), καθώς τα διογκούμενα αέρια δεν έχουν αρκετή ενέργεια για να σηκώσουν βαριά αντικείμενα όπως δοχεία, βαλβίδες, κ.ά. Είναι το αντίθετο του ρήγματος. Γενικά, αυτά τα «βλήματα» από εκρήξεις νεφών ατμού προκαλούν μικρές συγκρούσεις με τον εξοπλισμό επεξεργασίας, καθώς δεν υπάρχει αρκετή ενέργεια να σηκώσει βαριά αντικείμενα και να προκαλέσει μεγάλες συγκρούσεις. Τα μικρά εκτοξευόμενα αντικείμενα, βέβαια, ενέχουν κινδύνους για το προσωπικό και ενδέχεται να προκαλέσουν τραυματισμούς ή και θανάτους. Οι συγκρούσεις που οφείλονται σε ρήγματα μπορεί να έχουν καταστροφικά αποτελέσματα (διάτρηση άλλων δοχείων, σύγκρουση με το προσωπικό, κ.ά.), γι' αυτό και δίνεται ιδιαίτερη βάση στα συστήματα εκτόνωσης της πίεσης (βαλβίδες ασφαλείας, δυνατότητας αποσυμπίεσης, κ.λπ.) στην πετρελαϊκή και τη χημική βιομηχανία.

Στα εργοστάσια πετρελαίου και φυσικού αερίου, τα φαινόμενα αυτά μπορούν γενικά να συσχετιστούν με την ταχύτητα της φλόγας. Όπου αυτή η ταχύτητα είναι κάτω των 100 m/s, οι φθορές θεωρούνται απίθανες (σημείωση: γενικά εντός των

ορίων περιορισμού που απαντούν στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις). Το μέγεθος του νέφους ή του θύσανου ατμού όπου μπορούν να προκύψουν τέτοιες ταχύτητες έχει ερευνηθεί πειραματικά. Τα πειράματα έδειξαν ότι οι φλόγες χρειάζονται μια απόσταση «εκκίνησης» περίπου 5,5 m για να φτάσουν σε καταστροφικές ταχύτητες. Συνεπώς, τα νέφη ατμού με διαστάσεις μικρότερες από αυτή δεν θα προκαλέσουν μάλλον σημαντική φθορά. Πρόκειται για υπεραπλούστευση των εμπλεκόμενων παραγόντων και μεταβλητών, αλλά λαμβάνονται υπόψη οι τιμές σχετικά με τη συμφόρηση, τον περιορισμό και τις συγκεντρώσεις αερίων.

10.8 Υπερπίεσεις ημι-περιορισμένων εκρήξεων

Η υπερπίεση που αναπτύσσεται στις ημι-περιορισμένες εκρήξεις εξαρτάται από τις εξής βασικές παραμέτρους:

- § Τον όγκο της περιοχής: Οι μεγάλοι κλειστοί χώροι υφίστανται τις μεγαλύτερες υπερπίεσεις.
- § Περιοχή εξαερισμού: Ο βαθμός περιορισμού είναι πολύ σημαντικός. Η ύπαρξη ανοιγμάτων, είτε πρόκειται για μόνιμους αεραγωγούς, είτε για ελαφριές επιστρώσεις, μειώνει σημαντικά την προβλεπόμενη υπερπίεση.
- § Εμπόδια, εξοπλισμός επεξεργασίας και σωληνώσεις: Ο σκελετός των κτηρίων και άλλα εμπόδια δημιουργούν τυρβώδη ροή στο καιγόμενο νέφος, γεγονός που αυξάνει την υπερπίεση. Το προφίλ, το μέγεθος και η θέση των εμποδίων επηρεάζουν το μέγεθος της αναπτυσσόμενης υπερπίεσης.
- § Σημείο ανάφλεξης: Τα σημεία ανάφλεξης σε μεγάλη απόσταση από τις περιοχές εξαερισμού αυξάνουν την υπερπίεση.
- § Μείγματα αερίων: Οι περισσότερες μελέτες αφορούν μείγματα μεθανίου και αέρα, αλλά και τα μείγματα προπανίου και αέρα είναι γνωστό ότι είναι ελαφρώς πιο αντιδραστικά και δημιουργούν υψηλές υπερπίεσεις. Η αύξηση του περιεχομένου των αερίων υδρογονανθράκων αναμένεται, συνεπώς, να έχει παρόμοιες επιπτώσεις. Η αρχική θερμοκρασία του μείγματος μπορεί επίσης να επηρεάσει το αποτέλεσμα της υπερπίεσης.
- § Ανάμειξη αερίων: Τα εύφλεκτα αέρια πρέπει να αναμειγνύονται με αέρα για να πλησιαστούν τα όρια του εκρηκτικού φάσματος για το εκάστοτε αέριο. Το χειρότερο σενάριο, δηλαδή ένα μείγμα ελαφρώς πλουσιότερο σε καύσιμο, που αντιστοιχεί στο ταχύτερα καιγόμενο μείγμα, χρησιμοποιείται συνήθως στους υπολογισμούς με βάση τη συντηρητική προσέγγιση.

Κάποιες συμβουλευτικές εταιρείες και τα τμήματα εξέτασης κινδύνων των ασφαλιστικών εταιρειών διαθέτουν λογισμικό για την εκτίμηση των υπερπίεσεων στην περίπτωση των ημι-περιορισμένων εκρήξεων, λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω παραμέτρους. Τα μοντέλα λογισμικού βασίζονται γενικά σε εμπειρικούς τύπους και επικυρώνονται με πειραματικές δοκιμές σε κλίμακα 1:5 και μελέτες πραγματικών ατυχημάτων (π.χ. Piper Alpha, Φλίξμπορο, κ.ά.).

10.9 Υπερπίεσεις εκρήξεων νεφών ατμού

Παλαιότερες μελέτες εκρήξεων νεφών ατμού (Vaper Cloud Explosion) έχουν χρησιμοποιήσει συσχέτιση της μάζας ενός αερίου στο νέφος και της αντίστοιχης μάζας TNT για να προβλέψουν τις υπερπίεσεις των εκρήξεων. Η μέθοδος αυτή πάντα πιστευόταν ότι έδινε συντηρητικά αποτελέσματα, αλλά πρόσφατα ερευνητικά

στοιχεία έδειξαν ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν είναι ακριβής όσον αφορά τα μείγματα φυσικού αερίου και αέρα. Τα μοντέλα TNT δεν συσχετίζονται καλά στις περιοχές κοντά στο σημείο ανάφλεξης και γενικά τα επίπεδα υπερπίεσης στο γειτονικό πεδίο υπερεκτιμώνται. Πειράματα με εκρήξεις μεθανίου σε «μη περιορισμένους» χώρους έχουν δείξει μέγιστη υπερπίεση 0,2 bar. Αυτή η υπερπίεση μειώνεται με την απόσταση. Γι' αυτό, σχεδιάστηκαν νεότερα υπολογιστικά μοντέλα που προσομοιώνουν καλύτερα τις επιπτώσεις των εκρήξεων πραγματικών αερίων και αέρα με βάση ιστορικά και πειραματικά στοιχεία.

Τα κριτήρια για τον κίνδυνο υπερπίεσης συνήθως κυμαίνονται στα 0,2 bar. Αν και, για να χαθούν ζωές από τις επιπτώσεις εκρήξεων, ίσως απαιτούνται 2,0 bar ή και περισσότερα. Ακόμα και πολύ χαμηλότερα επίπεδα έχουν σαν αποτέλεσμα φθορές σε κτήρια που ενδέχεται να προκαλέσουν, με τη σειρά τους, θανάτους. Υπερπίεση της τάξης των 0,2 με 0,28 bar θα κατέστρεφε κτήριο χαλύβδινου πλαισίου, ενώ στα 0,35 bar θα έσπαγαν ξύλινες κολώνες και θα προκαλούνταν μεγάλες ζημιές σε εργοστάσια. Από τα 0,35 έως τα 0,5 bar θα καταστρέφονταν ολοκληρωτικά κατοικίες.

Ιστορικά, όλες οι καταγεγραμμένες εκρήξεις νεφών ατμού είχαν να κάνουν με διαρροή τουλάχιστον 100 kg εύφλεκτου αερίου, με μια ποσότητα 998 kg με 9.979 kg να είναι η συνηθέστερη. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι κανονισμοί του OSHA απαιτούν να εξετάζονται για την πιθανότητα εκρήξεων μόνο διεργασίες που αφορούν 4.536 kg υλικού και άνω. Επιπλέον, οι πιθανότητες έκρηξης που σχετίζονται με νέφη ατμού κάτω των 4.536 kg θεωρούνται πολύ χαμηλές. Τα περισσότερα καταστροφικά ατυχήματα σε εργοστάσια έχουν προκύψει όταν τα επίπεδα του απελευθερωμένου υλικού ήταν πολύ υψηλά. Γενικά, όσον αφορά τις εκρήξεις νεφών ατμού κάτω των 4.536 kg, θα λέγαμε ότι οι ζημιές είναι μικρότερες απ' ό,τι στους μεγαλύτερους όγκους (άνω των 4.536 kg).

Μείγμα φυσικού αερίου και αέρα είναι πιθανόν να εκραγεί μόνο αν πληρούνται όλες οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- (1) Μεγάλος βαθμός συμφόρησης από εμπόδια που δημιουργούν τυρβώδη ροή.
- (2) Μεγάλη έκταση που επιτρέπει στο πύρινο μέτωπο να επιταχύνει με υψηλές ταχύτητες.
- (3) Ελάχιστη εύφλεκτη ύλη της τάξης των 100 kg απαιτείται γενικά για την επιτάχυνση του πύρινου μετώπου.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι εκρήξεις νεφών ατμού στα εργοστάσια υδρογονανθράκων χρειάζεται να υπολογίζονται μόνο για τις εγκαταστάσεις που περιέχουν μεγάλους όγκους πτητικών αερίων υδρογονανθράκων που μπορεί να διαρρεύσουν και στις οποίες υπάρχει ένας βαθμός περιορισμού ή συμφόρησης. Η ποσότητα με τις μεγαλύτερες πιθανότητες να προκαλέσει ατύχημα είναι τα 4.536 kg, αν και ατυχήματα έχουν καταγραφεί ακόμα και σε περίπτωση που διέρρευσαν μόλις 907 kg. Μάλιστα, ο υπολογισμός διαρροής που δίνει 0,2 bar στα 46 m, για παράδειγμα, δείχνει ότι χρειάζονται τουλάχιστον 907 kg υλικού για να προκληθεί αυτή η ποσότητα υπερπίεσης. Το όριο, λοιπόν, της διαρροής 907 kg ατμών υδρογονάνθρακα θεωρείται συνετή και συντηρητική προσέγγιση.

10.10 Έκρηξη Εκτονούμενου Ατμού Ζέοντος Υγρού (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)

Τα ατυχήματα τύπου BLEVE προκύπτουν από τη μείωση του ορίου διαστολής του τοιχώματος δοχείου ή σωλήνα σε σημείο που να μην μπορεί να αντέξει την καταπόνηση που υφίσταται από το σχέδιο και την κατασκευή του, ενώ επηρεάζεται

και από το σημείο ρύθμισης της βαλβίδας εκτόνωσης. Τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα ξαφνική καταστροφική βλάβη που προκαλεί βίαιη εκτόξευση των περιεχομένων και παράγει μια μεγάλη πύρινη σφαίρα.

Το φαινόμενο BLEVE συνήθως προκύπτει όταν μεταλλικό δοχείο έχει θερμανθεί πάνω από τους 538 °C. Το μέταλλο μπορεί να μην μπορέσει να αντέξει την εσωτερική καταπόνηση και έτσι προκαλείται φθορά. Το υγρό που περιέχεται στο δοχείο συνήθως απορροφά τη θερμότητα, οπότε τα βρεχόμενα τμήματα δεν κινδυνεύουν συνήθως, μόνο οι επιφάνειες των εσωτερικών χώρων ατμού. Τα περισσότερα ατυχήματα του είδους συμβαίνουν όταν τα δοχεία είναι γεμάτα στο μισό ή το ένα τρίτο με υγρά. Η ενέργεια διαστολής από την εξάτμιση του υγρού είναι τέτοια που κομμάτια δοχείων έχουν εκτοξευθεί έως και 0,8 km από το ρήγμα και έχουν προκληθεί θάνατοι σε απόσταση έως και 244 m από το σημείο του ατυχήματος. Πύρινες σφαίρες μπορεί να παραχθούν την ώρα της ρήξης με αρκετά μέτρα διάμετρο και να εκθέσουν το προσωπικό που βρίσκεται κοντά σε υψηλά επίπεδα θερμότητας. Έχουν προκληθεί θάνατοι εξαιτίας εγκαυμάτων σε απόσταση έως και 76 m από το σημείο ρήξης.

Μελέτη των ατυχημάτων BLEVE σε δοχεία αποθήκευσης LPG χωρητικότητας 3,8 με 113 m³ έδειξε χρονικό περιθώριο από τη ρήξη της τάξης των 9 έως 30 λεπτών. Το 58% των συμβάντων συνέβησαν μέσα σε 15 λεπτά ή και λιγότερο.

10.11 Καπνός και καυσαέρια

Ο καπνός είναι υποπροϊόν των περισσότερων πυρκαγιών που προκύπτει από την ατελή οξειδωση του τροφοδοτούμενου καυσίμου κατά τη χημική διαδικασία της καύσης. Σε αυτόν οφείλεται μεγάλος αριθμός των θανάτων από πυρκαγιές τόσο στις χερσαίες όσο και στις υπεράκτιες πετρελαϊκές εγκαταστάσεις. Στο ατύχημα του Piper Alpha το 1988, το χειρότερο ίσως σε απώλειες ατύχημα σε υπεράκτια εγκατάσταση, η πλειονότητα των θανάτων δεν οφειλόταν σε εγκαύματα, πνιγμούς ή επιπτώσεις εκρήξεων, αλλά στην εισπνοή καπνού και αερίων. Η αναφορά σχετικά με το συμβάν κατέληγε στο ότι από τις σορούς που βρέθηκαν στον τόπο του ατυχήματος, το 83% ήταν άνθρωποι που είχαν εισπνεύσει καπνό και αέρια. Τα περισσότερα από αυτά τα θύματα βρίσκονταν στο χώρο των καταλυμάτων και περιέμεναν οδηγίες για εκκένωση ή, όπως μπορεί να νόμιζαν, κάποιο συνεργείο διάσωσης.

Οι καπνοί από τις πυρκαγιές υδρογονανθράκων αποτελούνται από υγρά ή στερεά σωμάτια μεγέθους συνήθως κάτω του ενός μικρού που αιωρούνται στα καυσαέρια, τα οποία είναι κυρίως άζωτο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, και απαντούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Στις κανονικές θερμοκρασίες, ο άνθρακας χαρακτηρίζεται από χαμηλή αντιδραστικότητα. Στις υψηλές θερμοκρασίες καύσης, ο άνθρακας αντιδρά απευθείας με το οξυγόνο για να σχηματίσει μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

Οι βασικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τον καπνό είναι η παρουσία ναρκωτικών αερίων, κυρίως μονοξειδίου του άνθρακα (CO), υδροκυάνιου (HCN), διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), και οι ασφυκτικές επιπτώσεις μιας ατμόσφαιρας που χάνει οξυγόνο εξαιτίας της διαδικασίας καύσης οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά την ανθρώπινη αναπνοή. Η εισπνοή ναρκωτικών αερίων συχνά οδηγεί σε υπεραερισμό και συνεπώς σε αυξημένη εισπνοή αερίων καθώς αυξάνει ο ρυθμός της αναπνοής. Τα ναρκωτικά αέρια προκαλούν επίσης αδιαθεσία λόγω της επίθεσής τους στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

Τα χαμηλά επίπεδα οξυγόνου στον εγκέφαλο οδηγούν σε ψυχολογικές διαταραχές, οι οποίες με τη σειρά τους περιορίζουν τη δυνατότητα κρίσης και συγκέντρωσης. Όλα τα παραπάνω μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση, πανικό ή αδιαθεσία στο προσωπικό. Η δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί ασφυξία, εμποδίζοντας τη μεταφορά οξυγόνου στο αίμα. Η παράλυση έρχεται σε λιγότερο από 10 λεπτά με συγκέντρωση CO της τάξης του 0,2% σε περίπτωση που εκτελούνται βαριές εργασίες. Το μονοξείδιο του άνθρακα σκοτώνει καθώς συνδυάζεται με την αιμοσφαιρίνη στο αίμα, εμποδίζοντας το οξυγόνο να ενωθεί με την αιμοσφαιρίνη, διαδικασία απαραίτητη για τη διατήρηση της ζωής. Το μονοξείδιο του άνθρακα έχει συνάφεια με την αιμοσφαιρίνη 300 φορές περισσότερο από το οξυγόνο. Ο βαθμός δηλητηρίασης εξαρτάται από το χρόνο έκθεσης και τη συγκέντρωση του αερίου. Αν το ποσοστό μονοξειδίου του άνθρακα στο αίμα αυξηθεί στο 70 με 80%, ο θάνατος είναι πιθανόν να ακολουθήσει.

Η ακριβής τεχνική ονομασία του HCN είναι υδροκυανικό οξύ. Τα κυανίδια είναι πραγματικά πρωτοπλασματικά δηλητήρια που συνδυάζονται στους ιστούς με τα ένζυμα που σχετίζονται με την κυτταρική οξειδωση. Συνεπώς, καθιστούν το οξυγόνο μη διαθέσιμο στους ιστούς και προκαλούν το θάνατο λόγω ασφυξίας. Η εισπνοή συγκεντρώσεων μεγαλύτερων από 180 ppm υδροκυανικού οξέος οδηγεί σε απώλεια αισθήσεων μέσα σε λίγα λεπτά, αλλά θανατηφόρες επιπτώσεις έχει συνήθως η δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα μετά τη λιποθυμία του θύματος από το υδροκυανικό οξύ. Η έκθεση σε συγκεντρώσεις HCN της τάξης των 100 με 200 ppm για περιόδους 30-60 λεπτών μπορούν επίσης να προκαλέσουν θάνατο.

Η εισαγωγή θερμών αερίων στους πνεύμονες προκαλεί επίσης βλάβη στους ιστούς σε βαθμό τέτοιο ώστε να προκληθεί θάνατος σε 6 με 24 ώρες από την έκθεση.

Όσον αφορά τον ψυχολογικό παράγοντα, ο καπνός και η μυρωδιά του μπορεί να προκαλέσουν πανικό και αποπροσανατολισμό. Όταν συμβαίνει αυτό, η μετακίνηση του προσωπικού για εκκένωση του χώρου μπορεί να συναντήσει σοβαρά εμπόδια. Η κατάσταση είναι ιδιαίτερα κρίσιμη όπου το προσωπικό δεν είναι εξοικειωμένο με τις εγκαταστάσεις. Ο καπνός εμποδίζει επίσης τις προσπάθειες πυρόσβεσης και διάσωσης.

Η μετακίνηση του καπνού επηρεάζεται από την άνοδο και την εξάπλωση των σωματιδίων της καύσης, το ρυθμό καύσης, τη συμπύκνωση και τις κινήσεις του περιβάλλοντος αέρα. Τα προϊόντα της καύσης τείνουν λόγω της θέρμανσης από τη φωτιά να ανεβαίνουν γενικά προς τα πάνω καθώς είναι ελαφρύτερα από τον γύρω αέρα. Εξαπλώνονται όταν συναντούν εμπόδια όπως οροφές ή άλλα δομικά στοιχεία. Τα σωματίδια του καπνού διεισδύουν σε κάθε διαθέσιμο άνοιγμα, όπως ρωγμές, χάσματα, κλιμακοστάσια, κ.λπ. Ο ρυθμός καύσης είναι η ποσότητα του υλικού που καταναλώνεται από την καύση σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Η συμπύκνωση των σωματιδίων είναι ο ρυθμός με τον οποίο τα σωματίδια της καύσης συγκεντρώνονται σε αρκετά μεγάλες ομάδες ώστε να κατακρημνιστούν από τον αέρα. Η συμπύκνωση προκύπτει συνεχόμενα λόγω της αμοιβαίας έλξης των σωματιδίων της καύσης. Η κίνηση του αέρα θα κατευθύνει τα σωματίδια καπνού με συγκεκριμένο τρόπο ή προς συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει μαθηματικό μοντέλο για το διασκορπισμό των θυσάνων καπνού από υγρούς υδρογονάνθρακες, αλλά μοντέλα διασκορπισμού για καυσαέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια πρόχειρη σύγκριση. Σε κοντινές αποστάσεις από τη φωτιά, τα μοντέλα αυτά δίνουν καλές προσεγγίσεις, καθώς τα στερεά σωματίδια τείνουν να εισέρχονται στα καυσαέρια. Τα αέρια, όμως, τείνουν να διασκορπίζονται με ταχύτερο ρυθμό στον περιβάλλοντα αέρα από ό,τι τα στερεά

σωματίδια, οπότε η τεχνική αυτή δεν είναι κατάλληλη για την πρόβλεψη πολύ μεγάλων θυσάνων καπνού που παράγονται από πυρκαγιές υδρογονανθράκων. Επιπλέον, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες την ώρα του ατυχήματος επηρεάζουν σημαντικά τη διάλυση ή συλλογή σωματιδίων καπνού. Όσον αφορά τους εσωτερικούς χώρους, η παραγωγή καπνού από πυρκαγιές υδρογονανθράκων θεωρείται ότι είναι τέτοια ώστε να γεμίζει ο χώρος εντελώς.

Στις περιπτώσεις που ο καπνός θα επηρεάσει το προσωπικό, πρέπει να παρέχεται επαρκής προστασία, όπως εμπόδια ανθεκτικά στον καπνό και παροχή καθαρού αέρα.

10.12 Μαθηματική μοντελοποίηση συνεπειών

Η χρήση υπολογιστών για τον ταχύ και εύκολο υπολογισμό των επιπτώσεων εκρήξεων, πυρκαγιών και συμβάντων όπου παράγεται καπνός έχει διαδοθεί ευρύτατα τα τελευταία χρόνια. Εξειδικευμένοι σύμβουλοι κινδύνου καθώς και ασφαλιστικές εταιρείες παρέχουν πλέον ποικίλα προγράμματα λογισμικού ή υπηρεσίες για τη μαθηματική μοντελοποίηση των επιπτώσεων των περισσότερων ατυχημάτων που οφείλονται στους υδρογονάνθρακες. Το κύριο πλεονέκτημα αυτών των εργαλείων είναι ότι μπορούν να παρέχουν κάποιες εκτιμήσεις σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις μιας έκρηξης ή πυρκαγιάς, ενώ μέχρι πρότινος οι επιπτώσεις αυτές υπολογίζονταν με εικασίες ή δεν υπολογίζονταν καθόλου. Αν και τα μοντέλα αυτά είναι αποτελεσματικά όσον αφορά την παροχή εκτιμήσεων, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή και με το συνυπολογισμό άλλων φυσικών χαρακτηριστικών που μπορεί να μεταβάλουν το πραγματικό αποτέλεσμα του συμβάντος.

Όλα τα μαθηματικά μοντέλα απαιτούν την υπόθεση κάποιων δεδομένων σχετικά με την πηγή διαρροής υλικού. Οι υποθέσεις αυτές συνθέτουν τα δεδομένα εισαγωγής, τα οποία εισάγονται εύκολα στη μαθηματική εξίσωση. Τα δεδομένα αφορούν συνήθως το μέγεθος ή το ρυθμό διαρροής, τη διεύθυνση του ανέμου, κ.λπ. Δεν μπορούν να ληφθούν υπόψη όλες οι παράμετροι που μπορεί να υφίστανται την ώρα του ατυχήματος. Δυστυχώς, οι περισσότερες μαθηματικές εξισώσεις βασίζονται ακόμα σε εμπειρικές μελέτες, αποτελέσματα εργαστηρίων ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, σε ισοδύναμα εκρήξεων TNT. Συνεπώς, χρειάζεται επαλήθευση με δοκιμαστικές εξομοιώσεις προτού να γίνουν δεκτές ως έγκυρες.

Η καλύτερη οδός είναι να χρησιμοποιηθούν δεδομένα που θα έχουν πιστοποιηθεί από κάποιον σχετικό οργανισμό όσον αφορά το αξιολογούμενο ατύχημα. Κανείς θα πρέπει έπειτα να αναρωτηθεί αν τα εξαγόμενα δεδομένα είναι ρεαλιστικά ή αν αντιστοιχούν σε ιστορικά αρχεία παρόμοιων ατυχημάτων που αφορούν την ίδια βιομηχανία και τοποθεσία. Σε άλλες περιπτώσεις, όπου απαιτείται πρόσθετη ανάλυση, μπορούν να εξετασθούν αρκετά σενάρια διαρροής (μικρή, μεσαία, μεγάλη) και να δοθούν αποτελέσματα βάσει πιθανοτήτων. Θα επρόκειτο στην ουσία για μια άσκηση Δέντρου Συμβάντων, η οποία πραγματοποιείται συνήθως κατά τη διάρκεια ποσοτικών αναλύσεων κινδύνων. Κάποιες διαρροές μπορεί επίσης να θεωρούνται τόσο σπάνιες, ώστε να βρίσκονται εκτός του πλαισίου των αποδεκτών βιομηχανικών πρακτικών απαιτήσεων προστασίας.

Κάποια ευρέως διαθέσιμα εμπορικά μοντέλα συνεπειών περιλαμβάνουν τα εξής:

- Εκτόξευση αερίου από στόμιο

- Εκτόξευση αερίου από σωλήνα
- Εκτόξευση υγρού από στόμιο
- Εκτόξευση υγρού από σωλήνα
- Εκτόξευση δύο φάσεων από στόμιο
- Εκτόξευση δύο φάσεων από σωλήνα
- Αδιαβατική διαστολή
- Διαρροή τύπου «λίμνης» και εξάτμιση
- Άνοδος θυσάνου ατμού
- Διαρροή πίδακα
- Διασκορπισμός πυκνού νέφους
- Ουδέτερος επιπλέον διασκορπισμός
- Πυρκαγιά «λίμνης»
- Πίδακας φλόγας
- Πύρινη σφαίρα/BLEVE
- Πιέσεις έκρηξης νέφους ατμού
- Συσσώρευση αερίων σε εσωτερικό χώρο

Από τις εκτιμήσεις των εκθέσεων σε πυρκαγιές ή εκρήξεις, μπορεί να εξεταστεί ή να συγκριθεί η αποτελεσματικότητα των διαφόρων συστημάτων πυροπροστασίας, όπως για παράδειγμα η απορρόφηση θερμότητας από συστήματα ψεκασμού νερού σε διάφορες πυκνότητες, η πυροπροστασία σε διάφορα πάχη ή με διάφορους τύπους υλικών, κ.λπ. Κάποιες περιπτώσεις θεωρητικής μοντελοποίησης πυρκαγιών έχουν αποδειχθεί πολύ ασύμφωνες οικονομικά, δείχνοντας, για παράδειγμα, ότι η πυροπροστασία δεν ωφέλησε, καθώς η μετάδοση θερμότητας στην περιοχή δεν ήταν αρκετά μεγάλη ώστε να φτάσει ο χάλυβας στο μη αποδεκτό όριο βλάβης. Για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις, κάτι τέτοιο είναι πολύ σημαντικό, όχι μόνο για την εξοικονόμηση χρημάτων, αλλά και για τη μείωση του βάρους που επιτυγχάνεται με την περιορισμένη εγκατάσταση συστημάτων πυροπροστασίας.

10.13 Μέθοδοι κατάσβεσης φλόγας

Αν κάποιο από τα βασικά στοιχεία της διαδικασίας καύσης μπορεί να αφαιρεθεί από την πυρκαγιά, αυτή θα σβήσει. Οι κύριες μέθοδοι κατάσβεσης παρουσιάζονται παρακάτω :

- **Ψύξη** (ψεκασμός με νερό, έγχυση νερού, πλημμυρισμός, κ.λπ.) :
Η αφαίρεση της θερμότητας ή η ψύξη μιας φωτιάς απορροφά την προωθούμενη ενέργεια της διαδικασίας της καύσης. Όταν το καύσιμο βρίσκεται κάτω από τη θερμοκρασία ανάφλεξης του, η φωτιά σβήνει. Στις φωτιές από υγρούς υδρογονάνθρακες, η ψύξη καθυστερεί επίσης και τελικά ανακόπτει το ρυθμό διαρροής καύσιμων ατμών και αερίων. Η ψύξη με νερό παράγει ατμό, ο οποίος μπορεί να διαλύσει μερικώς τη συγκέντρωση οξυγόνου στο σημείο της πυρκαγιάς. Επειδή θερμότητα εκλύεται συνεχώς από την πυρκαγιά με τη μορφή ακτινοβολίας, μεταφοράς και επαγωγής, χρειάζεται μικρή μόνο ποσότητα ενός μέσου απορρόφησής της για να κατασβεστεί η πυρκαγιά με τη μέθοδο της ψύξης.

- Στέρωση οξυγόνου** (κατάπνιξη με ατμό, αδρανοποίηση, σφράγιση με αφρό, εφαρμογή CO₂, κ.λπ.) :

Η διαδικασία της καύσης απαιτεί οξυγόνο για να υποστηρίξει την αντίδρασή της. Χωρίς οξυγόνο, η διαδικασία θα σταματήσει. Τα κανονικά επίπεδα οξυγόνου στην ατμόσφαιρα είναι γύρω στο 21% (20,9% οξυγόνο, 78,1% άζωτο, 1% αργό, CO₂ και άλλα αέρια). Η καύση σταθερών αερίων υδρογονανθράκων και ατμών προκύπτει συνήθως όταν τα επίπεδα οξυγόνου στην ατμόσφαιρα πέσουν κάτω από το 15%. Η ασετυλίνη, που είναι ασταθής υδρογονάνθρακας, απαιτεί η συγκέντρωση οξυγόνου να είναι κάτω από 4% για να σβήσει η φλόγα. Στην περίπτωση των κοινών καυσίμων υλών (ξύλο, χαρτί, βαμβάκι, κ.λπ.), η συγκέντρωση οξυγόνου πρέπει να πέσει στο 4 με 5% για να σβήσει εντελώς η φωτιά. Αν προστεθεί ικανή ποσότητα αραιωτικού μέχρι να μετατοπιστεί το οξυγόνο, η διαδικασία της καύσης θα τερματιστεί. Στην περίπτωση ορισμένων μεθόδων κατάσβεσης, το οξυγόνο δεν αφαιρείται από την πυρκαγιά, αλλά διαχωρίζεται απλώς.
- Απομάκρυνση καυσίμου** (σφράγιση με αφρό, απομόνωση, άντληση, κ.λπ.)

Αν το καύσιμο αφαιρεθεί ή εξαντληθεί από τη διαδικασία της καύσης, δεν θα υπάρχει τροφοδοσία για να συνεχίσει τη διαδικασία και η καύση θα διακοπεί. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το καύσιμο δεν απομακρύνεται κυριολεκτικά από την πυρκαγιά, αλλά διαχωρίζεται από τον παράγοντα οξειδωσης. Οι μέθοδοι κατάσβεσης με αφρό είναι καλά παραδείγματα εισαγωγής ενός εμποδίου για την απομάκρυνση του καυσίμου από τον αέρα (δηλαδή τον οξειδωτή). Οι πυρκαγιές σε δεξαμενές αποθήκευσης και σωληνώσεις μπορούν να κατασβεστούν με αφαίρεση καυσίμου με τις μεθόδους άντλησης και απομόνωσης αντίστοιχα.
- Παρεμπόδιση χημικής αντίδρασης** (Halon, Inergen, και άλλες εφαρμογές):

Η χημική αλυσιδωτή αντίδραση είναι ο μηχανισμός με τον οποίο το καύσιμο και οι παράγοντες οξειδωσης προκαλούν πυρκαγιές. Αν εισαχθούν επαρκείς ποσότητες παράγοντα παρεμπόδισης της καύσης (π.χ. ενός ξηρού χημικού ή αλογονομένου υδρογονάνθρακα), η διαδικασία της καύσης θα σταματήσει. Η παρεμπόδιση της χημικής φλόγας διακόπτει τη χημική διαδικασία της καύσης, εμποδίζοντας την αλυσιδωτή αντίδραση.
- Κατάσβεση φλόγας:**

Η κατάσβεση φλογών μπορεί να επιτευχθεί δυναμικά μέσω της συνδυασμένης δράσης της διάλυσης του οξυγόνου και της έκρηξης φλόγας ή της εφαρμογής αέρα με υψηλή ταχύτητα, όπως όταν σβήνει ένα κεριά. Το επιθυμητό αποτέλεσμα επιτυγχάνεται όταν η ταχύτητα του αέρα υπερβαίνει την ταχύτητα της φλόγας. Τεχνικές σαν αυτές εφαρμόζονται κατά τη λήψη εξειδικευμένων μέτρων ελέγχου των εκρήξεων σε γεωτρήσεις. Η πυροδότηση ισχυρού εκρηκτικού δημιουργεί κύμα πίεσης που σβήνει τη φωτιά στη γεώτρηση, διαχωρίζοντας τη φλόγα από το διαθέσιμο καύσιμο αέριο. Εξειδικευμένος εξοπλισμός χρησιμοποιεί κινητήρες τζετ για να σβήνει τις πυρκαγιές του είδους σαν κεριά. Αυτές οι συσκευές έχουν χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο εκρήξεων στη ρωσική πετρελαϊκή βιομηχανία και σε αρκετές πυρκαγιές σε γεωτρήσεις μετά τον Πόλεμο του Κόλπου.

10.14 Επιλογή μεθόδων ελέγχου και κατάσβεσης πυρκαγιών

Η μέθοδος προστασίας, ελέγχου και κατάσβεσης πυρκαγιών μπορεί να οριστεί γενικά με βάση κανονισμούς σχετικούς με «Επικινδυνότητα των εύφλεκτων υγρών, αερίων και πτητικών στερεών». Αυτό το σημείο αναφοράς αποτελεί βασικό οδηγό για τον καθορισμό της πιο αποτελεσματικής μεθόδου προστασίας προς εφαρμογή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Αν και ο οδηγός αυτός αποτελεί υπεραπλούστευση του τύπου των ατυχημάτων και των συνθηκών που μπορεί να ισχύουν, παρέχει μια αφετηρία και υποστηρικτικά έγγραφα για τη δικαιολόγηση της επιλογής ενός ορισμένου είδους πυροπροστασίας, ελέγχου και κατάσβεσης σε εργοστάσιο υδρογονανθράκων.

Το πρώτο βήμα είναι να αναγνωρισθεί ο τύπος των υλικών που μπορεί να είναι παρόντα κατά την πυρκαγιά. Στη συνέχεια, θα πρέπει να εντοπιστεί μια Ζώνη Επικινδυνότητας για Πυρκαγιά, δηλαδή η τοποθεσία όπου υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα εκδήλωσης της φωτιάς. Συνήθως πρόκειται για τον κλειστό χώρο διαρροής υγρού από δεξαμενή ή αντλία. Με βάση αρχεία ή μοντέλα ανάλυσης κινδύνων, η τοποθεσία μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους επίπεδα επικινδυνότητας για τη διάρκεια των πυρκαγιών. Έπειτα μπορεί να οριστεί η βέλτιστη μέθοδος πυροπροστασίας, ελέγχου και κατάσβεσης. Η διάρκεια αντοχής της επιλογής πυροπροστασίας μπορεί επίσης να οριστεί. Όταν γίνει αυτό, μπορούν να προταθούν ή να οριστούν τα κατάλληλα μέσα παθητικής ή ενεργητικής προστασίας με την απαραίτητη χωρητικότητα. Η ανάγκη για προστασία των εργασιών επεξεργασίας (ESD, απομόνωση, αποσυμπίεση) μπορεί επίσης να οριστεί ή να επαναβεβαιωθεί. Οι παραπάνω μέθοδοι θα πρέπει να αποτελούν το βασικό σύστημα αποφυγής απωλειών για κάθε εργοστάσιο και τα μέτρα πυροπροστασίας να αποτελούν εφεδρικά ή δευτερεύοντα συστήματα.

Ο ευκολότερος τρόπος να καταγραφεί η διαδικασία επιλογής είναι να ετοιμαστεί ένας πίνακας με τα εμπλεκόμενα υλικά και τις απαραίτητες μεθόδους κατάσβεσης.

10.15 Ορολογία εκρήξεων και πυρκαγιών από υδρογονάνθρακες

Η ακόλουθη ορολογία χρησιμοποιείται για την περιγραφή των διαφόρων πυρκαγιών και εκρήξεων που μπορεί να συμβούν σε εργοστάσια υδρογονανθράκων.

Ανατίναξη (Blast) : Πρόκειται για τη μεταβατική αλλαγή στην πυκνότητα αερίου, την πίεση και την ταχύτητα του αέρα που περιβάλλει σημείο έκρηξης.

Εκτόνωση (Blowout) : Πρόκειται για διαρροή υδρογονανθράκων υπό υψηλή πίεση που μπορεί να οδηγήσει ή όχι σε ανάφλεξη. Συμβαίνει όταν κατά την εξόρυξη συναντάται συσσωρευμένο πετρέλαιο ή φυσικό αέριο υψηλής πίεσης και η στήλη λάσπης αποτυγχάνει να συγκρατήσει το υγρό που εκτοξεύεται από την πετρελαιοπηγή.

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) – Πρόκειται για τη σχεδόν στιγμιαία εξάτμιση και την αντίστοιχη απελευθέρωση ενέργειας ενός υγρού όταν αυτό διαρρέει ξαφνικά από δοχείο υπό πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική και με θερμοκρασία ανώτερη από το ατμοσφαιρικό σημείο βρασμού του.

Κατάκαυση (Deflagration) : Χημική αντίδραση ουσίας κατά την οποία το μέτωπο αντίδρασης προχωρά στην μη αντιδρούσα ουσία ταχύτατα, αλλά με ταχύτητα μικρότερη από την ταχύτητα του ήχου.

Έκρηξη (A rapid increase in pressure in cont) : Απελευθέρωση ενέργειας που προκαλεί εκτόνωση.

Πύρινη σφαίρα (Fireball) : Ταχεία τυρβώδης καύση νέφους καυσίμου-αέρα της οποίας η ενέργεια εκπέμπεται κυρίως με τη μορφή ακτινοβολούμενης θερμότητας που συνήθως ανυψώνεται σαν πύρινη σφαίρα.

Θρυαλλίδα (Flash Fires) : Φωτιά που προκύπτει από την ανάφλεξη νέφους εύφλεκτου ατμού, αερίου ή ομίχλης όπου η ταχύτητα της φλόγας δεν επιταχύνει αρκετά ώστε να παραχθεί υπερπίεση καθώς δεν υπάρχει αρκετή συμφόρηση για να επιτευχθεί υψηλή ταχύτητα.

Ενδόρρηξη (Implosion) : Εσωτερική ρήξη που προκαλείται συνήθως από συνθήκες κενού σε δοχείο ή δεξαμενή.

Πύρινοι πίδακες (Jet or Spray Fires) : Τυρβώδεις φλόγες που προκύπτουν από την καύση υγρού ή αερίου που διαρρέει σε μόνιμη βάση υπό πίεση προς μια ορισμένη κατεύθυνση.

Υπερπίεση (Overpressure) : Κάθε πίεση που σχετίζεται με την ατμοσφαιρική πίεση που προκαλείται από έκρηξη, θετική ή αρνητική. Μερικές φορές αναφέρεται ως «psio».

Εξαπλούμενη πυρκαγιά (Running Fire) : Φωτιά από καιγόμενο υγρό καύσιμο που ρέει λόγω της βαρύτητας σε χαμηλότερα υψόμετρα. Τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς είναι παρόμοια με αυτής που οφείλεται σε λίμνη υγρού, με τη διαφορά ότι κινείται προς χαμηλότερα επίπεδα.

Ρήγματα ή εσωτερικές εκρήξεις σε δοχεία (Ruptures or Internal Vessel Explosions) : Καταστροφικό άνοιγμα δοχείου (δεξαμενής, δοχείου, σωλήνα), συνήθως από υπερπίεση ή μεταλλουργική βλάβη, που έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση διαρροή του περιεχομένου.

Καπνός (Smoke) : Τα αέρια προϊόντα καιγόμενων ανθρακούχων υλικών που γίνονται ορατά από την παρουσία μικρών σωματιδίων άνθρακα. Τα μικρά σωματίδια, που είναι είτε υγρά είτε στερεά, παράγονται σαν υποπροϊόν της ανεπαρκούς τροφοδοσίας με αέρα κατά τη διαδικασία της καύσης.

Λιμνώδης πυρκαγιά (Spill or Pool Fire) : Πρόκειται για τη διαρροή εύφλεκτου υγρού και/ή συμπυκνωμένου αερίου που συσσωρεύεται σε επιφάνεια σχηματίζοντας λίμνη όπου εύφλεκτοι ατμοί καίγονται πάνω από την επιφάνεια του συσσωρευμένου υγρού.

VCE (Vapor Cloud Explosion) : Έκρηξη που προκύπτει από την ανάφλεξη νέφους εύφλεκτου ατμού, αερίου ή ομίχλης κατά την οποία η φλόγα επιταχύνει για την παραγωγή υπερπίεσης.

Πίνακας 1 : Γενικοί κίνδυνοι που ενέχουν τα κοινά πετρελαϊκά αγαθά (Υπό τις συνθήκες διεργασίες και συνθήκες)

Αγαθό	Έκρηξη	Πυρκαγιά λιμνώδης	Πίδακας	Καπνός
Μεθάνιο	X		X	
LNG	X	X	X	
Αιθάνιο	X		X	
Προπάνιο	X		X	
Βουτάνιο	X		X	
Υγραέριο, LPG	X	X	X	X
Αργό πετρέλαιο	X	X		X
Βενζίνη	X	X		X
Ντίζελ	X	X		X
Κηροζίνη				

Κεφάλαιο 11^ο : Ειδικές τοποθεσίες, εγκαταστάσεις και εξοπλισμός

Πετρελαϊκές επιχειρήσεις απαντούν σε όλες τις μεγάλες ηπείρους και σε διάφορα περιβάλλοντα. Τα περιβάλλοντα αυτά είναι τόσο διαφορετικά και απομακρυσμένα ώστε αναπτύσσονται μοναδικές καταστάσεις που απαιτούν ειδικό εξοπλισμό.

11.1 Αρκτικά περιβάλλοντα

Τα αρκτικά περιβάλλοντα παρουσιάζουν διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες από αυτές που απαντούν συνήθως στις περισσότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η χαρακτηριστικότερη είναι ότι τα επίπεδα της θερμοκρασίας περιβάλλοντος μπορεί να φτάσουν σε πολύ χαμηλές τιμές, έως και $-45,5^{\circ}\text{C}$, και ότι μπορεί να υπάρχουν χιονοπτώσεις ή θύελλες με πάγο.

Βασικό μέλημα σε αυτές τις τοποθεσίες είναι η προστασία του κρίσιμης σημασίας εξοπλισμού έτσι ώστε να συνεχίζεται η λειτουργία. Συμπεριλαμβάνονται τα μεταλλικά εξαρτήματα δεξαμενών, σωληνώσεων, συστημάτων ελέγχου και οργάνων. Και οι εργασίες του προσωπικού επηρεάζονται σε αυτές τις τοποθεσίες. Γενικά, πρέπει να χρησιμοποιούνται βαριά μονωμένα ρούχα, ενώ και η πρόσβαση στον εξοπλισμό συχνά είναι δύσκολη ή αδύνατη εξαιτίας της συσσώρευσης πάγου και χιονιού. Οι τοποθεσίες που βρίσκονται πολύ βόρεια ή νότια έχουν επίσης περισσότερες ώρες σκοτάδι ή φως ανάλογα με την εποχή, γεγονός που αποπροσανατολίζει το μη εξοικειωμένο προσωπικό.

Η χρήση, για προστασία, των συστημάτων κατάσβεσης που βασίζονται στο νερό μπορεί να αποβεί επικίνδυνη, καθώς το νερό μπορεί να παγώσει εύκολα στα εκτεθειμένα σημεία. Κάτι ανάλογο μπορεί να συμβεί και με τις εκτεθειμένες γραμμές υγρών υδρογονανθράκων που, αν απομονωθούν, για ενεργοποίηση ESD για παράδειγμα, μπορεί να παγώσουν λόγω έλλειψης κυκλοφορίας. Το γεγονός αυτό θα εμποδίσει την επανεκκίνηση των εργασιών στις εγκαταστάσεις. Στο παρελθόν, χρησιμοποιούνταν αέριοι παράγοντες πυρόσβεσης στους κλειστούς χώρους, ειδικά Halon. Άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν δεξαμενές αποθήκευσης νερού πυρόσβεσης που θερμαίνονται μαζί με πυροσβεστικούς κρουνοίς θαμμένους βαθιά και με διαρκή κυκλοφορία.

11.2 Ερημικά περιβάλλοντα

Και τα ερημικά περιβάλλοντα έχουν διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες από αυτές που απαντούν στις περισσότερες εγκαταστάσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η προφανέστερη είναι ότι τα επίπεδα της θερμοκρασίας περιβάλλοντος μπορεί να φτάσουν σε πολύ υψηλές τιμές, έως και $54,4^{\circ}\text{C}$, και ότι μπορεί να προκύψουν αμμοθύελλες. Συνήθη προβλήματα υπάρχουν επίσης με τα ζώα ελευθέρως βοσκής (καμήλες, πρόβατα, κατσίκια, κ.λπ.) και τους νομάδες βοσκούς τους.

Ειδική μέριμνα πρέπει να ληφθεί για την ανακούφιση των εκτεθειμένων στην ηλιακή ακτινοβολία σωληνώσεων. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με τη χρήση ανακλαστικής μπογιάς ή με την ταφή στο έδαφος. Οι σωληνώσεις που περιέχουν

υδρογονάνθρακες συνήθως βάφονται με ανακλαστικό χρώμα για να αντανakλούν την ηλιακή ακτινοβολία ώστε να αποφευχθεί η θερμική διόγκωση των υγρών στα κλειστά συστήματα.

Όπου οι εγκαταστάσεις είναι εκτεθειμένες μόνιμα στην ηλιακή ακτινοβολία, παρέχονται σκίαστρα στον εξωτερικό εξοπλισμό που μπορεί να μην λειτουργήσει κανονικά στις υψηλές θερμοκρασίες ή που θα φθειρόταν γρήγορα αν έμενε μόνιμα εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία. Τα περισσότερα ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν σε μέγιστη θερμοκρασία 40 °C εκτός αν υπάρχει διαφορετική ένδειξη (για παράδειγμα, η θερμοκρασία φωτισμού των επικίνδυνων περιοχών συνήθως ορίζεται στους 40 °C). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα συστήματα πυροπροστασίας με αφρό που διαθέτουν ελαστικούς σωλήνες από καουτσούκ ή άλλα τέτοια εξαρτήματα που μπορεί να ξεραθούν και να ραγίσουν.

Εμπόδια άμμου και φίλτρα παρέχονται σε εγκαταστάσεις όπου χρειάζονται αεραγωγοί για τη διοχέτευση καθαρού αέρα. Οι αμμοθύελλες μπορεί να προκαλέσουν επίσης διάβρωση στα εκτεθειμένα υλικά με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του εξοπλισμού.

Πινακίδες και οδηγίες που εκτίθενται απευθείας στο ηλιακό φως μπορεί να αρχίσουν να ξεθωριάζουν σε σύντομο διάστημα από την εγκατάστασή τους.

11.3 Υπεράκτιες εγκαταστάσεις

Οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις διαφέρουν δραματικά από τις χερσαίες καθώς, αντί να είναι διασκορπισμένοι, ο εξοπλισμός συγκεντρώνεται σε τμήματα ή χωρίζεται σε συγκρότημα από πλατφόρμες. Οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις θέτουν κρίσιμα ζητήματα εκκένωσης του προσωπικού και ενέχουν τον κίνδυνο απόλυτης καταστροφής αν δεν γίνουν προσεκτικές αναλύσεις κινδύνου. Χρειάζεται λεπτομερής ανάλυση των μέτρων προστασίας τόσο του ανθρώπινου δυναμικού όσο και του εξοπλισμού. Οι αναλύσεις αυτές θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στα επίπεδα κινδύνου που παρουσιάζει μια εγκατάσταση όσον αφορά είτε το προσωπικό είτε τις οικονομικές απώλειες. Μια μη επανδρωμένη πλατφόρμα εξόρυξης μπορεί να χρειάζεται μόνο την εξέταση του συστήματος σφράγισης της κεφαλής της γεώτρησης, των μέσων προστασίας της γραμμής ροής και του ενδεχόμενου συγκρούσεων με πλοία για να είναι αποτελεσματική, ενώ οι επανδρωμένες πλατφόρμες εξόρυξης και παραγωγής μπορεί να χρειάζονται εκτενέστερη ανάλυση.

Γενικά, ο μεγαλύτερος κίνδυνος στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις είναι οι εκρήξεις, οι επιπτώσεις των μεταφορών και τυχόν διακοπές των εργασιών. Όπου δεν παρέχονται επαρκή μέσα απομόνωσης, είτε για τις κεφαλές της γεώτρησης είτε για τις συνδέσεις των σωληνώσεων, σημαντικά αποθέματα καυσίμου θα είναι διαθέσιμα σε περίπτωση ατυχήματος.

Τα ελικοδρόμια των υπεράκτιων εγκαταστάσεων βρίσκονται συνήθως στο υψηλότερο τμήμα τους για να μην υπάρχουν εμπόδια στους ελιγμούς των αεροσκαφών και να υπάρχει αρκετός διαθέσιμος χώρος. Γι' αυτό συνήθως επιλέγεται η οροφή των καταλυμάτων. Η τοποθεσία διευκολύνει επίσης την εκκένωση των εγκαταστάσεων από το προσωπικό με ελικόπτερα λόγω της εγγύτητας με τους χώρους όπου συγκεντρώνονται οι περισσότεροι εργαζόμενοι. Έτσι υπάρχει μια καλή

οδός διαφυγής, αλλά τα καταλύματα εκτίθενται σε αρκετούς κινδύνους, όπως οι πτώσεις ελικοπτέρων, η διαρροή καυσίμων και άλλα ατυχήματα κατά τις μεταφορές.

Λόγω των εγγενών κινδύνων που συνδέονται με τη λειτουργία ελικοδρόμιων, θα πρέπει να παρέχεται κάλυψη με μείγμα αφρού-νερού μέσω συστημάτων με 20 λεπτά ελάχιστη διάρκεια. Τα μόνιτορ θα πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον στις δύο πλευρές της εξέδρας ή σε τρία σημεία κατά προτίμηση. Θα πρέπει να βρίσκονται κάτω από το επίπεδο της εξέδρας και να διαθέτουν πλέγμα για τη θερμική ακτινοβολία. Ανάμεσα στο ελικοδρόμιο και τα καταλύματα θα πρέπει να υπάρχει κενό προκειμένου να διασκορπίζονται οι ατμοί από τις διαρροές καυσίμων. Τα σημεία πλήρωσης των ελικοπτέρων με καύσιμα και οι χώροι αποθήκευσης των καυσίμων αυτών θα πρέπει να βρίσκονται σε χώρους που να επιτρέπουν την αποβολή των καυσίμων σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης αν υπάρχουν κοντά καταλύματα.

11.4 Πλωτές υπεράκτιες εγκαταστάσεις εξόρυξης και παραγωγής

Οι πλωτές εγκαταστάσεις εξόρυξης και παραγωγής διαθέτουν συχνά ανυψωτικές πλατφόρμες, ημι-βυθιζόμενες δεξαμενές ή πρώην τάνκερ αργού πετρελαίου που έχουν μετατραπεί σε δεξαμενές επεξεργασίας και παραγωγής. Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι ουσιαστικά ίδιες με αυτές που απαντούν στις σταθερές υπεράκτιες πλατφόρμες, με τη διαφορά ότι διαθέτουν κάποια προσωρινή υποστηρικτική δομή αντί για σταθερές βάσεις στον πυθμένα της θάλασσας. Ο κίνδυνος πυρκαγιάς και έκρηξης είναι ίδιος με τον κίνδυνο που υπάρχει σε κάθε υπεράκτια εγκατάσταση. Υπάρχει, όμως, μία επιπλέον απαίτηση, αυτή της διατήρησης της πλευστότητας της εγκατάστασης. Αν οι επιπτώσεις πυρκαγιάς ή έκρηξης προκαλέσουν απώλεια της πλευστότητας (ή ακόμα και της σταθερότητας), όλη η εγκατάσταση απειλείται με βύθιση. Η επαρκής διαμερισματοποίηση και διασφάλιση της ακεραιότητας είναι απαραίτητες σε αυτές τις περιπτώσεις.

11.5 Σωληνώσεις

Για να εξυπηρετηθούν οι σκοποί της ανάλυσης κινδύνων, οι σωληνώσεις θα πρέπει να εξετάζονται ως ένα επίμηκες δοχείο πίεσης με απεριόριστη ροή. Συνήθως περιέχουν μεγάλα αποθέματα εύφλεκτων ουσιών σε υψηλές πιέσεις. Φθορά είναι σχεδόν απίθανο να προκύψει σε μια ολόκληρη σωλήνωση, ενώ και το φθαρμένο τμήμα μιας σωλήνωσης μπορεί εύκολα να αντικατασταθεί. Οι βασικοί κίνδυνοι όσον αφορά τις σωληνώσεις αφορούν τη γεινίαση με εγκαταστάσεις επεξεργασίας και την πιθανή διακοπή εργασιών. Για επαρκή προστασία από αυτούς του κινδύνους, χρειάζονται κατάλληλη τοποθέτηση, απομόνωση και διασφάλιση της ακεραιότητας των σωληνώσεων.

- **Τοποθέτηση** – Τα συστήματα σωληνώσεων που μεταφέρουν μεγάλους όγκους είναι προτιμότερο να θάβονται στο έδαφος. Έτσι εξασφαλίζεται καλύτερη προστασία από ατυχήματα στην επιφάνεια. Το ίδιο ισχύει και για τις υπεράκτιες σωληνώσεις, καθώς έχουν σημειωθεί πολλά ατυχήματα από συρόμενες άγκυρες αλιευτικών σκαφών όταν οι σωληνώσεις είναι εκτεθειμένες στον πυθμένα της θάλασσας. Η ακτίνα έκθεσης στο περιεχόμενο των σωληνώσεων για την προστασία από πυρκαγιές και εκρήξεις μπορεί εύκολα να υπολογιστεί με βάση το αγαθό, την πίεση, τις οπές, κ.λπ. Οι υπολογισμοί αυτοί μπορούν να ορίσουν μια συγκεκριμένη ζώνη.

- **Απομόνωση** – Έχει φανεί ότι η προσθήκη βαλβίδων απομόνωσης σε διαστήματα δεν είναι τόσο αποδοτική οικονομικά όσο μέτρα πρόληψης όπως η εξέταση του πάχους ή οι δοκιμές. Όλες οι σωληνώσεις, όμως, θα πρέπει να διαθέτουν μέσα απομόνωσης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης στα σημεία εισόδου ή εξόδου από τις εγκαταστάσεις. Οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε ατυχήματα από σωληνώσεις όπως έδειξε η καταστροφή του Piper Alpha. Στο ατύχημα αυτό σημαντικό ρόλο έπαιξε η επιστροφή των περιεχομένων του αγωγού φυσικού αερίου στην πλατφόρμα μόλις η βαλβίδα απομόνωσης έχασε την ακεραιότητά της. Δεν υπήρχαν άλλα μέσα απομόνωσης.
- **Εγγυήσεις ακεραιότητας** – Όταν εγκαθίστανται για πρώτη φορά, τα συστήματα σωληνώσεων ελέγχονται για διαρροές στους συγκολλημένους αρμούς και τις φλάντζες. Οι συγκολλημένοι αρμοί συνήθως εξετάζονται με ραδιενεργά μέσα NDT ή με διεισδυτικές βαφές. Ανάλογα με τις υπηρεσίες, οι σωληνώσεις εξετάζονται υδροστατικά ή πνευματικά. Συνήθως, ένα τμήμα τους ορίζεται για εξέταση από φλάντζα σε φλάντζα. Μετά την εξέταση, οι τυφλές φλάντζες στα άκρα του τμήματος αφαιρούνται και τα ελεγμένα κομμάτια ενώνονται μόνιμα για να ξεκινήσει η λειτουργία. Συνήθως από τη διαδικασία μένει ένας αρμός ή σύνδεσμος που δεν έχει εξεταστεί υδροστατικά και θα αποτελέσει πιθανώς το σημείο διαρροής μετά την εκκίνηση του συστήματος.
 Η διάβρωση είναι μακράν ο σοβαρότερος κίνδυνος που διατρέχουν οι σωληνώσεις. Είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται προγράμματα ελέγχου της διάβρωσης σε όλες τις σωληνώσεις υδρογονανθράκων. Οι σωληνώσεις αργού πετρελαίου που λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες είναι πιο επιρρεπείς σε βλάβες από τις υπόλοιπες λόγω διάβρωσης.
 Άλλες βλάβες που συνήθως προκύπτουν είναι αποτέλεσμα της δραστηριότητας τρίτων και των φυσικών κινδύνων. Στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις οι σωληνώσεις γενικά κινδυνεύουν από τα αλιευτικά σκάφη που σέρνουν τις άγκυρές τους στον πυθμένα. Οι χερσαίες σωληνώσεις κινδυνεύουν από συγκρούσεις όταν γίνονται εργασίες οικοδόμησης ή οδοποιίας. Ενίοτε, κινούμενος εξοπλισμός μπορεί να χτυπήσει και να καταστρέψει τις σωληνώσεις.

11.6 Κεφαλές γεωτρήσεων – εξόρυξη (χερσαία και υπεράκτια)

Κύρια ανησυχία όσον αφορά τις κεφαλές εξόρυξης είναι η πιθανότητα έκρηξης κατά τις εργασίες γεώτρησης. Η έκρηξη είναι η απώλεια ελέγχου της πίεσης της κεφαλής. Κανονικά, η πίεση της κεφαλής στη γεώτρηση ελέγχεται με βάση το αντίβαρο λάσπης. Το βάρος της λάσπης που εξορύσσεται εξισώνεται με τις ανοδικές πιέσεις του πετρελαίου ή του φυσικού αερίου στην πετρελαιοπηγή. Αν η ροή της λάσπης διακοπεί, για παράδειγμα σε περίπτωση απώλειας κυκλοφορίας, το μόνο πράγμα ανάμεσα στο προσωπικό στην επιφάνεια και το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο που ανεβαίνει με πίεση από την πηγή στα 34,5 με 68,948 kPa (5 με 10.000 psi) είναι μια σειρά από βαλβίδες που αποκαλούνται μηχανισμοί πρόληψης έκρηξης. Στη θεωρία, μπορούν να σταματήσουν την ανοδική ροή του πετρελαίου και του φυσικού αερίου αρκεί η πίεση στην πηγή να είναι μικρότερη από αυτή που μπορούν να αντέξουν τα πώματά τους και να ενεργοποιηθούν εγκαίρως.

Στη διάρκεια της εξόρυξης μπορεί να σημειωθεί και υπόγεια έκρηξη. Μια τέτοια έκρηξη σημειώνεται όταν υπάρξει απώλεια του ελέγχου της λάσπης και τα υγρά του

κοιτάσματος αρχίσουν να ρέουν από μια υπόγεια ζώνη σε μια άλλη με χαμηλότερη πίεση. Επειδή η ροή είναι κάτω από την επιφάνεια, έχουμε υπόγεια έκρηξη, η οποία αξιολογείται και διορθώνεται δυσκολότερα.

Η λάσπη που εξορύσσεται είναι ένα μείγμα βαρίτη, άργιλου, νερού και χημικών πρόσθετων. Η λάσπη συγκεντρώνεται σε λάκκους στον τόπο εξόρυξης. Από τους λάκκους αυτούς διοχετεύεται στο σωλήνα διάτρησης για να λιπαίνει το τρυπάνι, να απομακρύνει τα απόβλητα και να διατηρεί τον έλεγχο της πίεσης. Αφού βγει από την κεφαλή του τρυπανιού, κυκλοφορεί στον περιμετρικό συλλέκτη του σωλήνα της πηγής και επιστρέφει στην επιφάνεια όπου χρησιμοποιείται εκ νέου αφού αφαιρεθούν τυχόν σωματίδια. Με τη μεταβολή του βάρους της λάσπης στο τρυπάνι, μπορεί να διατηρηθεί αποτελεσματικά ο έλεγχος της πίεσης στην κεφαλή γεώτρησης. Ο βαρίτης που απαντά στη φύση έχει ειδικό βάρος 4,2. Τρία με τέσσερα κιλά λάσπης θεωρούνται μικρό βάρος, ενώ οκτώ με εννέα κιλά θεωρούνται μεγάλο. Η βαρύτερη λάσπη, που περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες βαρίτη, είναι πολύ πιο ακριβή από την ελαφριά, οπότε οι εταιρείες εξόρυξης μπορεί να προσπαθήσουν να χρησιμοποιήσουν την ελαφρύτερη δυνατή λάσπη κατά την εξόρυξη. Λέγεται επίσης ότι η βαρύτερη λάσπη μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο κοίτασμα, κλείνοντας τους πόρους μέσα από τους οποίους ρέει το πετρέλαιο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα προβλήματα αυτά έχουν συμβάλει σε εκρήξεις σε κεφαλές γεώτρησης.

Αποστολή των μηχανισμών πρόληψης εκρήξεων (BOP) είναι να ανακόπτουν τη ροή της ενδεχόμενης έκρηξης. Σε όλες τις πηγές που ανοίγονται υπάρχουν συνήθως τρεις οπές ή σωλήνες μέσα σε σωλήνες στην επιφάνεια της κεφαλής γεώτρησης (αγωγός, σωλήνας αποστράγγισης, σωλήνας διάτρησης). Ο σωλήνας διάτρησης είναι στην ουσία η οπή, ενώ οι δύο εξωτερικοί είναι περιμετρικοί συλλέκτες γύρω από τον εσωτερικό σωλήνα. Καθένας από αυτούς μπορεί, υπό διαφορετικές συνθήκες, να αποτελέσει πηγή διαρροής πετρελαίου ή φυσικού αερίου κατά την εξόρυξη. Ο δακτυλιοειδής μηχανισμός πρόληψης είναι μια βαλβίδα που μοιάζει με βαρέλι και βρίσκεται στην κορυφή ενός ή περισσότερων άλλων μηχανισμών πρόληψης. Σφραγίζει την περιμετρική περιοχή της πετρελαιοπηγής, το χώρο ανάμεσα στο σωλήνα διάτρησης και τα πλάγια της οπής. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για να σφραγίσει μια πηγή χωρίς σωλήνα διάτρησης στο εσωτερικό της. Αν μια πηγή «κλωστήσει», αλλά δεν δώσει έκρηξη, ο δακτυλιοειδής μηχανισμός πρόληψης θα επιτρέψει σε υγρό, όπως στη λάσπη εξόρυξης, να διοχετευθεί στην οπή για να ελεγχθεί η πίεση και να μη βγει υλικό. Οι μηχανισμοί πρόληψης εκρήξεων κάτω από τον δακτυλιοειδή μηχανισμό ονομάζονται εμβολοφόροι μηχανισμοί καθώς χρησιμοποιούν μεγάλα έμβολα (χαλύβδινες πλάκες που σφραγίζουν την πηγή). Μπορούν να αντέξουν μεγαλύτερη πίεση από τον δακτυλιοειδή μηχανισμό και θεωρούνται η δεύτερη γραμμή άμυνας. Υπάρχουν τυφλά έμβολα που σφραγίζουν μια ανοιχτή οπή και σωληνωτά έμβολα που κλείνουν οπές όταν ο σωλήνας διάτρησης χρησιμοποιείται. Υπάρχουν και έμβολα διάτμησης που απλά κόβουν το σωλήνα. Η χρήση του εμβόλου διάτμησης πρέπει να είναι η τελευταία λύση, καθώς κόβει το σωλήνα διάτρησης και τον στέλνει στον πάτο της οπής. Οι μηχανισμοί πρόληψης εκρήξεων λειτουργούν υδραυλικά από συσσωρευτή ο οποίος θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν μακρύτερα από την κεφαλή της γεώτρησης. Ο πίνακας ελέγχου για ενεργοποίηση θα πρέπει να είναι άμεσα προσβάσιμος και σε ορισμένες περιπτώσεις ένας δεύτερος πίνακας θα πρέπει να παρέχεται σε σημεία έκτακτης ανάγκης.

Η συνηθέστερη αιτία απώλειας του ελέγχου μιας πετρελαιοπηγής και έκρηξης είναι οι ακατάλληλες εργασίες ελέγχου της λάσπης και η ανικανότητα του συστήματος

πρόληψης εκρήξεων να συγκρατήσει την έκρηξη λόγω βλάβης (εξαιτίας έλλειψης ελέγχου και συντήρησης).

Όταν ξεσπάσει πυρκαγιά στην κεφαλή γεώτρησης, καλό είναι να αφηθεί να κάψει για να μειωθεί ο κίνδυνος έκρηξης και μόλυνσης του περιβάλλοντος μέχρι η πηγή να μπορέσει να σφραγιστεί. Οι γειτονικές κεφαλές γεώτρησης θα πρέπει να ψυχθούν. Δοκιμές ερευνητικών εργαστηρίων και εταιρειών έχουν δείξει ότι η φωτιά και η θερμική ακτινοβολία σε περίπτωση ατυχήματος σε κεφαλή γεώτρησης μπορούν να περιοριστούν όταν ψεκαστεί άμεσα νερό στην κεφαλή με φορά προς τα πάνω και όχι προς τα κάτω.

Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι το 1970 η Chevron παραδέχθηκε έμμεσα την ενοχή της όταν κατηγορήθηκε ότι «εν γνώσει της και εσκεμμένα» δεν εγκατέστησε συσκευές ασφαλείας σε 90 πετρελαιοπηγές στον Κόλπο του Μεξικού. Τρεις άλλες πετρελαϊκές εταιρείες κατηγορήθηκαν με το ίδιο παράπτωμα (Shell, Conoco και Humble). Η Chevron τιμωρήθηκε με πρόστιμο 1 εκατομμυρίου δολαρίων για 500 παραβάσεις. Οι παραβάσεις αυτές περιλάμβαναν την παράλειψη εγκατάστασης επαγωγέων ασφαλείας στις πετρελαιοπηγές (μέθοδο για την αυτόματη διακοπή της ροής πετρελαίου σε περίπτωση ατυχήματος).

11.7 Εγκαταστάσεις φόρτωσης

Οι εργασίες φόρτωσης είναι από τις πιο επικίνδυνες στη διαδικασία παραγωγής και χειρισμού των υδρογονανθράκων. Οι σχετικές εγκαταστάσεις αποτελούν στρατηγικό σημείο στο εργοστάσιο που, αν χαθεί, θα επηρεάσει όλη τη λειτουργία του. Η μεταφορά με σωληνώσεις είναι η προτιμώμενη μέθοδος, αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν μικρές ποσότητες ή απαιτείται αποστολή με υπερωκεάνια. Οι προφανέστεροι κίνδυνοι που ενέχουν οι εγκαταστάσεις φόρτωσης είναι η πιθανότητα υπερπλήρωσης, μετατόπισης και διαρροής εύφλεκτων ατμών, η συσσώρευση στατικού ηλεκτρισμού και οι συγκρούσεις των οχημάτων με τις εγκαταστάσεις (πλοίων, φορτηγών).

Οι εγκαταστάσεις φόρτωσης θα πρέπει να βρίσκονται εκεί όπου δεν θα είναι εκτεθειμένα σε κίνδυνο τα οχήματα μεταφοράς ή δεν θα εκτίθενται σε κίνδυνο οι εγκαταστάσεις κατά τη μεταφορά των προϊόντων από και προς τις συσκευές φόρτωσης. Όλες οι χειροκίνητες εγκαταστάσεις φόρτωσης θα πρέπει να διαθέτουν βαλβίδες που κλείνουν αυτόματα. Θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιείται κάποια μέθοδος απομόνωσης της ροής των προϊόντων και κλεισίματος της αντλίας μεταφοράς σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Η κύρια προστατευόμενη περιοχή θα πρέπει να είναι αυτή γύρω από το σταθερό εξοπλισμό στο χώρο μεταφοράς, το σημείο όπου υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα διαρροής. Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει τους βραχίονες φόρτωσης, σωληνώσεις και αντλίες μεταφοράς. Η προστασία του σταθερού εξοπλισμού εξασφαλίζει γρήγορη επανεκκίνηση των εργασιών μετά το ατύχημα. Δευτερεύουσας σημασίας είναι η προστασία του οχήματος μεταφοράς (πλοίου, τρένου ή φορτηγού). Μεγαλύτερη προσοχή δίνεται στα πλοία, καθώς στην περίπτωσή τους η οικονομική απώλεια είναι μεγάλη. Το τεράστιο μέγεθος ορισμένων πλοίων και διατάξεων μεταφοράς καθιστούν την προστασία όλου του σκάφους αδύνατη. Αναλύσεις ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονταν πλοία δείχνουν γενικά ότι η πιθανότητα το σκάφος να εμπλακεί σε πυρκαγιά είναι μικρότερη από την πιθανότητα να καταστραφεί εξαιτίας εσωτερικών εκρήξεων από τη συσσώρευση ατμών κατά τον αφερματισμό.

Η πιο πρακτική μέθοδος για την προστασία εγκαταστάσεων φόρτωσης πλοίων και τρένων είναι τα σταθερά μόνιτορ. Λόγω του σχετικά μικρότερου μεγέθους των εγκαταστάσεων φόρτωσης φορτηγών, αυτές οι τελευταίες συνήθως προστατεύονται από σύστημα πλημμυρισμού με μείγμα αφρού-νερού που συμπληρώνεται από ακροφύσια τα οποία κατευθύνονται προς τα σημεία διαρροών. Κάποιοι χώροι φόρτωσης φορτηγών που δεν διαθέτουν επαρκή αποθέματα νερού προστατεύονται με μεγάλα σταθερά συστήματα ξηρών χημικών.

11.8 Ηλεκτρικός εξοπλισμός και αίθουσες επικοινωνίας

Οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε επικίνδυνες περιοχές συνήθως βρίσκονται υπό πίεση για να εμποδίζεται η διαρροή επικίνδυνων ατμών και να προστατεύεται ο ηλεκτρικός εξοπλισμός στο εσωτερικό.

Οι αίθουσες διακοπών και ηλεκτρονόμων πρέπει να διαθέτουν ανιχνευτές καπνού.. Η ενεργοποίηση του συναγερμού πυρός θα πρέπει να κλείνει το σύστημα διαχείρισης του αέρα. Αν οι εγκαταστάσεις είναι κρίσιμης σημασίας για τη διατήρηση των εργασιών, θα πρέπει να εξεταστεί η πιθανότητα εγκατάστασης μόνιμου συστήματος πυροπροστασίας.

Η ανίχνευση εύφλεκτων αερίων για αεραγωγούς θα πρέπει να εξεταστεί όταν οι κλειστοί χώροι βρίσκονται κοντά σε χώρους επεξεργασίας υδρογονανθράκων, ειδικά όταν οι εργασίες πραγματοποιούνται σε περιοχές όπου μια διαρροή δεν θα διαλυθεί στην απόσταση που βρίσκεται το εργοστάσιο. Μια εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιηθεί σύστημα διαχείρισης του αέρα με αυτόματη κυκλοφορία, ώστε να μην κατευθύνεται ο καθαρός αέρας στο εσωτερικό από έξω. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως σε μη επανδρωμένες εγκαταστάσεις.

11.9 Αίθουσες μπαταριών

Οι αίθουσες μπαταριών παρέχονται σαν εφεδρικά μέσα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος προκειμένου να μη διακόπτονται οι εργασίες στο εργοστάσιο. Συνήθως βρίσκονται μέσα ή κοντά στην αίθουσα ελέγχου ή στις εγκαταστάσεις με τους πίνακες διακοπών. Όταν οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος φορτίζονται, παράγουν ελεύθερο υδρογόνο σαν υποπροϊόν. Το υδρογόνο εκλύεται από τις μπαταρίες στον κλειστό χώρο. Ο εξαερισμός είναι επαρκής όταν λιγότερο από 1% υδρογόνο συσσωρεύεται στην αίθουσα. Το IEEE ορίζει τον εξαερισμό ως επαρκή όταν το υδρογόνο αντιστοιχεί σε ποσοστό μικρότερο του 2% του συνολικού όγκου της αίθουσας μπαταριών. Ο μέγιστος ρυθμός έκλυσης αερίου υδρογόνου κατά τη φόρτιση είναι 0,000269 CFM ανά αμπέρ φόρτισης ανά κυψέλη στους 25 °C και σε πίεση μίας ατμόσφαιρας.

Στη βιομηχανία παρέχονται συνήθως αναρροφητήρας στην αίθουσα μπαταριών και ο απαγωγός εξαερισμού και μια ακτίνα 1,5 m. από την έξοδο του αεραγωγού. Ο διακόπτης για το φως θα πρέπει να βρίσκεται έξω από την αίθουσα μπαταριών.

Όπου υπάρχει δυνατότητα αποστράγγισης, το υγρό θα πρέπει πρώτα να συλλέγεται σε δεξαμενή εξουδετέρωσης κι έπειτα να διοχετεύεται στο σύστημα αποχέτευσης του μολυσμένου με πετρέλαιο νερού (Water Server System).

Όπου χρησιμοποιούνται σφραγισμένες μπαταρίες, δεν χρειάζονται τα παραπάνω, καθώς δεν εκλύεται ελεύθερο υδρογόνο.

Η δυνατότητα πυρανίχνευσης θεωρείται προαιρετική καθώς οι μπαταρίες έχουν ελάχιστα εύφλεκτα υλικά και μόνο περιορισμένο αριθμό καλωδίων ή εξοπλισμού φόρτισης. Συνεπώς, υπάρχει μικρή πιθανότητα να σημειωθεί πυρκαγιά.

11.10 Κλειστές τουρμπίνες ή πακέτα συμπιεστών αερίου

Οι τουρμπίνες και οι συμπιεστές αερίου συνήθως παρέχονται σαν ολοκληρωμένο συγκρότημα σε κλειστό χώρο. Επειδή ο εξοπλισμός είναι κλειστός και διαχειρίζεται αποθέματα αερίου, η πιθανότητα έκρηξης και πυρκαγιάς είναι μεγάλη.

Η προφανέστερη πηγή συσσώρευσης αερίου είναι μια διαρροή καυσίμου. Άλλες σπάνιες απώλειες έχουν προκύψει λόγω κακής λίπανσης που είχε σαν αποτέλεσμα υπερθέρμανση του εξοπλισμού, κόπωση μετάλλου και διάσπαση. Η διάσπαση έχει, με τη σειρά της, σαν αποτέλεσμα την απελευθέρωση θερμότητας από το θάλαμο καύσης, ενώ θραύσματα εκτοξεύονται ελεύθερα από τη μονάδα.

Οι περισσότεροι κλειστοί χώροι ψύχονται με αέρα, ο οποίος βοηθά και στο διασκορπισμό αερίων που έχουν διαρρεύσει. Συστήματα ανίχνευσης εύφλεκτων αερίων παρέχονται στο εσωτερικό και στον αεραγωγό. Εγκαθίστανται επίσης συσκευές σταθερής θερμοκρασίας.

Η βασική μέθοδος προστασίας από έκρηξη αερίου στον κλειστό χώρο είναι η ανίχνευση αερίων και η μετατόπιση ή αδρανοποίηση οξυγόνου. Συστήματα πυρόσβεσης CO₂ ή, στο παρελθόν, Halon έχουν χρησιμοποιηθεί ως παράγοντες αδρανοποίησης και πυρόσβεσης. Οι παράγοντες αποθηκεύονται εξωτερικά σε βολική τοποθεσία και εφαρμόζονται ανάλογα με τον κίνδυνο. Σήματα ESD κλείνουν την παροχή καυσίμου προς την τουρμπίνα σε περίπτωση ατυχήματος. Πολύ σημαντική είναι η προστασία της βαλβίδας απομόνωσης καυσίμου ESD και ο έλεγχός της.

Θα πρέπει να παρέχεται «ικανοποιητικός χώρος» ανάμεσα στην τουρμπίνα και τον συμπιεστή αερίου. Η χρήση ειδικών πάνελ στον κλειστό χώρο θα περιορίσει επίσης τις φθορές από έκρηξη. Αν και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πάνελ για προστασία από την εκτόξευση θραυσμάτων, το κόστος της εγκατάστασης, σε συνδυασμό με τη χαμηλή πιθανότητα να συμβεί κάτι τέτοιο και τα μικρά διαστήματα έκθεσης του προσωπικού, γενικά δικαιολογούν την παράλειψη αυτού του μέτρου προστασίας.

11.11 Συστήματα μεταφοράς θερμότητας

Τα συστήματα μεταφοράς θερμότητας παρέχονται συνήθως για την αξιοποίηση της διαθέσιμης θερμότητας από τις εργασίες επεξεργασίας, για την εξοικονόμηση θερμότητας για εργασίες διύλισης, ή για την προθέρμανση αποθεμάτων καυσίμου πριν από τη χρήση. Γενικά θεωρούνται δευτερεύοντα υποστηρικτικά συστήματα, αλλά μπορεί να αποδειχθούν κρίσιμης σημασίας για την παραγωγή και να επηρεάσουν όλη την εγκατάσταση αν δεν είναι κατάλληλα σχεδιασμένα.

Τα περισσότερα συστήματα μεταφοράς θερμότητας είναι ένας κλειστός βρόχος όπου ένα μέσο μεταφοράς θερμότητας κυκλοφορεί μεταξύ θερμαντών και εναλλακτών θερμότητας. Αντλίες κυκλοφορίας παρέχουν ροή και ρυθμιστικές βαλβίδες χρησιμοποιούνται για έλεγχο. Το μέσο μεταφοράς θερμότητας είναι συνήθως ατμός, κάποιο έλαιο υψηλού σημείου ανάφλεξης ή, στα εργοστάσια επεξεργασίας, εύφλεκτα υγρά και αέρια. Ο ατμός είναι εγγενώς ασφαλέστερος και προτιμάται από άλλα μέσα. Όταν δεν είναι διαθέσιμος, χρησιμοποιούνται τα έλαια υψηλού σημείου ανάφλεξης (οργανικά ή συνθετικά).

Για τα δεύτερα αυτά συστήματα, που αναφέρονται συχνά ως συστήματα θερμού ελαίου (Hot Oil), παρέχεται ορισμένες φορές ταμειυτήρας σε ανυψωμένη δεξαμενή

αποθήκευσης. Ο κίνδυνος πυρκαγιάς που συνδέεται με τα συστήματα του είδους έχει να κάνει με τη θερμοκρασία του κυκλοφορούντος ελαίου, τη θέση των αντλιών μεταφοράς και την προστασία του ταμιευτήρα αποθήκευσης. Το έλαιο μπορεί να θερμανθεί πάνω από το σημείο ανάφλεξης του και να δώσει έτσι ένα «εύφλεκτο» υγρό στο σύστημα αντί για ένα καύσιμο υγρό. Το σύστημα κυκλοφορίας (αντλίες, βαλβίδες, σωληνώσεις) μπορεί επίσης να φθάσει σε θερμοκρασίες ανώτερες του σημείου ανάφλεξης του καύσιμου ελαίου (μέσω μετάδοσης) και έτσι κάθε διαρροή να υπάρχει κίνδυνος να πυροδοτηθεί άμεσα.

Μικρά συστήματα του είδους παρέχονται ενίοτε σαν προκατασκευασμένο πακέτο με αντλίες, βαλβίδες και αποθηκευτικό χώρο. Οποιαδήποτε διαρροή από τις αντλίες κυκλοφορίας θέτει αμέσως σε κίνδυνο όλα τα εξαρτήματα του πακέτου. Τα σημεία σφράγισης των αντλιών κυκλοφορίας αποτελούν συνήθως πηγές διαρροής. Ενίοτε παρατηρείται διαρροή του θερμαινόμενου μέσου (συνήθως υδρογονανθράκων χαμηλού σημείου ανάφλεξης) στα συστήματα θερμού ελαίου, αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Τέτοιες διαρροές μπορεί να διοχετεύσουν υγρούς υδρογονάνθρακες χαμηλού σημείου ανάφλεξης, με αποτέλεσμα το θερμό έλαιο να πάρει τελικά τα χαρακτηριστικά εύφλεκτου υγρού, αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς σε βαθμό που δεν αρμόζει σε ασφαλές σύστημα μεταφοράς θερμότητας. Οι διαρροές πρέπει να σταματούν αμέσως και να ενσωματώνεται μέσο απαέρωσης του συστήματος.

Αν το ίδιο το σύστημα είναι απαραίτητο για τις εργασίες παραγωγής, οι αντλίες μπορεί να αποτελούν σημαντικά εξαρτήματα. Θα πρέπει να βρίσκονται μακριά από το χώρο επεξεργασίας και να διαθέτουν μέσα αποστράγγισης. Η κατάρρευση της δεξαμενής αποθήκευσης θα πρέπει να αναλυθεί για να καθοριστεί η επίπτωση που θα μπορούσε να έχει στο σύστημα μεταφοράς θερμότητας και στις γύρω εγκαταστάσεις και να αποφασιστούν οι ακριβείς ανάγκες πυροπροστασίας. Συνήθως, αν η δεξαμενή αποθήκευσης βρίσκεται σε επικίνδυνη περιοχή ή αν η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι ανώτερη από το σημείο ανάφλεξης, τα δομικά στηρίγματα πρέπει να προστατευθούν από πυρκαγιές. Σε διαφορετική περίπτωση, η προστασία των δομικών στηριγμάτων μπορεί να μη δικαιολογείται οικονομικά. Θα πρέπει επίσης να αποθηκεύονται οι ελάχιστες ποσότητες.

11.12 Πύργοι ψύξης

Οι πύργοι ψύξης που παρέχονται στα περισσότερα εργοστάσια συνήθως κατασκευάζονται από εύφλεκτα υλικά. Αν και στο εσωτερικό τους ρέει άφθονο νερό, οι εξωτερικές επιφάνειες και κάποια εσωτερικά τμήματα παραμένουν εντελώς στεγνά. Κατά τις εργασίες συντήρησης, οι περισσότεροι πύργοι ψύξης δεν έχουν ροή και όλη η μονάδα μπορεί να στεγνώσει. Τα κύρια αίτια πυρκαγιών σε πύργους ψύξης είναι βλάβες σε καλώδια, φωτισμό, κινητήρες και διακόπτες. Οι βλάβες αυτές μπορεί με τη σειρά τους να αναφλέξουν τις εκτεθειμένες επιφάνειες της στεγνής εύφλεκτης κατασκευής. Ενίοτε, ατμοί υδρογονανθράκων εκλύονται και αναφλέγονται. Η έκθεση σε πυρκαγιές από άλλα αίτια μπορεί επίσης να προκαλέσει καταστροφή. Καθώς οι πύργοι ψύξης είναι σχεδιασμένοι να κυκλοφορούν αέρα σε υψηλές ταχύτητες για ψύξη, αυξάνουν την πιθανότητα ανάφλεξης ηλεκτρικού θερμού σημείου σε ξύλινη επιφάνεια.

Ειδική προστασία πρέπει να παρέχεται για τα εύφλεκτα υλικά στο εσωτερικό του πύργου ψύξης, αλλά και για τις πιθανές πηγές ανάφλεξης (π.χ. κινητήρες). Όπου υπάρχει κίνδυνος διακοπής των εργασιών, παρέχεται συνήθως σύστημα ψεκασμού ή

εγκαθίστανται μάνικες ή μόνιτορ πυρόσβεσης. Μέτρα προστασίας από τη διάβρωση θα πρέπει να λαμβάνονται όπου χρησιμοποιείται σύστημα ψεκασμού καθώς το εσωτερικό περιβάλλον του πύργου ψύξης είναι ιδανικό για την ανάπτυξη διάβρωσης στις εκτεθειμένες μεταλλικές επιφάνειες. Τελευταία, υπάρχει η τάση να χρησιμοποιούνται άκαυστα υλικά για την κατασκευή των πύργων ψύξης λόγω του κινδύνου πυρκαγιάς αλλά και του κόστους συντήρησης των μέσων πυροπροστασίας.

11.13 Μετατροπείς που πληρώνονται με έλαια

Οι μετατροπείς που πληρώνονται με καύσιμα έλαια ενέχουν τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Θα πρέπει να βρίσκονται σε ικανή απόσταση από άλλες κρίσιμης σημασίας ή επανδρωμένες εγκαταστάσεις. Θα πρέπει να υπάρχουν μέσα συγκράτησης και αφαίρεσης υγρών που έχουν διαρρεύσει. Οι διαρροές θα πρέπει να διοχετεύονται σε λεκάνη καλυμμένη με χαλίκι για να μην είναι εκτεθειμένα τα υγρά και να συλλέγονται.

Ανάλογα με την κρισιμότητα και την αξία, παρέχονται επιπλέον συστήματα πυρόσβεσης για προστασία. Ο σταθμός πετρελαίου και οι μετατροπείς εκκίνησης στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να προστατεύονται με νερό ή σύστημα ψεκασμού αφρού-νερού. Η συνηθέστερη εγκατάσταση είναι ένα μόνιμο σύστημα ψεκασμού νερού. Όπου παρέχονται αρκετοί μετατροπείς, συνήθως χρησιμοποιείται τείχος για το διαχωρισμό και την προστασία της μιας μονάδας από την άλλη.

11.14 Εργαστήρια εξέτασης υδρογονανθράκων (συμπεριλαμβανομένων των εργαστηρίων εξέτασης πετρελαίου ή νερού, των σκοτεινών θαλάμων, κ.λπ.)

Τα εργαστήρια θεωρούνται γενικά ακίνδυνες περιοχές αν οι ποσότητες των εύφλεκτων υγρών περιορίζονται σε αυτές που ορίζει ο NFPA. Συνήθως παρέχεται σύστημα συλλογής ατμών όταν πραγματοποιούνται δειγματοτισμοί και μετρήσεις με εκτεθειμένα υγρά. Κύριο μέλημα είναι η αποβολή των ατμών και η αποθήκευση και απομάκρυνση υλικών κορεσμένων με υγρά. Η εξαγωγή αερίων, οι σωληνώσεις και μια ακτίνα 1,5 m από τον αεραγωγό θα πρέπει να θεωρούνται επικίνδυνες περιοχές με βάση την ταξινόμηση.

11.15 Αποθήκες

Οι αποθήκες θεωρούνται γενικά χώροι χαμηλού κινδύνου εκτός αν περιλαμβάνουν αγαθά υψηλής αξίας ή κρίσιμης σημασίας. Κάποια από τα υψηλής αξίας εξαρτήματα που συνήθως παραβλέπονται στις αποθήκες είναι τα εξαρτήματα των τρυπανιών και οι υπολογιστές ελέγχου των διαδικασιών επεξεργασίας. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα οικονομικά οφέλη της εγκατάστασης αυτόματου συστήματος ψεκασμού θα πρέπει να εξεταστούν.

11.16 Καφετέριες και κουζίνες

Σταθερά συστήματα πυρόσβεσης υγρών ή ξηρών χημικών παρέχονται συνήθως πάνω από τις συσκευές της κουζίνας και από διάκενα ψευδοροφών και

αεραγωγούς. Τα μέσα ενεργοποίησης διαθέτουν τηκόμενους συνδέσμους στους αεραγωγούς με προδιαγραφές για 232 °C. Μέσα χειροκίνητης ενεργοποίησης δεν θα πρέπει να παρέχονται κοντά στο χώρο μαγειρέματος, αλλά στις οδούς εξόδου από τις εγκαταστάσεις. Ο συναγερμός πυρκαγιάς θα πρέπει να ηχεί με την ενεργοποίηση του σταθερού συστήματος πυρόσβεσης και το ρεύμα ή το φυσικό αέριο προς τις ηλεκτρικές συσκευές να κόβεται αυτόματα. Το σύστημα εξαερισμού θα πρέπει να κλείνει επίσης με την ενεργοποίηση του συναγερμού πυρός. Προστατευτικά καλύμματα θα πρέπει να παρέχονται στα ακροφύσια πυρόσβεσης για να μην βουλώνουν από τα μαγειρικά λίπη.

Κεφάλαιο 12° : Ανθρώπινος παράγοντας και εργονομία

Ο ανθρώπινος παράγοντας και τα θέματα εργονομίας παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη ατυχημάτων. Κάποιες θεωρίες αποδίδουν έως και το 90% των ατυχημάτων στον ανθρώπινο παράγοντα. Είναι συνεπώς απαραίτητη η εξέταση τόσο αυτού όσο και των εργονομικών χαρακτηριστικών για την πρόληψη πυρκαγιών και εκρήξεων σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις, καθώς, όπως έχει δείξει η ιστορία, αποτελούν κύρια ή δευτερεύοντα αίτια καταστροφών.

Ο ανθρώπινος παράγοντας και η εργονομία σχετίζονται με την ικανότητα του προσωπικού να κάνει τη δουλειά του εντός των ανθρώπινων σωματικών και νοητικών ικανοτήτων ή ορίων. Ο άνθρωπος έχει ορισμένες αντοχές και συμπεριφορές. Οι αντοχές μπορεί να σχετίζονται με την ικανότητα να δεχτεί κανείς πληροφορίες, με το πόσο γρήγορα μπορεί να κατανοήσει τις πληροφορίες αυτές και με την ικανότητα και την ταχύτητα με την οποία εκτελεί χειρωνακτικές εργασίες. Όταν οι πληροφορίες είναι συγκεχυμένες ή ελλιπείς, δεν υπάρχει δυνατότητα κατανόησης και ταχείας ή αποτελεσματικής δράσης. Είναι, συνεπώς, απαραίτητη η παροχή επαρκών και μόνο ισχυουσών πληροφοριών για την εκτέλεση όλων των εργασιών που σχετίζονται με την πετρελαϊκή δραστηριότητα. Αυτές περιλαμβάνουν εργασίες που σχετίζονται με μέτρα προστασίας από πυρκαγιές και εκρήξεις.

Η συμπεριφορά έχει να κάνει με τον τρόπο διοίκησης από τα ανώτερα στελέχη αλλά και με τα χαρακτηριστικά των υπαλλήλων και, αν δεν είναι επικοινωνητική, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις εργασίες και να οδηγήσει σε ατυχήματα.

Θα πρέπει επίσης να γίνει κατανοητό ότι είναι σχεδόν αδύνατο να αποφευχθούν τα ανθρώπινα λάθη, γι' αυτό και είναι πάντα απαραίτητα πρόσθετα προληπτικά μέτρα. Τα μέλη του προσωπικού μπορεί να ξεχνούν, να μπερδεύονται ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, να μη γνωρίζουν την εργασία που καλούνται να εκτελέσουν. Είναι, λοιπόν, χρήσιμο να σχεδιάζονται συστήματα με όλα τα απαραίτητα μέσα προστασίας. Αυτό ισχύει τόσο για τη φάση σχεδιασμού των συστημάτων λειτουργίας όσο και για τις περιόδους συντήρησης, τα διαστήματα που η ιστορία έχει δείξει ότι συμβαίνουν καταστροφικά ατυχήματα.

Μια ανάλυση ανθρωπίνων σφαλμάτων ή αξιοπιστίας (HRA) μπορεί να πραγματοποιηθεί για να εντοπιστούν τα σημεία που μπορεί να συμβάλουν σε απώλειες από ατυχήματα. Ανθρώπινα λάθη μπορεί να γίνουν σε όλα τα σημεία του εργοστασίου υδρογονανθράκων. Γενικά, σχετίζονται με την περιπλοκότητα του εξοπλισμού, τις διεπαφές ανθρώπου-εξοπλισμού, το υλικό για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης και τις διαδικασίες επεξεργασίας, δοκιμής και εκπαίδευσης. Η πιθανότητα να συμβούν κάποιοι τύποι σφαλμάτων συνήθως προβλέπεται, όπως δείχνει ο Πίνακας 1. Οι ατομικές εργασίες μπορούν να αναλυθούν για να οριστεί η πιθανότητα να προκύψει σφάλμα. Από τις πιθανότητες αυτές μπορούν να οριστούν οι επιπτώσεις που, με τη σειρά τους, θα ορίσουν την επικινδυνότητα κάθε σφάλματος.

Πίνακας 1 : Πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος

Πιθανότητα	Περιγραφή
1,0-0,1	Εργασίες που χρειάζονται δημιουργική σκέψη, εξοικείωση με το αντικείμενο, γρήγορες ενέργειες, αντιμετώπιση έντονου στρες.
0,1-0,01	Σφάλματα παραλείψεων όπου η επιτυχία εξαρτάται από τα στοιχεία σχετικά με μια κατάσταση και την καλή μνήμη.
0,01-0,001	Σφάλματα εκτέλεσης, όπως το πάτημα λάθος κουμπιού, η λάθος ανάγνωση μιας οθόνης, κ.λπ.
0,001-0,0001	Σφάλματα συνήθως γίνονται κατά την εκτέλεση απλών και συνηθισμένων εργασιών.
0,0001-0,00001	Σπάνια σφάλματα τα οποία δύσκολα μπορεί να φανταστεί κανείς πώς μπορούν να προκύψουν. Συνήθως προκύπτουν σε μη στρεσογόνα περιβάλλοντα.

Η χρήση ναρκωτικών ουσιών και η κατανάλωση αλκοόλ είναι επίσης αιτίες ατυχημάτων. Στα σημεία όπου γίνονται αυστηροί έλεγχοι, τα ατυχήματα είναι σχετικά σπανιότερα.

12.1 Ανθρώπινη συμπεριφορά

Το χαρακτηριστικό που επηρεάζει περισσότερο την απόδοση του προσωπικού είναι η συμπεριφορά και η στάση του. Η συμπεριφορά έχει να κάνει με τις απόψεις, την οπτική γωνία και τον τρόπο που αντιμετωπίζουμε τα πράγματα. Ο τρόπος που αντιλαμβανόμαστε πράγματα και καταστάσεις ευθύνεται, εν μέρει, για τη φύση της συμπεριφοράς και της απόδοσής μας. Κάποιες από τις συνηθέστερες συμπεριφορές που προκαλούν ατυχήματα παρατίθενται παρακάτω:

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Απάθεια ή αδιαφορία	Οκνηρία, αδιαφορία, παθητικότητα. Η συμπεριφορά αυτή επηρεάζει σημαντικά τους συνεργάτες και μπορεί να έχει επιπτώσεις σε όλη την εταιρεία.
Αυταρέσκεια Ικανοποίηση και άνεση	Παρατηρείται όταν τα πράγματα κυλούν ομαλά. Οι εργαζόμενοι ρίχνουν τις άμυνές τους και γίνονται ευάλωτοι.
Εχθρότητα	Θυμός και νεύρα. Ευερέθιστη συμπεριφορά και προβολή αντιρρήσεων. Ο εργαζόμενος παύει να εξετάζει τη γενική εικόνα και πέφτει θύμα κινδύνων που δεν έχει αντιληφθεί.
Ανυπομονησία	Βιασύνη και άγχος. Η ανυπομονησία κάνει τον εργαζόμενο να προβεί σε ενέργειες που δεν θα έκανε κανονικά. Έτσι ενισχύεται η επικίνδυνη συμπεριφορά, ειδικά αν υπάρχει πίεση.
Αυθορητισμός	Ενέργειες με βάση την παρόρμηση της στιγμής. Το άτομο ρισκάρει και τείνει να ενεργεί πρώτα κι έπειτα να κάνει ερωτήσεις.
Ατιμωρησία	Δεν υπάρχουν ποινές ή επιπτώσεις. Το άτομο σκέφτεται ότι το ατύχημα δεν μπορεί να συμβεί σε αυτό ή να έχει κυρώσεις για τις πράξεις του.
Άτρωτος	Το άτομο θεωρεί ότι είναι ανίκητο, έχει κόμπλεξ ανωτερότητας. Πρόκειται για ψευδαίσθηση.
Αμέλεια	Χαλάρωση και απροσεξία. Το άτομο δεν κάνει αυτό που πρέπει ή κάνει εσκεμμένα κάτι που δεν πρέπει. Πρόκειται για τη βάση ενεργειών που επισύρουν νομικές κυρώσεις.
Υπερβολική αυτοπεποίθηση	Το άτομο τείνει να παίρνει ρίσκα και να αναζητά παρακαμπτήριες οδούς
Ανυπακοή	Το άτομο είναι ανυπότακτο και παραβαίνει τους κανόνες. Πρόκειται για εχθρική φύση που δεν συνεργάζεται εύκολα.
Απροσεξία	Ανευθυνότητα, αναξιοπιστία, εγωκεντρισμός. Άτομο που παίρνει ρίσκα.
Ανευθυνότητα	Δεν αναγνωρίζεται καμία προσωπική ευθύνη.

Ο τρόπος αντιμετώπισης των περισσότερων από αυτές τις συμπεριφορές είναι η καλλιέργεια ομαδικής κουλτούρας στην εταιρεία όσον αφορά τα θέματα πρόληψης απωλειών (με επικεφαλής τη διοίκηση και με τη συμμετοχή των εργαζομένων) και προβολή των πλεονεκτημάτων ενός περιβάλλοντος που δεν επηρεάζεται από ατυχήματα.

12.2 Πρόσβαση και αποδοχή

Ο εξοπλισμός πυρόσβεσης θα πρέπει να τοποθετείται σε ύψος που να τον καθιστά προσβάσιμο στο μέσο άνθρωπο. Συμπεριλαμβάνονται οι φορητοί πυροσβεστήρες, τα εξαρτήματα που συνδέουν τις μάνικες με τους πυροσβεστικούς κρουνοί, τα σημεία πρόσβασης στις βαλβίδες έκτακτης ανάγκης, τα κουμπιά ενεργοποίησης του συστήματος ESD, κ.λπ.

Τα χειριστήρια, οι βαλβίδες και οι πίνακες ελέγχου θα πρέπει να είναι προσβάσιμα και ορατά.

12.3 Οδηγίες, σημάνσεις και ετικέτες

Υπάρχουν έξι βασικές κατηγορίες σημάτων και είναι οι ακόλουθες:

- **Πυρόσβεση** – Πινακίδες που δίνουν πληροφορίες ή οδηγίες σχετικά με τον εξοπλισμό πυροπροστασίας και πυρόσβεσης (π.χ. Απαγορεύεται το κάπνισμα, Όχι ανοιχτά φώτα, κ.λπ.).
- **Υποχρεωτικά** – Σήματα που δίνουν οδηγίες ή πληροφορίες που πρέπει να τηρηθούν (π.χ. σχετικά με την ασφάλεια).
- **Έκτακτης ανάγκης** – Σήματα που δίνουν οδηγίες που πρέπει να ακολουθηθούν σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
- **Προειδοποιητικά** – Σήματα που δίνουν πληροφορίες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για να αποφευχθούν επικίνδυνες καταστάσεις (π.χ. τοξικά αέρια).
- **Απαγορευτικά** – Σήματα που απαγορεύουν ορισμένες δραστηριότητες (π.χ. Απαγορεύεται ο θόρυβος).
- **Γενικά** – Σήματα με γενικές πληροφορίες που δεν καλύπτονται από τις παραπάνω πέντε κατηγορίες.

Πινακίδες οδηγιών θα πρέπει να τοποθετούνται σε όλα τα συστήματα έκτακτης ανάγκης στα οποία ο χειρισμός της μονάδας δεν είναι προφανής (π.χ. στις αντλίες πυρόσβεσης, τα σταθερά συστήματα αφρού, κ.λπ.). Βέλη που δείχνουν τη ροή του νερού θα πρέπει να τοποθετούνται στις σωληνώσεις στα σημεία όπου βρίσκονται τα μέσα απομόνωσης. Ο αριθμός των πυροσβεστικών κρουνών, των μόνιτορ, των αντλιών, των θαλάμων αφρού μπορεί να βελτιώσει τη χρήση του εξοπλισμού του είδους. Θα πρέπει επίσης να παρέχονται περιγραφικές ετικέτες στους πίνακες ελέγχου αντί για απλές αριθμητικές ενδείξεις.

Οι πινακίδες με προειδοποιήσεις και οδηγίες θα πρέπει να παρέχονται στη γλώσσα της χώρας όπου πραγματοποιούνται οι εργασίες. Θα πρέπει να είναι ακριβείς και άμεσες. Η χρήση της καθομιλουμένης ή κάποιας τοπικής διαλέκτου θα πρέπει να αποφεύγεται, καθώς μπορεί έτσι οι πληροφορίες να μην είναι κατανοητές. Θα πρέπει να αποφεύγονται και οι συντομογραφίες αν δεν είναι ευρέως γνωστές και δεν χρησιμοποιούνται από το γενικό πληθυσμό.

Οι ετικέτες θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερες χωρίς να διαστρεβλώνουν τα νοήματα και τις πληροφορίες. Δεν θα πρέπει να είναι αμφίσημες, να χρησιμοποιούν επωνυμίες ή λογότυπα εταιρειών ή άλλες πληροφορίες που δεν αφορούν την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών.

Τα ακόλουθα είναι συνήθη προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην περίπτωση των ετικετών στα εργοστάσια υδρογονανθράκων:

- ∅ Ελλιπείς ή χαμένες ετικέτες.
- ∅ Χρήση παρόμοιων ονομασιών που μπορεί να μπερδευτούν.
- ∅ Δυσνόητες ετικέτες.
- ∅ Ετικέτες που δεν έχουν συγκεκριμένη μορφή.
- ∅ Ετικέτες που δεν ακολουθούν λογική σειρά.

12.4 Χρώματα και αναγνώριση

Χρώματα

Συγκεκριμένα χρώματα έχουν υιοθετηθεί στο βιομηχανικό κόσμο για την αναγνώριση κινδύνων, τη σήμανση εξοπλισμού ασφαλείας και τον ορισμό των λειτουργιών του βασικού εξοπλισμού. Οι συμβάσεις αυτές έχουν ενσωματωθεί σε πρότυπα που χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο για την αναγνώριση συσκευών. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

Πίνακας 2 : Εφαρμογές χρωματικού κώδικα

Χρώμα	Εφαρμογή
Κόκκινο	α. Πλήκτρα διακοπής ή ηλεκτρικοί διακόπτες που χρησιμοποιούνται για το κλείσιμο μηχανημάτων σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. β. Λαβές ή ράβδοι σε μηχανήματα για διακοπή λειτουργίας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. γ. Φώτα βλάβης σε συναγερμούς, πίνακες ελέγχου ή άλλες εγκαταστάσεις. δ. Εξοπλισμός και συστήματα πυροπροστασίας (π.χ. πυροσβεστικοί κρουνοί, μόνιτορ, συναγερμοί, κ.λπ.). ε. Φορητά δοχεία με εύφλεκτα υγρά. στ. Κατάσταση στάσης. ζ. Βαλβίδες απομόνωσης και ενεργοποιητές ESD.
Πορτοκαλί	α. Σκάφη εκκένωσης υπεράκτιων εγκαταστάσεων και σωσίβια προσωπικού. β. Επικίνδυνα τμήματα μηχανημάτων. γ. Σημεία φύλαξης των επικίνδυνων τμημάτων των μηχανημάτων. δ. Σήματα κινδύνου. ε. Βαλβίδες εκτόνωσης ή εξειδικευμένος εξοπλισμός απομόνωσης. στ. Ανεμούρια.
Κίτρινο	α. Επικίνδυνα εμπόδια (σημαίνονται με κίτρινες και μαύρες γραμμές). β. Χώροι αποθήκευσης εύφλεκτων υγρών. γ. Δοχεία με διαβρωτικά ή ασταθή υλικά. δ. Προειδοποιητικές πινακίδες και σήματα. ε. Καταστάσεις που χρειάζονται προσοχή. στ. Οδική σήμανση.
Πράσινο	α. Σήμανση εξοπλισμού ασφαλείας (π.χ. μάσκες οξυγόνου, φορεία, κ.λπ.). β. Σήμανση οδών εξόδου και εκκένωσης έκτακτης ανάγκης. γ. Ένδειξη ασφαλούς κατάστασης σε πίνακα ελέγχου μηχανισμού. δ. Ντους ασφαλείας. ε. Γειώσεις. στ. Ενδείξεις ασφαλούς ή αποδεκτής κατάστασης.
Μπλε	α. Πινακίδες με πληροφορίες και οδηγίες. β. Σήμα προειδοποίησης για H ₂ S (φως που αναβοσβήνει).
Λευκό	α. Σήμανση δρόμων. β. Οχήματα ιατρικής βοήθειας ή πυρόσβεσης.

Το μοβ, το καφέ, το μαύρο και το γκρι χρώμα δεν αντιστοιχούν σε ενδείξεις ασφαλείας. Ειδικοί χρωματικοί κώδικες χρησιμοποιούνται και σε συναγερμούς, σωληνώσεις, κυλίνδρους συμπιεσμένου αερίου, ηλεκτρικά καλώδια, ενδείξεις θερμοκρασίας ψεκαστήρων πυρόσβεσης, κ.λπ. Δεν αντιστοιχούν, όμως, πάντα σε παρόμοια νοήματα.

Θα πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι μπορεί να υπάρξει μια σχετική σύγχυση ορισμένων χρωματιστών λαμπτήρων ή πλήκτρων στη βιομηχανία. Συνήθως χρησιμοποιείται το κόκκινο χρώμα για τις επικίνδυνες καταστάσεις λειτουργίας σε αντίθεση με το κόκκινο χρώμα των φαναριών που υπαγορεύει στα οχήματα να σταματήσουν. Το κόκκινο χρησιμοποιείται επίσης στα πλήκτρα διακοπής λειτουργίας του ESD. Φαίνεται, λοιπόν, ότι υπάρχει μια σχετική αντίθεση στα νοήματα. Αν, όμως, κανείς έχει σαν οδηγό την επικινδυνότητα έναντι της ασφάλειας, τα χρώματα έχουν σχετική λογική.

12.5 Αρίθμηση και αναγνώριση

Οι οθόνες των οργάνων επεξεργασίας θα πρέπει να είναι διαταγμένες με βάση τη σειρά με την οποία χρησιμοποιούνται ή τη λειτουργική σχέση με τα εξαρτήματα που εκπροσωπούν. Θα πρέπει να είναι συγκεντρωμένες σε λειτουργικές ομάδες όποτε είναι δυνατό και να διαβάζονται από αριστερά προς τα δεξιά ή από πάνω προς τα κάτω.

Τα δοχεία και ο εξοπλισμός επεξεργασίας θα πρέπει να φέρουν σήματα αναγνώρισης που μπορούν να διαβαστούν από τα 30 m περίπου. Θα πρέπει να είναι ορατά από τα σημεία πρόσβασης στις εγκαταστάσεις ή στον εξοπλισμό και να έχουν χρώμα που κάνει αντίθεση με το φόντο. Οι σημάνσεις αναγράφουν συνήθως τον αριθμό του εξοπλισμού και την κοινή ονομασία του (π.χ. «V-200, συλλέκτης προπανίου»). Έτσι, διευκολύνονται οι εργασίες τόσο σε κανονικές περιόδους όσο και σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, οπότε είναι κρίσιμης σημασίας να αναγνωρίζεται ο εξοπλισμός από απόσταση.

12.6 Υπερφόρτωση συναγερμών

Οι συναγερμοί θα πρέπει να είναι διαταγμένοι έτσι ώστε να υπάρχει ένας κύριος συναγερμός που συμπληρώνεται από μια ένδειξη (π.χ. ένας κεντρικός συναγερμός που να δείχνει την κατάσταση των εξαρτημάτων όλου του υποσυστήματος). Οι πολλοί συναγερμοί που ηχούν ταυτόχρονα μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση.

12.7 Έλεγχος θορύβου

Τα υψηλά επίπεδα του θορύβου που εκπέμπεται από τον εξοπλισμό του εργοστασίου μπορεί να βλάψουν την ακοή των εργαζομένων, να ενοχλούν την τοπική κοινότητα και να παρεμβάλλονται στην ανακοίνωση ειδοποιήσεων και οδηγιών. Οι βασικές πηγές είναι ο περιστρεφόμενος εξοπλισμός (αντλίες, συμπιεστές, τουρμπίνες, κ.λπ.), οι ανεμιστήρες, οι θερμαντήρες, οι αεραγωγοί και οι κάμινοι. Τα επίπεδα θορύβου μπορεί να είναι πολύ υψηλά σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης λόγω της λειτουργίας των συστημάτων εκτόνωσης και αποσυμπίεσης στις μέγιστες δυνατότητές τους αν δεν έχουν ληφθεί τα κατάλληλα μέτρα για τον έλεγχο των επιπέδων θορύβου.

Η απόσταση είναι βασικός παράγοντας μείωσης της ενόχλησης από τους θορύβους και γι' αυτό θα πρέπει να εξασφαλίζεται αρκετός χώρος ήδη από το αρχικό σχέδιο του εργοστασίου. Τα αποδεκτά επίπεδα παραγωγής θορύβου θα πρέπει να ορίζονται κατά την παραγγελία του εξοπλισμού. Όπου τα επίπεδα αυτά δεν μπορούν να μειωθούν με την αγορά διαφορετικού εξοπλισμού, θα πρέπει να τοποθετούνται συσκευές που επιτυγχάνουν αυτό το σκοπό.

Όποτε τα επίπεδα θορύβου ξεπερνούν σε ένταση τους συναγερούς, θα πρέπει να τοποθετούνται φάρoi που είναι ορατοί από όλους τους χώρους. Το χρώμα τους πρέπει να είναι αυτό που χρησιμοποιείται σαν προειδοποίηση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης σε όλο το εργοστάσιο.

12.8 Πανικός

Πανικός ή παράλογη συμπεριφορά ενδέχεται να εκδηλωθεί σε κάθε περίπτωση έκτακτης ανάγκης στα εργοστάσια υδρογονανθράκων. Είναι αποτέλεσμα της μη εξοικείωσης, της σύγχυσης και του φόβου. Ο πανικός επηρεάζει τα άτομα, με διαφορετικά κάθε φορά αποτελέσματα. Μπορεί να επιδεινώσει τις επιπτώσεις μιας έκρηξης ή πυρκαγιάς αν το προσωπικό δεν ενεργήσει όπως θα έπρεπε. Έχει παρατηρηθεί ότι επηρεάζει το προσωπικό με τους εξής τρόπους:

- Μπορεί να οδηγήσει σε παράλογες ενέργειες ή σε δισταγμό για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τον έλεγχο ή τον περιορισμό του ατυχήματος (π.χ. να ανοιχτεί η λάθος βαλβίδα ή να μην ενεργοποιηθούν τα συστήματα ελέγχου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης).
- Το προσωπικό μπορεί να εμποδίσει την εκκένωση των εγκαταστάσεων, επιλέγοντας για παράδειγμα λάθος οδούς διαφυγής, ενεργώντας ανοργάνωτα, κ.λπ.
- Μπορεί να οδηγήσει σε υπερδραστηριότητα. Η υπεροξυγόνωση θα επιτείνει τις επιπτώσεις τοξικών αερίων και άλλων τέτοιων παραγόντων.
- Το προσωπικό που απαιτείται να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης μπορεί απλά να παγώσει ή να μην μπορεί να αναλάβει αποφασιστικά δράση. Χωρίς αποφασιστικές ενέργειες, οι επιπτώσεις του ατυχήματος θα γίνουν ανεξέλεγκτες.

Η εκπαίδευση, οι σαφείς οδηγίες και η αυτοπεποίθηση είναι τρόποι να εμποδιστούν ή να περιοριστούν οι συνέπειες του πανικού. Το προσωπικό θα πρέπει να εκπαιδεύεται για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Η τακτική εκπαίδευση θα βοηθήσει το προσωπικό να εξοικειωθεί με τις διαδικασίες που ακολουθούνται σε τέτοιες περιπτώσεις. Σε μια τέτοια κατάσταση, θα πρέπει να δίνονται επαρκείς οδηγίες. Τέλος, θα πρέπει να προτιμούνται αυτοματοποιημένοι μηχανισμοί αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, όπου είναι δυνατόν, προκειμένου να αποφεύγεται το «ανθρώπινο στοιχείο».

12.9 Ασφάλεια

Δυστυχώς, τα περισσότερα εργοστάσια υδρογονανθράκων είναι πολιτικά όργανα-κλειδιά για τις διεθνείς σχέσεις. Πολλές τρομοκρατικές ενέργειες είχαν σαν στόχο τις εγκαταστάσεις αυτές, είτε με πράξεις εκφοβισμού είτε με στόχο την

πραγματική καταστροφή. Επιπλέον, τα εργοστάσια μπορεί να γίνουν στόχος αποστατών εργατών.

Η διοίκηση θα πρέπει να αντιμετωπίζει τις απειλές αυτές ως υπαρκτές και να καταστρώσει σχέδιο αντιμετώπισής τους παρόμοιο με αυτό που αφορά τα ατυχήματα στο εργοστάσιο. Οι μηχανισμοί απομόνωσης και διακοπής λειτουργίας θα πρέπει να βρίσκονται σε άριστη κατάσταση.

Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει επίσης να διαθέτουν την κατάλληλη περιφραξη για να εμποδίζεται η είσοδος στο ευρύ κοινό και οι υπάλληλοι να μην εκτίθενται σε κίνδυνο και να αποσπώνται από τα καθήκοντά τους.

12.10 Θρησκευτικά καθήκοντα

Σε ορισμένα σημεία του κόσμου, το προσωπικό μπορεί να χρειάζεται να εκτελεί τα θρησκευτικά του καθήκοντα αρκετές φορές την ημέρα και κάθε ημέρα της εβδομάδας. Συνήθως, το άτομο θα πρέπει να εκτελεί τα θρησκευτικά του καθήκοντα εκεί που βρίσκεται. Οι δραστηριότητες αυτές πρέπει να γίνονται σεβαστές και να μπορούν να εκτελεστούν από όλο το προσωπικό του εργοστασίου. Συνήθως, όταν οι εγκαταστάσεις υδρογονανθράκων βρίσκονται σε περιοχές όπου ακολουθούνται τέτοιες πρακτικές, παρέχεται ειδική εγκατάσταση (π.χ. τέμενος). Κύριο μέλημα είναι οι εγκαταστάσεις του είδους να μην εμποδίζουν τη λειτουργία του εργοστασίου, να μην βρίσκονται κοντά σε επικίνδυνα σημεία και να προφυλάσσονται από εκρήξεις και πυρκαγιές. Συνήθως, βρίσκονται έξω ακριβώς από την περιφραξη και την κεντρική πύλη του εργοστασίου.

Βιβλιογραφία

- American Water Works Association (AWWA) 31, Distribution System Requirements for Fire Protection, First Edition, AWWA, Denver, CO, 2003.
- Anderson R., O., Fundamentals of the Petroleum Industry, University of Texas at Austin, Austin, TX., 1994.
- BHR Group Ltd, Management and Engineering of Fire Safety and Loss Prevention, Onshore and Offshore. Elsevier Applied Science, London, U.K., 1911.
- BHR Group Ltd., Fire Safety Engineering, “Modern Methods of Designing Fire and Gas Detection Systems”, BHRA, Cranfield, U.K. 2006.
- BHR Group Ltd., Fire Safety Engineering, “Modern Methods of Designing Fire and Gas Detection Systems”, BHRA, Cranfield, U.K., 2006.
- Bishop, D.N. Electrical Systems for Old and Gas Production Facilities, Second Edition, Instrument Society of America (ISA), Durham, NC, 1992.
- Chauvin, M.R. and Bourgoyne, Jr., A.T., An Experimental Study of Suppression of Obstructed Gas Well Blowout Fires Using Water Sprays, National Bureau of Standards (NBS), Center for Fire Research, Gaithersburg, MD, 2006.
- Coon, W., Fire Protection Design, Criteria, Options, Selection, R.S. Means, Kingston, MA., 2001.
- Coon, W., Fire Protection Design, Criteria, Options, Selection, R.S. Means, Kingston, 2002.
- Crawford, J., Offshore Installation Practice, Butterworths, London, U.K., 2004.
- Department of Energy (U.K.), Offshore Installations : Guidance on Life Saving Appliances, HMSO, London, U.K., 2005.
- Department of Energy, The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster, HMSO, London, U.K. 1998.
- Grouset, D. et. al., “BOSS : Blow Out Spool System”, Fire Safety Engineering, Second International Conference, pages 235 – 248, BHRA, Cranfield, UK., 2003.
- International Organization for Standardization (ISO), ISO 1503 : 1981, Ergonomic Principles of the Design of Work Systems, ISO, Geneva, Switzerland, 2000.
- Korver, W.O., Classifying Explosion – Prone Areas for the Petroleum, Chemical and Related Industries, Noyes Publications, Park Ridge, NJ, 2007.
- National Fire Protection Association (NFPA), Fire Protection Handbook, 17th Edition, NFPA, Quincy, MA, 2007.
- National Fire Protection Association (NFPA), Standard 221, Construction of Fire Walls and Barriers, Proposed Standard, NFPA, Quincy, MA, 2009.
- National Fire Protection Association (NFPA), NFPA 10, Portable Fire Extinguishers, NFPA, Quincy, MA, 2009.
- National Fire Protection Association (NFPA), NFPA 11, Low Expansion Foam and Combined Agent Systems, NFPA, Quincy, MA, 2009.

- National Fire Protection Association (NFPA), NFPA 11A, Medium and High Expansion Foam Systems, NFPA, Quincy, MA, 2007.
- Nolan, D.P., Application of Hazop and What – If Safety Reviews to the Petroleum, Petrochemical and Chemical Industries, Noyes Publications, Park Ridge, NJ, 1994.
- Paterson, T., Offshore Fire Safety, Penwell Publishing Company, Houston, TX, 2003.
- Schaeffer, M.J., “The Use of Combustible Detectors in Protecting Facilities from Flammable Hazards”, ISA Transactions, Vol. 20, No. 2, Instrument Society of America, Research Triangle Park, NJ, 2000.
- Sheet Metal and Air Conditioning Contractor’s National Association, Inc., (SMACNA), Fire, Smoke and Radiation Damper Installation Guide for HVAC Systems, Fourth Edition, SMACNA, Chantilly, VA, 2003.
- Stull, D. R., Fundamentals of Fire and Explosion, The Dow Chemical Company, AIChE, New York, NY, 2001.
- Tunkel, S.J., “Methods for Calculation of Fire and Explosion Hazards”, AIChI : Today Series, AIChE, New York, NY, 2004.
- Underwriter’s Laboratories Inc. (UL), UL 193, Alarm Valves for Fire Protection Service, Ninth Edition, UL, Northbrook, IL, 2003.
- Underwriter’s Laboratories Inc. (UL), UL 260, Dry Pipe, Deluge, and Pre – Action Valves for Fire Protection Service, Sixth Edition, UL, Northbrook, IL, 2004.
- Underwriter’s Laboratories Inc. (UL), UL, 262, Standard for Safety for Gate Valves for Fire Protection Service, Seventh Edition, U., Northbrook, IL, 2004.
- Underwriter’s Laboratories Inc. (UL), UL, 32, Standard for Safety for Check Valves for Fire Protection Service, Eighth Edition, U., Northbrook, IL, 2004.
- Underwriter’s Laboratories Inc. (UL), UL, 448, Standard for Safety for Pumps for Fire Protection Service, Seventh Edition, U., Northbrook, IL, 2003.
- Vervalin, Fire Protection Manual for Hydrocarbon Processing Plants, Gulf Publishing, Houston, TX, 2002.