МЕЃУНАРОДЕН СЛАВЈАНСКИ УНИВЕРЗИТЕТ

"ГАВРИЛО РОМАНОВИЧ ДЕРЖАВИН"

Факултет за безбедносно инженерство

МАГИСТЕРСКИ ТРУД

Интеграција на човечките и организационите фактори во моделот на проценка на ризикот и интегритетот на опремата под притисок

Ментор: **Кандидат:**

Проф.др Цветанка Митревска **Магдалена Јовановска**

Битола, 2021

Интеграција на човечките и организационите фактори во моделот на проценка на ризикот и интегритетот на опремата под притисок

Најголема и искрена благодарност би сакал да изразам кон оние кои ми помогнаа во текот на моето истражување на овој магистерски труд.

Посебна благодарност до мојот ментор Професор Др. Цветанка Митревска за моралната и стручна поддршка при реализирањето на овој проект за мене од големо значење , со голема посветеност, енергија и труд со единствена цел да биде презентиран на најдобар начин.

Abstract

Today, safety at work is a very important aspect of the business units of large companies around the world, but also of small companies that need to protect their workers in performing complex tasks. Pressure equipment needs to be understood as a source of serious dangers and it should be handled carefully and in compliance with all standards and safety assessments. The integration of human and organizational factors in the risk assessment model is very important because human and organizational factors can significantly contribute to the occurrence of safety risks in equipment management therefore a number of safety assessments and tests are implemented in order to guarantee safety and prevent adverse consequences.

Keywords: safety, equipment, pressure, management, assessment

Интеграција на човечките и организационите фактори во моделот на проценка на ризикот и интегритетот на опремата под притисок

Резюме

Сегодня безопасность на рабочем месте является очень важным аспектом для бизнес-единиц крупных компаний по всему миру, но также и для небольших компаний, которым необходимо защищать своих сотрудников при выполнении сложных задач. Оборудование, работающее под давлением, следует рассматривать как источник серьезных опасностей и с ним следует обращаться осторожно и в соответствии со всеми стандартами и оценками безопасности. Интеграция человеческих и организационных факторов в модель оценки рисков очень важна, потому что человеческие и организационные факторы могут значительно способствовать возникновению рисков для безопасности при управлении оборудованием, поэтому ряд оценки безопасности и испытания проводятся для того, чтобы гарантировать безопасность и предотвратить неблагоприятные последствия.

Ключевые слова: безопасность, оборудование, давление, управление, оценка.

Содржина

Abstract 3
Резюме 4
Вовед 7
1.Улогата на човечките и организациските фактори во индустриските несреќи со сериозни последици 8
1.1 Улогата на опремата под притисок во индустриските несреќи со сериозни последици 11
1.1.1 Човечки и организациски фактори во постојните модели и алатки за проценка на ризик 12
1.1.2 Техники за проценка на непосредна човечка грешка 14
1.1.3 . Алатка за проценка на човечките фактори во управувањето со несреќи со сериозни последици 15
1.1.4 Стандардот API 581 16
1.1.5 Европски директиви за проценка на ризикот 19
1.1.6 Упатства за високиот менаџмент во високо ризичните компании 21
1.1.7 Структурен интегритет во постојните модели и алатки на ризик 23
1.1.8 Проектот RIMAP 26
1.1.9 Интегритет на конструкција и механика на фрактура 27
2.Претходни истражувања на ова поле 37
2.1 Несреќата во фабриката „Eco“ во Лонгфорд 37
2.2 Експлозијата во рафинеријата на Британиш Петролеум (БП) во Тексас 40
2.3 Несреќи при работа со амониум нитрат 42
2.4 Несреќата на нафтната платформа Piper Alfa 44
2.5 Несреќа во фабриката за гасови PEMEX 46
2.6 Катастрофата со излевање на нафта „Макондо" 48
2.7 Несреќи поврзани со опрема која е произведена и проектирана по стандарди кои не се во употреба 50
2.8 Несреќата во рафинеријата Toskon 51
2.9 Анализа на моменталната состојба на индустриските несреќи со сериозни последици 53
3.Моделирање на човечките и организационите фактори во проценката на ризикот кај опремата под притисок 55
3.1 Фактор на интензитет на напонот-KI 57
3.2 Принцип на суперпозиција 59
3.3 Ирвинова метода 61
3.4 Користење на J-интегралот 63
3.5 Парисов модел 66
3.6 Моделирање на откажувањето на опремата под притисок 67
3.7 Локални пристапи и микромеханичко моделирање 68
3.8 Стандарди во моделирањето 73
4.Истражување 78
4.1 Резултати од статистичката постапка за обработка на собраните податоци 93
Заклучок 117
Користена литература 121
Прилози 125

Листа на слики:

Слика 1.....31
Слика 2.....64
Слика 3.....67
Слика 4.....105
Слика 5.....105
Слика 6.....111
Слика 7.....111
Слика 8.....115
Слика 9.....115
Слика 10.....116

Листа на табели:

Табела 1.....93
Табела 2.....94
Табела 3.....94
Табела 4.....94
Табела 5.....95
Табела 6.....97
Табела 7.....99
Табела 8.....101
Табела 9.....103
Табела 10.....107
Табела 11.....108
Табела 12.....109
Табела 13.....112
Табела 14.....114

.

Вовед

Денес, ниту една производна единица не може да замисли да замислува или

обработува некои материјали и да произведува готови производи или делови без сопствена лабораторија за тестирање на материјали. Да се обезбеди квалитетно производство и безбедност на употребата на конструкциите или работата на машината бара материјалот да се тестира. Тестирањето може да се изврши помеѓу одделни фази на технолошките процеси со цел да се избегнат трошоците за понатамошна обработка на материјалите ако во некоја претходна фаза е направена грешка во производствениот процес.

Овој процес ја претставува таканаречената контрола од средно ниво. Конечната контрола на квалитетот на производот мора да се изврши по сите технолошки операции во кои карактеристиките може да се променат. Тоа вклучува барем изведување на оние тестови што се утврдени со стандардните или техничките услови за испорака на предметниот материјал. Податоците за овие завршни тестови се внесуваат во сертификатот или другите документи при доставата на материјалот. Корисникот може да ја заснова употребата на овој материјал на овие тестови или да изврши проверка на квалитетот во нивните лаборатории. Без оглед како се добиваат резултатите од тестот, тие се основа за корисниците да подготват процес на понатамошна обработка или обработка на материјали или да послужат во конструкцијата или пресметките.

Испитувања на материјали се вршат во сите случаи на дефект на материјалите во функција со цел да се утврди неговата причина. Замената на оштетениот дел од машината или конструкцијата мора да се заснова на употреба на добро тестиран материјал, при почитување при избор на нов материјал, евентуално евентуална причина за откажување.

При замена, секој последователен третман на материјалот по тестирањето, како на пр виткање, намалување на дебелината, површина, греење на места и сл. со цел да се прилагоди делот за апликација (ова често се случува при одржување). Сите овие третмани можат на целото парче или на некои места да доведат до промена на својствата, или најчесто до влошување на својствата, што создава уште поголем ризик заменетиот дел да не трае приближно колку оригиналот.

Широкото тестирање се изведува во развој на нови материјали или технологии или во случај на потреба за проширување на местото на примена на постојните материјали. Собраните резултати од тестовите подолг временски период служат како основа за стандардизација на квалитетот на материјалот.

1.Улогата на човечките и организацискиите фактори во индустриските несреќи со сериозни последици

Заедничко за сите гореспоменати, постојните техники и модели на проценка на ризик, и воопшто за литературата поврзана со големи индустриски несреќи, е фокусот на техничките причини за несреќите.Секако, анализата на несреќите од минатото покажува дека техничките причини т.е. механичкиот интегритет на опремата е важен индикатор во несреќите и во таа смисла мора да се земе предвид при анализа на ризикот од ваквите системи.Сепак, подеталната анализа на секоја индивидуална несреќа појаснува дека во повеќето случаи не би имало откажување на опремата или последиците би биле значително помалку, доколку не постоела човечка грешка или пропуст од високото раководство, т.е. во организацијата на процесот.

Сепак во последниве години оваа тема стана попопуларна. Според истражувањата, најголемите индустриски несреќи покажале дека се предизвикани од една или повеќе човечки грешки. Човечката грешка стана широко прифатена како главна причина за несреќите со сериозни последици во широк спектар на индустриски сектори. Систематскиот пристап кон разгледување на улогата на човечкиот фактор во дизајнот, работните процеси и одржувањето на високо сложените системи може да доведе до подобрување на безбедноста и поефикасна оперативност.

Факт е дека, во претходните истражувања, индикаторите за човечки и организациски фактори не се доволно, соодветно или воопшто интегрирани во моделите за проценка на ризик. Како што е нагласено претходно во минатите истражувања, многу критики се упатуваат на ограничувањата поврзани со фактот дека методите за проценка на ризик не вклучуваат човечки и организациски фактори.

Оваа научна област е огромна и сè уште е недоволно истражена. Тука треба да се направи јасна разлика помеѓу неколку поими.Прво треба да се посочи разликата помеѓу човечкиот фактор и човечката грешка, а потоа и разликата помеѓу човечките и организацискиите фактори. Понекогаш може да изгледа наједноставно да се припише причината за несреќата веднаш на човечка грешка.[1]

1 Pasman, H. J. (2015). Risk Analysis and Control for Industrial Processes-Gas, Oil and Chemicals: A System

Сепак, пред сè, потребно е да се направи разлика помеѓу човечка грешка и човечки фактор, бидејќи овие два поими често се испреплетуваат во литературата и се користат како синоними, што не е точно. Моделите за човечка грешка се многубројни и се случува нивната основа значително да се разликува од модел до модел. Ова се покажа како прилично сложена тема во научните кругови.

Човечката грешка значи грешка или пропуст при непосредно извршување на задачите, како што е притискање на погрешно копче како команден или контролен орган, грешка при мерење или читање на покажувач, вметнување погрешна количина на работен материјал и слично. Човечката грешка може да биде намерна или случајна. Човечкиот фактор е многу поширок концепт од човечката грешка, а всушност човечката грешка сочинува само мал дел од неа.

Човечкиот фактор се однесува на факторите на животната средина, организацијата и самата работа, како и индивидуалните карактеристики, кои влијаат на однесувањето на луѓето на работа на начин што може да влијае на безбедноста, било лична или процедурална.

Со други зборови, човечките фактори се однесуваат на тоа што се бара од луѓето (задачи и нивни карактеристики), кој ќе го стори тоа (индивидуата и неговите карактеристики) и каде што се извршува задачата (организација и нејзините карактеристики), врз кои сите се засегнати социјалниот момент, и локален и национален.

Интервенциите врз човечките фактори нема да бидат ефективни доколку сите овие аспекти се разгледуваат изолирано. Секако, човековата акција може да има клучна улога во фазата на започнување, ублажување, ескалација и закрепнување на катастрофи, и затоа е потребно да се пристапи на оваа тема на сериозен начин.

Тука влегуваат во игра организациските фактори. Човечкиот и организацискиот фактор се концепти кои се релативно испреплетени, па можно е токму поради оваа причина, во литературата, понекогаш овие два концепта да се преклопуваат, а некогаш да се изучуваат целосно одделно едни од други.

Меѓутоа, при анализа на ризиците и влијанието на човечките и организациските

Perspective for Assessing and Avoiding Low-Probability, High-Consequence Events. Butterworth-Heinemann.

фактори врз нив, една од клучните работи е да се направи јасна разлика помеѓу овие два концепта. Имено, организациските фактори го вклучуваат и влијанието на човековото однесување врз ризикот, но тие се однесуваат исклучиво на однесувањата и постапките на луѓето од високиот менаџмент, кои преку активности за организациско управување во компанијата влијаат врз спроведувањето на задачите. [2]

Од друга страна, човечкиот фактор се однесува исклучиво на операторите кои не донесуваат одлуки во компанијата, туку извршуваат задачи.Тука влегуваат во игра организациските фактори. Човечкиот и организацискиот фактор се концепти кои се релативно испреплетени, па можно е токму поради оваа причина, во литературата, понекогаш овие два концепта да се преклопуваат, а некогаш да се изучуваат целосно одделно едни од други.

Меѓутоа, при анализа на ризиците и влијанието на човечките и организациските фактори врз нив, една од клучните работи е да се направи јасна разлика помеѓу овие два концепта. Имено, организациските фактори го вклучуваат и влијанието на човековото однесување врз ризикот, но тие се однесуваат исклучиво на однесувањата и постапките на луѓето од високиот менаџмент, кои преку активности за организациско управување во компанијата влијаат врз спроведувањето на задачите. Од друга страна, човечкиот фактор се однесува исклучиво на операторите кои не донесуваат одлуки во компанијата, туку извршуваат задачи.

Затоа е исклучително важно да се назначи главната одговорна личност од високото раководство за безбедност на процесот и да се третира како посебен проект со ист приоритет како и другите главни деловни активности на компанијата, но во критични ситуации станува апсолутен приоритет . Покрај тоа, врвниот менаџмент мора да биде информиран и заинтересиран за безбедноста, така што со целокупната атмосфера во компанијата се управува во соодветна насока, а со безбедноста мора да се управува на сите нивоа на управување во компанијата.

2 OECD. (2012). Corporate Governance for Process Safety: Guidance for senior leaders in high hazard industries.
http://www.oecd.org/env/ehs/chemicalaccidents/corporate%20governance%20for%20process%20safetycolour%20cover.pdf

Со оглед на горенаведеното, јасно е зошто мора да се издвојат организациските фактори на влијание од една страна, и човечките фактори од друга страна, но исто така и зошто е потребно да се стави во ист контекст и да се смета за целина. Затоа, една од главните теми и цели на оваа дисертација е развој на алатки за тестирање и квантификација на влијанието на човечките и организациските фактори врз ризикот при работењето на опремата под притисок, што може да се користи сам или во комбинација со постојните техники и системи за проценка на ризик.

1.1 Улогата на опремата под притисок во индустриските несреќи со сериозни последици

Повеќето процедури развиени за проценка на ризикот се однесуваат исклучиво на процесната индустрија и се фокусираат на опасни материи што се користат во процесната индустрија. На пр Директивите на СЕВЕСО се занимаваат исклучиво со спречување и контрола на големи индустриски несреќи со вклучено она што е претходно дефинирано како опасна материја. Причината е очигледна, со оглед на тоа што последиците од несреќи со опасни материи се многу поголеми отколку во другите случаи.

Всушност, првите постапки и закони поврзани со проценка и контрола на ризик беа воведени од нуклеарната индустрија, поради последиците од несреќи што се случија во нив. После тоа, само најголемите несреќи во историјата се случија во фабрики за процеси кои користат запаливи и опасни материи како што се Фликсборог во Англија во 1974 година, Севесо во 1976 и Бопал во 1984 година), така што понатамошниот развој на процедурите поврзани со ризикот продолжи прецизно во индустријата за процеси и остана фокусиран на опасни материи со кои се справува таму.

Сепак, овој пристап доведе до премногу фокусирање на супстанциите и техничките аспекти само на овие системи, додека во пракса се покажа дека во повеќето случаи се случуваат посериозни несреќи како резултат на откажување и работа на опремата под притисок што не е поврзана со опасните материи работено - што ќе се покаже преку студија на случај во рамките на оваа дисертација. Покрај тоа, дефектот на садовите под притисок, кои се составен дел од индустријата за процеси, се јавува и во други видови индустрија, каде

што, исто така, доведува до сериозни последици, затоа е потребно, во однос на безбедноста и ризикот на процесот, да се разгледа притисок опрема како целина и не само во рамките на одделните индустриски сектори.

Така на пр. Последиците од несреќи во мали и средни претпријатија и постројки, од различни гранки, исто така, доведуваат до смрт, големи финансиски загуби и честопати последици врз локалното опкружување, што треба да бидат вклучени како неопходен дел од истражувањето кога станува збор за безбедноста на процесите. Голема пречка за ова е фактот дека несреќите од помалите компании ретко се пријавуваат.[3]

Таквите компании не можат да вклучат методи за проценка на ризик, како што се API 581 и RIMAP, бидејќи тие се исклучително комплицирани стандарди, одземаат многу време и бараат многу финансиски средства и се многу тешки за имплементација и до тој степен што претставуваат предизвик за големите постројки и системи, и се практично неприменливи во случај на мали и средни претпријатија. Ова се однесува и на земјите од Европската унија, каде што има голем број мали и средни претпријатија во кои се користи опрема под притисок и во кои често се случуваат дефекти и се случуваат несреќи и сериозни загуби, од различни категории.

Промена на постојниот пристап при развој на методологии за проценка на ризик во процесот, што започнува од процесната индустрија и се занимава исклучиво со опасни материи, до пристап што ќе започне од опремата под притисок во кој било контекст и ќе ги земе предвид техничките и човечките аспекти и организациските фактори , може да доведе до посеопфатен пристап кон проценка на ризик и со тоа подобри резултати во оваа област.

1.1.1 Човечки и организациски фактори во постојните модели и алатки за проценка на ризик

Како што веќе споменавме, човечките и организациските фактори навистина се третираат во литературата од последните години на многу различни начини, па дури и под различни имиња. Беше нагласена потребата од јасно дефинирање на овие поими и

3 Fabiano, B., & Currò, F. (2012). From a survey on accidents in the downstream oil industry to the development of a detailed near-miss reporting system. Process Safety and Environmental Protection, 90(5), 357-367

систематско пристапување кон дадениот проблем. Сепак, за тоа да биде можно, прво е потребно да се направи анализа на постојните модели, насоки или пристапи кои се однесуваат на испитување на човечки или организациски фактори на кој било начин.

Последниот концепт што се појави за време на развојот на методите за спречување несреќи е т.н. безбедносна култура, која се појави одеднаш, како универзален лек во поглед на безбедноста при работа. Другите концепти произлегоа од овој концепт, како што се безбедносната клима и ставовите за безбедноста.

Овој концепт е сè уште тешко да се дефинира, и покрај фактот што многу истражувачи работат на тоа. Културата на безбедност не е изолирана структура, но произлегува од организациската култура и е прифатена од неа. Безбедносната клима се смета за видлива и мерлива, бидејќи културата е основната содржина на човековата мисла и акција.

Првично, подобриот дизајн и поквалитетните материјали најмногу придонесоа за подобра безбедност на процесот, а една деценија подоцна, фокусот се насочи кон човековото однесување и препознавање на влијанието што го има управувањето.[4]

Критичната улога на мудрото раководство и доброто управување во спречувањето на загуби стана многу јасна, често како резултат на претходни несреќи, бидејќи се покажа дека освен ако врвниот менаџмент на компанијата не ја сфати безбедноста сериозно и ги охрабрува своите вработени да се грижат за тоа , сите безбедносни мерки при работа местото ќе бидат без никаков ефект.

Затоа, ефективното лидерство е потребно на сите организациски нивоа, со цел да се создаде атмосфера на соодветна безбедносна култура.Безбедноста е нешто што мора да се управува и е одговорност на управувањето со линиите.Само менаџментот е средство за да се осигура дека луѓето работат заедно за да постигнат цел.

Основата на теоријата за безбедносна клима се заснова на ова. Постојат бројни трудови поврзани со оваа тема во кои беа развиени методи на истражување (прашалници за проценка на безбедносната клима - УОКБ) и беше направено објективно толкување на

4 Swuste, P., Theunissen, J., Schmitz, P., Reniers, G., & Blokland, P. (2016). Process safety indicators, a review of literature. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 40, 162-173.

нивните резултати, и тие се покажаа многу корисни, делумно затоа што беа верификувани со примена на статистички методи . Од друга страна, прашалниците за безбедносната култура ги опишуваат ставовите, убедувањата и перцепциите на вработените во врска со ризикот и безбедноста и се тесно поврзани со личната безбедност, што е значително различен концепт од безбедносната постапка, но може да се види како една од многуте области во рамките на процесот безбедност., што ќе биде случај во оваа дисертација.

На пример. Алатката за HSE ја опфаќа безбедносната клима како една од 10 теми што го опишуваат вкупниот човечки фактор поврзан со управување со сериозни несреќи и опасности поврзани со нив, не меѓу областите обележани како основни области (дефинирани како критични области во сите фабрики и локации) , отколку меѓу областите обележани како вообичаени. и се карактеризира како релевантен во голем број места, значи втор по важност.

Исто така, постои општ недостаток на врска помеѓу безбедносната клима и безбедносната култура, или со концептот на безбедност и управување со ризик, или со безбедносните перформанси. [5]

Следствено, прашалниците за проценка на безбедносната клима во компаниите кои работат со опрема под притисок, иако соодветно обработени, статистички проверени и проверени низ целата литература, опфаќаат само мал дел од поголемата слика. Проучувањето на овие прашалници може да биде исклучително корисно во однос на дефинирање на делот од прашањето што ќе го опише факторот на влијание што се однесува на личната безбедност.

1.1.2 Техники за проценка на непосредна човечка грешка

Најчесто користениот израз што вклучува техники развиени за проценка и предвидување на човечката грешка е анализата на човековата сигурност (HRA). Развиени се бројни техники, како што се HEAT, ATHEANA, HEART, ... од кои некои користеле фактор за обликување на перформанси (PSF). PSF е група на фактори кои влијаат на однесувањето на операторот како што се изгледот на работата, безбедносната култура, обука, експертиза, сложеност на задачите, напор, ... Со други зборови, кога ќе се идентификува човечка грешка, следниот чекор е да се утврди која факторите ја прават таа грешка помала или поверојатна.

5 Lees, F. (2012). Lees' Loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control. Butterworth-Heinemann.

Алатката HSE ги дефинира Факторите на влијание врз перформансите (PIFs) како карактеристики на луѓето, задачите и организациите што имаат влијание врз перформансите на луѓето, а со тоа и врз веројатноста за грешка од нивна страна. Овие вклучуваат временски притисок, замор, дизајн на контролен дисплеј и процедури за квалитет. Оценувањето и подобрувањето на PIF е главен пристап кон максимизирање на човечката сигурност и минимизирање на грешките. PIF ќе варираат во континуитет од практично најдобро до најлошо можно.

Ако сите PIF поврзани со одредена ситуација се оптимални, веројатноста за грешка е најмала. Литературата во врска со HRA анализата е обемна и оваа област е многу сложена, но и покрај тоа, недостасуваат објавени резултати од успешна примена на сите овие техники при анализа на ризиците поврзани со процесната индустрија и несреќи со сериозни последици. Исто така, овие техники не нудат официјален каузален модел на однесување на човекот, иако PSF може во некои случаи да вклучува фактори кои имплицитно или експлицитно го одразуваат влијанието на некои организациски и управувачки фактори врз човечката грешка.[6]

Конечно, иако постои популарно мислење дека несоодветното однесување на вработените е главната причина за несреќите на работното место, ова размислување е многу ограничено и покрај фактот дека, за разлика од прашалниците што ја испитуваат безбедносната клима, тоа не се однесува само на лична безбедност, туку и на безбедноста на процесо т.е го исклучува многу важното влијание на организацијата и управувањето со самата компанија и целиот поширок контекст на компанијата во која се случуваат проучените грешки.

6 Levinson, D. (2015). Regulating Ammonium Nitrate Fertilizer Under the General Duty Clause. Pace Envtl. L. Rev., 33, 53.

1.1.3 . Алатка за проценка на човечките фактори во управувањето со несреќи со сериозни последици

Во текот на 2005 година, HSE ја прифати важноста на човечкиот фактор во тешки несреќи, претежно во процесни и електрични централи, и формираше документ наречен Алатка за проценка на човечки фактори во управување со катастрофи со сериозни последици

Тие наведоа дека човечките фактори претставуваат релативно нова област во случај на поголем број компании. Недостатокот на јасно разбирање на проблемот значи дека компаниите обично не го земаат предвид човечкиот фактор при дефинирање на системот за управување со безбедноста (СМС). Алатката за HSE се состои од десет области, поделени според нивната специфичност и содржи од 7 прашања до 22 прашања.

На почетокот има упатство кое објаснува дека не е потребно да се користат сите области и сите прашања за секој случај на апликација, но потребно е лицето кое го спроведува прашалникот да процени што е соодветно за неговата ситуација.

Прашањата во прашалникот се добро формирани, а областите, т.е. темите според кои се подредени се соодветни. Сепак, постојат неколку големи недостатоци на оваа алатка. Прво, самите прашања, т.е. прашалникот не беше обработен со валидни статички методи. Второ, и веројатно како последица на недостаток на првата ставка, се повторуваат многу прашања. Трето, бројот на прашања е преголем. Четврто, доста е комплицирано да се користи оваа алатка, со оглед на нејзиниот обем, поделба на областите и оставање на корисникот да процени што е потребно за тоа, а што не. Последно, алатката е изработена пред 12 години, и ова е област која е нова и постојано се менува.

1.1.4 Стандардот API 581

Во рамките на процесната индустрија, најпознатиот стандард за проценка на ризик е API 581 развиен за пазарот во САД, и тој опфаќа и опрема под притисок и друга слична опрема. API 581 претставува препорачана практична примена на квантитативни процедури кои ќе воспостават соодветна програма за инспекција, користејќи методи базирани на ризик,

за стабилна опрема под притисок, која вклучува садови под притисок, цевки, резервоари, уреди за намалување на притисок и разменувачи на топлина.

Со помош на стандардите API 581, може да се развие програма за инспекција заснована врз ризик за опрема под притисок, петрохемиската и хемиската индустрија. Според стандардот API, пресметката на ризик може да се изврши квалитативно, полу-квантитативно и квантитативно. Квантитативните методи се многу сложени, сеопфатни, бараат обемни пресметки, пополнување табели и многу време.

АПИ-методологијата на инспекција заснована на ризик (RBI технологија) е претставена во три дела:

а) Дел 1 - Планирање на инспекција со употреба на RBI технологија API

б) Дел 2 - Одредување на веројатноста за неуспех користејќи го API за проценка на RBI

в) Дел 3 - Моделирање на последици во RBI API

Методите што се користат за дефинирање на планот за инспекција се претставени во Дел 1 за стабилна опрема. Граничните притисоци во ротирачката опрема исто така може да се проценат со употреба на Дел 1. Веројатноста за откажување на стабилната опрема е опфатена со Дел 2. Оваа веројатност се заснова на видот на компонентата и механизмите на оштетување што зависат од карактеристиките на работната течност, работните услови и материјалите од кои е направена компонентата. Дел 3 дава два методи за пресметување на последиците од неуспехот.

Првиот метод, т.н. Ниво 1, се заснова на раствор во затворена форма, што се создава за ограничен сет на референтни течности или групи на течности. Вториот метод, Ниво 2, е генерално поригорозен метод што може да се користи за кој било состав на течност.

Веројатноста за неуспех што се користи во RBI API се определува врз основа на следната равенка:

$$P_f(t) = gff \cdot D_f(t) \cdot F_{MS}$$

Веројатноста за неуспех, Pf (t) се одредува како производ на генеричката стапка на неуспех, gff, фактор на штета, Df (t) и фактор за управување со системот, FMS. Генеричката стапка на неуспех за различни типови компоненти се одредува врз основа на познати податоци за историјата на дефекти на ваквите компоненти во петрохемиската индустрија и рафинериите.

Факторот на штета се одредува врз основа на соодветни механизми за оштетување (локална и општа корозија, пукнатини, лази, итн.), Кои се поврзани со материјалите од кои се направени компонентите, како и природата на процесот, физичката состојба на компоненти и техники за тестирање пред кои беа измерени. штета. Факторот на штета ја модифицира стапката на генерички неуспех во индустријата и ја прави тесно поврзана со специфичната компонента што се анализира.

Факторот за управување со системот го зема предвид влијанието на управувањето со системот врз механичкиот интегритет на опремата. Овој фактор исто така ја зема предвид веројатноста за навремено откривање на загуба на носечки капацитет поради акумулација на штета и е директно пропорционален на квалитетот на програмата за механички интегритет во рамките на постројката. Овој фактор е изведен од резултатите од проценката на системот за управување со постројката или работните единици кои влијаат на ризикот.

Преку овој Систем за управување со фактори во стандардот API се зема предвид влијанието на организациските фактори врз ризикот. Како што нагласуваат во стандардот API, ефективноста на системот за управување со безбедноста на процесот во компанијата може да има изразено влијание врз механичкиот интегритет.

Постапката RBI API вклучува алатки за проценка на деловите од системот за управување кои најдиректно влијаат на веројатноста за дефект на компонентата. Оваа проценка се состои од низа интервјуа со управување со постројки, операции, инспекции, одржување, обуки итн.

Тука, тие го нагласуваат фактот дека важноста на ефективната проценка на системот за управување е одамна препознаена во спречувањето на неконтролирано ослободување на

опасни материи и одржување на интегритетот на компонентите на процесот. Проценката на системот за управување со користење на процедурата API се состои од поставување на голем број прашања, од кои многу се во делови. Секој можен одговор на секое прашање има одредена тежина, во зависност од соодветноста на одговорот и важноста на самото прашање.

Таквиот систем, според авторите на стандардот API, дава квантитативен резултат на евалуација на системот за управување, што може лесно да се репродуцира. Понатаму е објаснето дека бројот на прашања и ширината на областа опфатена со сите прашања дозволува да се прави разлика помеѓу системите за ПСМ со различна ефективност, но дека не постои општ резултат врз основа на кој договор може да се утврди со несогласување. Вредност од 1000 поени (добиена како максимална вредност при сумирање на соодветните точки на сите прашања) е еквивалентна на постигнување одлични резултати во однос на проблеми поврзани со ПСМ кои влијаат на механичкиот интегритет. Многу од анализираните проблеми може да бидат далеку над регулаторната усогласеност.

Сепак, опишаните табели со прашања за проценка за управување со системот во рамките на постапката API не означуваат дека тие ја поминале соодветната статистичка процедура за проценка и валидација. Исто така, не е објаснето како се дефинирани прашањата. Квантификацијата на самите одговори и на крајот добивањето на вкупниот фактор исто така не беше објаснето.

Понатаму, како што е нагласено во документот, целта на проценката на системот за управување не е да се измери целокупната усогласеност со стандардните препораки на API или препораките на OXCA, туку да се потенцира присуството на проблеми со механичкиот интегритет, што е најголемата област опфатена со ризик и повеќето други прашања.областите се тесно поврзани со механичкиот интегритет. Ова води кон некои други многу важни области погодени од системот за управување да бидат занемарени малку.

Колку и да е обемен и детален, стандардот API практично не зема предвид никаков човечки фактор. Всушност, единственото место каде што човечкиот фактор се споменува како поим во овој стандард е една од 13-те табели што се користат како дел од проценката на Системот за управување, што е вклучено во проценката на веројатноста за неуспех (табелата го поставува прашањето дали процесот го зеде предвид човечкиот фактор).

1.1.5 Европски директиви за проценка на ризикот

Ако ги споредиме практиките и стандардите во Европа и Америка на тема проценка на ризик и одржување засновано врз ризик, се забележува дека тие во суштина се многу слични, со тоа што американскиот стандард API 581 е посеопфатен и подобро замислен. Во европските стандарди, некои проблеми не се доволно разработени и често нема централен документ.

Врз основа на API 581 од американскиот стандард, проектот RIMAP беше лансиран во Европа во 2001 година. Проектот беше завршен во 2004 година, и како резултат даде 4 работни книги за специфични индустрии: петрохемиски, хемиски, челични и електрани.

Целта на овие работни листови беше да обезбедат конкретни упатства за тоа како да се примени инспекцијата заснована врз ризик во овие индустриски сектори. RIMAP е заеднички европски истражувачки проект за дефинирање на систематска постапка за управување со ризик преку идентификување и приоритет на активностите за инспекција и одржување.

Над 50 европски партнери учествуваа во проектот, со цел да се интегрираат и презентираат значителен дел од европската индустрија што учествуваше во развојот на насоки за донесување одлуки поврзани со ризик при одржување и планирање на инспекциите. Овие упатства треба да обезбедат техничка основа за европските стандарди во оваа област. Главниот резултат на RIMAP беше да се зголеми свесноста за инспекција заснована на ризик, чија главна улога е да обезбеди рамка врз основа на која може да се проценат подетални пристапи кон ризик.

Инспекцијата заснована на ризик, врз која се заснова проектот RIMAP, се дефинира како метод што го користи ризикот како основа за утврдување на приоритет на инспекции на компонентите на процесните постројки (резервоари, садови под притисок, реактори, разменувачи, цевководи ...) .

Во рамките на овој метод, истекувањето се смета за доминантен начин на откажување на опремата под притисок. Во повеќето постројки, најголемиот број потенцијални високи ризици се неуспешни концентрирани во релативно мал процент на компоненти.

Инспекцијата за управување со ризик служи за: одредување на приоритетни точки за инспекција; дефинирање на планови за одлука; проценка на влијанието на операциите врз интегритетот на опремата (интегритетот на конструкцијата подразбира нејзино непречено користење под услови за кои е дизајнирана); идентификување на критични точки кои носат ризик; утврдување на оптимално економско ниво на инспекција во согласност со можноста за намалување на ризикот; утврдување на прифатливо ниво на ризик.

Во Европа, катастрофална несреќа се случи во 1976 година во италијанскиот град Севесо, по што се појави потреба да се донесат законски мерки што ќе спречат и контролираат вакви несреќи, т.н. Севесо-директива, која се занимава исклучиво со спречување и контрола на високи индустриски ризици поврзани со опасни материи. Првата директива беше издадена во 1982 година (82/501 / ЕЗ), проследена со значителни подобрувања во 1996 година (96/82 / ЕЗ) и 2012 година (2012/18 / ЕУ).

Овие директиви бараат доставување на задоволителен извештај за безбедност пред издавањето на работна дозвола, во кој операторите покажуваат дека „сé што е потребно е направено за да се спречат сериозни несреќи“. Пријавување на сите инциденти е задолжително. Директивите, исто така, ги задржуваат одредбите што се однесуваат на планирање на употребата на земјиштето, домино ефекти и проверка. Имплементацијата на директивите од страна на голем број земји-членки на ЕУ е задолжителна, но може да доведе до значителни разлики во законодавството, бидејќи истите цели може да се постигнат на сосема различни начини

Сепак, и проектот RIMAP и директивата Севесо се многу слични на стандардот API 581 - претежно фокусирани на техничките причини за несреќи, тие се скапи и сложени и немаат елаборирани и статистички валидни алатки за проценка на влијанието на човечките и организациските фактори.

1.1.6 Упатства за високиот менаџмент во високо ризичните компании

Организацијата за економска соработка и развој (ОЕЦД) е организација составена од неколку влади, која вклучува претставници на 34 индустријализирани земји од Северна и

Јужна Америка, како и од Европа, Азија и Пацификот, заедно со претставници на Европските да ги координираат и усогласат своите политики, да дискутираат за заедничките проблеми и да работат заедно за нивно решавање.

Работата на ОЕЦД поврзана со управувањето со безбедноста на корпоративните процеси ја извршува Работната група за хемиски несреќи (WGCA). Програмата за хемиски несреќи работи на развој на општи принципи и упатства за политика за спречување несреќи во хемиската индустрија и анализа на проблеми од заеднички интерес и давање препораки за најдобра практика. Бидејќи општеството неодамна стана помалку толерантно кон катастрофи, а особено катастрофи што можат да се избегнат предизвикани од несоодветна контрола на ризикот, ОЕЦД издаде упатства преку упатство за висок менаџмент во високо ризични индустрии насочени кон балансирање на ризиците и придобивките, со привлекување на вниманието на најодговорните лица во индустријата со висок ризик.

Едноставните мерки наведени во упатството се препорачуваат и треба да ги разгледа секој директор или претседател на компанија чија работа вклучува сериозни ризици, за да можат самите да проверат за безбедноста. Усвојувањето на овие упатства, според авторите на упатството, и нивното спроведување во индустријата, ќе демонстрира силна посветеност на највисоките стандарди за безбедност на процесите, што ќе резултира со долгорочен одржлив развој. Што се однесува до областа на примена, упатствата нагласуваат дека иако тие се првенствено наменети за хемиската и петрохемиската индустрија, тие исто така ќе бидат корисни за секоја индустрија или организација која, поради природата на своето работење, стапува во контакт со опасни процеси или супстанции.број на луѓе или околина.

Што се однесува до целта, јасно е дефинирано дека овој водич е наменет за високи менаџери во хемиската и петрохемиската, како и други индустрии со висок ризик. Високи менаџери вклучуваат директори и претседатели, како и членови на одбори (извршни и неизвршни) и други високи вработени во организацијата, односно сите оние кои имаат можност да се осврнат на насоката во која ќе се развива безбедносната култура на компанијата. Исто така, се смета дека упатствата се од корист на акционерите кои инвестираат во индустрии со висок ризик, како и на регулаторите и другите засегнати страни. Водичот се состои од 5 области, т.е. 5 теми: активности, свесност за ризик, информации, компетенции, лидерство и култура, со голем број прашања од минимум 5 до максимум.

Како можни одговори на секое прашање, се нудат 3 опции: 1 = Да, јас лесно можам да го демонстрирам ова, 2 = не сум сигурен, ќе треба да дознаам, 3 = Не, мислам дека тука има пропуст. Како и во случајот со стандардниот прашалник за API, овие прашања не беа статистички адресирани. Меѓутоа, во овој случај, не се земени предвид човечката грешка и човечките фактори во поширока смисла, туку само влијанието на организациските фактори, бидејќи целиот прашалник е наменет за високи менаџери.

1.1.7 Структурен интегритет во постојните модели и алатки на ризик

Ова поглавје ќе ги опише релевантните модели за проценка на ризик, од кои некои веќе беа споменати во претходните поглавја, сепак, фокусот ќе биде тука на тоа како овие модели ја интегрираат областа на структурниот интегритет. Постојат голем број на различни пристапи базирани на ризик, како што се квантитативна проценка на ризик (QRA), инспекција заснована на ризик (RBI), инспекција и одржување заснована на ризик (RBMI), одржување засновано на сигурност (RCM), засновано на управување со животниот циклус за ризик (RBLM), или едноставно, управување засновано врз ризик (RBM). Овие методи се во напредна фаза на примена, особено кога станува збор за работа, проверка, одржување и управување со индустриските постројки.

Кога станува збор за здравјето, животната средина и заштитата на потрошувачите, некои методи базирани на ризик се презентирани и признати како сегашно законодавство. Националните власти започнаа да ги продолжуваат интервалите на инспекција во случај да се гарантира безбедност врз основа на проценка на ризик, која беше прифатена во 2005 година во Италија, Норвешка, Финска и Англија, а во меѓувреме во Шведска, Германија, Франција и земјите од Бемелукс.

Интегритетот на постројката треба да се обезбеди со дизајнирање и одржување на опремата. Тековните практики за инспекција и планирање на одржување претежно се базираат на традиционални правила отколку на оптимизирање на процедурите во кои се интегрирани мерките за управување со ризик.

Традиционално, практиката на проверка се заснова на искуство и одржувањето на системот е превентивно, додека во некои случаи сеуште се применува корективно одржување (каде реакцијата е само во случаи на дефекти). Ова има последица дека некои компании не спроведуваат доволна контрола, па се случуваат несреќи што можат реално да се избегнат,

додека други компании трошат прекумерни ресурси на непотребни контроли и инспекции.

Опремата за постројки е изложена на влошување и потенцијални дефекти за време на работниот век. Физички е невозможно и финансиски неприфатливо да се контролира секое парче опрема. Методологијата за одржување и инспекција заснована врз ризик (RBI) овозможува проценка на веројатноста и последиците од дефекти на опремата под притисок, со почесто проверувани делови со висок ризик, а поретко делови со низок ризик, што се разликува од традиционалниот план за одржување.

Примената на методи базирани на ризик може да се регулира или мотивира од различни можности за подобрување на целокупниот деловен систем. Во секој случај, врз основа на искуството со садовите под притисок, предностите и придобивките од примената на RBI / RCM во однос на контролата и одржувањето на системите за индустриски постројки можат да бидат следниве:

-Прецизно дефинирање на опасната зона за време на работата на централата во согласност со стандардите, упатствата и / или правилата

-Намалување на нивото на потенцијално опасни ситуации преку поефикасна и навремена контрола и одржување

-Намалување на трошоците за одржување врз основа на програми за контрола на оптимизација

-Намалување на бројот на непотребни исклучувања на постројките, како и општи ремонти во текот на работниот век

Според стандардот API 581, квалитативен пристап на RBI е наменет за:

- Набervationудување на единиците во дадена локација со цел да се избере нивото на потребната анализа,

-Проценка на нивото на ризик и нивно позиционирање во матрицата на ризик. Овој пристап бара помалку детали и значително повеќе време. Резултатите од оваа анализа не се точни, како и резултатите од квантитативната анализа, но овој метод дава основа за давање приоритет на програмата за инспекција заснована на ризик.

Интеграција на човечките и организационите фактори во моделот на проценка на ризикот и интегритетот на опремата под притисок

Како што веќе споменавме, целта на РБИ е да ја подобри ефикасноста на процесот на проверка и одржување заснована врз анализа на сите достапни податоци поврзани со опремата на единицата. Примената на методологијата RBI обезбедува добра основа за спроведување на рационален и ефективен механизам за донесување одлуки, кој, во исто време, го обезбедува потребното ниво на безбедност, бидејќи:

-Можно е да се идентификуваат најмногу и најмалку ризични системи или елементи на системот

-Дозволува развој на стратегија за намалување на ризик

- Може да се утврди што ќе се прегледува, кога и како ќе се изврши увидот

- Може да се утврдат основните барања поврзани со методите на инспекција

Основниот принцип на методологијата RBI е дека е потребно да се земат предвид веројатноста (PoF) и последиците од несреќата (CoF) на секоја опрема, а ризикот е дефиниран како производ на горенаведеното:

Ризик = PoF x CoF CoF ги вклучува последиците од можна штета на здравјето, животната средина, безбедноста и производството. Една од најдобрите утврдени методологии за проценка на ризик за садови под притисок е опишана во API 581.

Проценката на ризикот може да се изврши на различни нивоа, земајќи ги предвид различните детали и количината на податоци и се изведува во два чекора:

1. Фаза на квалитативен преглед - вклучувајќи голема количина опрема со цел да се идентификува критична. Се базира на RBI, ниво 1.

2. Квантитативна фаза ограничена на претходно избрани ставки

Квалитативната постапка RBI има три функции:

1. Разгледување на единиците во рамките на локацијата со цел да се избере нивото на потребната анализа и да се утврдат придобивките од идните анализи (квантитативна RBI или некои други техники)

2. Рангирање на нивото на ризик во рамките на единицата и доделување на нивната позиција во матрицата на ризик,

3. Идентификувајте области од потенцијален интерес за инсталацијата, што може да

биде корисно за подобрување на програмата за инспекција.

Квантитативниот RBI се заснова на низа пресметки за проценка на веројатноста и последиците од откажување на секое парче анализирана опрема. Производот на веројатност и последици обезбедуваат мерки за ризик во однос на соодветната опрема. Врз основа на пресметаните ризици, може да се користи список на приоритетна опрема за насочување на програмата за инспекција.

Резултатот од анализата заснована на ризик е категоријата ризик на опремата или нејзините компоненти, што може да биде претставена со матрица на ризик. Во тој случај, оптимизацијата на стратегијата за инспекција е секогаш повторувачки процес, кој ги менува усвоените интервали и техниките на инспекција, додека се исполнети критериумите.

1.1.8 Проектот RIMAP

Проект РИМАП Како што споменавме порано, главните производи / резултати од проектот РИМАП се европски упатства што го покриваат процесот РИМАП, во рамките на „Документот за РИМАП“. Овие се документи на високо ниво кои се засноваат на подетални документи кои содржат практични информации за тоа како да извршите одредени задачи (на пр. Веројатност за неуспех, последици од неуспех, ..).

Најмногу детални документи се т.н. „Работни книги за примена на RIMAP“ за одредени сектори и извештаи засновани на случаите во кои биле применети „Работни книги“. По примената на методологијата RIMAP во демонстрационите проекти, дојде до намалување на трошоците за одржување и инспекција и зголемување на продуктивноста, на пр. во петрохемија (10% пониски трошоци за одржување, 5% зголемување на производството.

Проектот RIMAP претставува значителна основа и техничка основа за заеднички европски пристап кон инспекција и одржување засновано врз ризик. Ова исто така ќе го олесни усогласувањето на европското законодавство во смисла на инспекција и одржување, што е многу важно за усвојување на европската практика на глобалниот пазар и зголемување на конкурентноста на европската индустрија.

Во текот на последните неколку децении, потребата за контрола на безбедноста на процесот дефинитивно се зголеми. Првично, најголемо внимание беше насочено кон

потенцијалните опасности - нивно идентификување и управување во смисла на земање предвид на техничките аспекти.

За ова беа користени методи како што се HAZOP, FTA, LOPA и тие се задржани во многу компании денес како основа за управување со безбедноста на процесите. Меѓутоа, како одминува времето, излегува дека овие основни техники не се доволни за да се спречат несреќи со сериозни последици. Анализата на ваквите несреќи, кои се случија во последниве години, покажува дека тие се резултат на комбинација на организациски проблеми, недоволно добри компетенции на вработените и технички причини (стареење на опремата).

Покрај тоа, денес бројот и сложеноста на различните системи се зголемуваат за многу кратки временски периоди, и колку повеќе се напредува во таа смисла, толку е поважно да се следи тој напредок со контролирање на безбедноста на процесот, т.е. станува се поочигледна потребата од нов пристап кон управувањето со оваа безбедност. Интеграцијата на различни модели за проценка на ризик и влијание на човечки и организациски фактори е слабо застапена во достапната литература воопшто.

Не постои универзално прифатена методологија за проценка на влијанието на човечките и / или организациските фактори врз ризикот при работењето на опремата под притисок. Сите овие техники и методи, без разлика дали се комплицирани или едноставни, повеќе или помалку ефикасни, се изучувани како области сами по себе, не се вклучени во процедурите за проценка на ризик или не се поврзани со индустриски несреќи со сериозни последици.

Земајќи ги предвид сите горенаведени, очигледно е дека имало потреба прво да се развие статистички валидна алатка за проценка на влијанието на човечките и организациските фактори врз ризикот од работа со опрема под притисок (опфаќајќи ги практично сите индустриски несреќи со сериозни последици) и тогаш таа ја интегрира оваа алатка во методологијата за проценка на ризик, која ќе биде едноставна и достапна за употреба, и финансиски и временски.

1.1.9 Интегритет на конструкција и механика на фрактура

Механиката за фрактури е научна дисциплина која се занимава со проблемите на пукнатини што се јавуваат во материјалите и конструкциите и начинот на кој тие влијаат на

целата структура. Првите дела на оваа тема се појавија на почетокот на дваесеттиот век, во кои беа опишани концентрацијата на стрес во материјалот и стапката на ослободување на енергија, а по неколку децении, факторот на интензитет на стресот беше воведен и критичен беа дефинирани вредностите на овој напон. Тогаш, механиката на фрактури доживеа експанзија, бидејќи во пракса успеа да објасни многу нејасни настани во тоа време, како што се фрактурите на бродовите од типот Либерти и авионите од типот Комета.

Понатамошен развој на оваа научна дисциплина вклучуваше нејзино проширување до еласто-пластичната област на анализа на пластичната зона пред врвот на пукнатината и воведување на соодветни параметри - отворање на пукнатина и интегрални структури на J, вклучувајќи геометрија на пукнатина, а од друга страна својството на материјалот, односно неговата отпорност на раст на пукнатините. Ако ова е внимателно анализирана примената на оваа научна област, може да се заклучи дека механиката за фрактури е всушност моќна алатка за инженерите чија задача е да спречат фрактура.

Од големо значење за развојот на пукнатините и појавата на фрактури е распределбата на стресот во близина на врвот на пукнатината. Земајќи го предвид зголемувањето на должината на пукнатината за постепено мала големина да, откриено е дека пукнатината ќе расте нестабилна ако се ослободи потенцијалната енергија, -d□, барем еднаква на работата потребна за формирање на нови површини на пукнатина , dWs:

$$-\frac{d\Pi}{da} = \frac{dW_S}{da}.$$

Ако, од една страна, се претпоставува дека работата, dWS, е еднаква на единицата на површинската енергија, □S, помножена со соодветната површина, dA = 4Bda или dWs = 4Bda□S, а од друга страна, се применува анализа на напон, може да се покаже дека потенцијалната енергија на плочата е:

$$П = П_0 - \frac{\pi\sigma^2 a^2 B}{E},$$

каде што П0 е потенцијална енергија на плочката без пукнатини. Врз основа на ова, потенцијалниот енергетски прираст d□ може да се изрази како:

$$dП = -\frac{\pi\sigma^2 2adaB}{E}$$

Со намалување на зголемувањето на потенцијалната енергија, d□ и работа, dWs, до зголемувањето на должината на пукнатината da, и примена на критериумот на Грифит за нестабилен раст на пукнатината, добиваме:

$$\frac{\pi\sigma^2 a}{E} = 2\gamma_S .$$

Левата страна на изразот претставува стапка на ослободување на енергија, а десната страна претставува отпорност на материјалот до нестабилен раст на пукнатината.

Стапката на ослободување на енергија, означена со G во делот Грифит, исто така се нарекува сила на раст на пукнатината и претставува оптоварување и геометрија на телото, вклучувајќи ја и геометријата на пукнатината, додека отпорноста на материјалот до раст на пукнатината е нејзината критична вредност, што е својство на материјалот под одредени услови. Затоа, равенката може да се напише и во форма:

$$G = G_c.$$

Врз основа на двата горенаведени изрази, се доби стресот потребен за нестабилен раст на пукнатината, т.е. за фрактура на кршливи плочи:

$$\sigma_c = \left(\frac{2E\gamma_S}{\pi a} \right)^{1/2}.$$

Теоријата на Грифит дава добро објаснување за јачината на кршливите материјали, но неговата примена на метални материјали бара соодветни модификации, поради нејзината занемарлива пластичност. Ирвин покажа дека критичната вредност на напонот може да се изрази како:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{EG_c}{\pi a}},$$

каде што Gc е многу повисок од површинската енергија на материјалот 2□C. Ирвин исто така заклучи дека значителна енергија се троши на развој на пластична деформација околу врвот на пукнатината, што ја прави вкупната енергија на фрактурата значително поголема од енергијата на површината на 2 energijeC.

Работата (енергијата) на пластична деформација, како и површинската енергија, ја карактеризираат отпорноста на материјалот до фрактура, без оглед на почетната должина на пукнатината. Сепак, равенките на линеарната механика на еластична фрактура можат да се користат под услов областа на пластична деформација да биде многу мала во споредба со должината на пукнатината и ширината на плочата. Така, критериумот за кршливост на фрактура на Грифит е продолжен со воведување на енергијата потребна за работа на пластичната деформација □p што му претходи на нестабилниот развој на пукнатина, како што следува:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{E(2\gamma_S + \gamma_p)}{\pi a}}.$$

Кога □p + 2□S е многу поголем од 2□S, приближно:

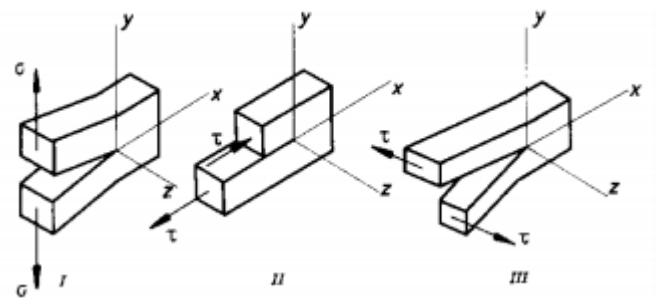
$$\sigma_c \cong \sqrt{\frac{E\gamma_p}{\pi a}}.$$

Критериумите на кршлива или квази кршлива фрактура се засноваат на глобален

пристап и не можат да се применат при анализата на локалното однесување.

Затоа, понатамошниот развој на механиката за фрактури беше фокусиран на анализата на стресот околу врвот на пукнатината и воведувањето на соодветни локални параметри во областа на линеарната еластичност.

Однесувањето на пукнатината под различни состојби на стрес, т.е. оптоварувања, е опишано преку три основни форми како што е прикажано на слика 1:



Слика 1.Основни форми на развој на пукнатини и формирање на површина на фрактури

-Форма 1 - разделување - симетрично отворање на површини на пукнатини - затегнувачки напон.

-Форма 2 - лизгање на површини на пукнатини во иста рамнина - стрес на смолкнување □. □

-Форма 3- смолкнување на површините на пукнатините во различни рамнини - стрес на смолкнување □

Најопасни фрактури се сметаат оние што се јавуваат со разделување (форма I), односно со отворање на пукнатина под дејство на стрес на истегнување. Неопходно е да се знае состојбата на напон околу врвот на пукнатината, што за одредени конфигурации може да

се изрази во затворена форма, ако однесувањето на материјалот е изотропно и линеарно еластично:

$$\sigma_{ij} = \left(\frac{k}{\sqrt{r}}\right) f_{ij}(\theta) + \sum_{m=0}^{\infty} A_m r^{\frac{m}{2}} g_{ij}^{(m)}(\theta),$$

каде □ij се компоненти на тензорот на напон, r и □ се поларните координати, k е константа, а fij е бездимензионална функција на. Членовите од повисок ред зависат од геометријата, но решението за која било конфигурација содржи термин пропорционален на 1 / √. Кога r□0, овој термин има тенденција до бесконечност, додека другите термини ги задржуваат конечните вредности или се приближуваат до нула. Затоа, стресот во близина на врвот на пукнатината се менува од 1 / √ ?, Без оглед на обликот на телото, што претставува стрес-сингуларност.

За сите три типа на оптоварување, напонот околу врвот на пукнатината е пропорционален на изразот 1 / √?, Додека константата на пропорционалност k и функцијата fij зависат од видот на оптоварувањето. Ако константата k е заменета со факторот на интензитет на стресот, K (K = k□2□), што е означено со KI, KII или KIII за различни типови на оптоварувања, добиваме:

$$\lim_{r\to 0} \sigma_{ij}^{(I)} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}^{(I)}(\theta), \quad \lim_{r\to 0} \sigma_{ij}^{(II)} = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}^{(II)}(\theta), \quad \lim_{r\to 0} \sigma_{ij}^{(III)} = \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}^{(III)}(\theta).$$

Во случај на оптоварување од типот I по насоката □ = 0, напонските компоненти во насоките x и y се:

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}},$$

додека стресот на смолкнување е еднаков на нула, што значи дека рамнината на

пукнатината е главната рамнина и нето оптоварувањето е од типот I. Факторите на интензитет на стресот се пропорционални на напрегањата околу врвот на пукнатината, така што тие дефинираат напон, деформација и поместување околу врвот на пукнатината. Линеарно еластичниот напон околу врвот на пукнатината мора да биде пропорционален на далечинскиот напон, затоа се применува KI□□.[7]

Според равенката, единицата за факторот на интензитет на напон е MPa√mm. Како и во разгледуваните проблеми, големината, т.е. должината на пукнатината, е единствената важна геометриска величина, односот помеѓу КИ и далечинскиот напон мора да биде од форма:

$$K_I = O\left(\sigma\sqrt{a}\right).$$

Кога се појавува пластична зона со значителна големина во областа на врвот на пукнатината, веќе не е можно да се опише полето на напрегање и напрегање со недвосмислен параметар, затоа е потребно да се воведат параметри кои не се ограничени со линеарно еластично однесување на материјалот, како што се отворање на врвот на пукнатината (CTOD) и интеграл J.

При мерење на KIc во структурни челици, забележано е дека површините на пукнатината се раздвојуваат пред фрактурата и дека пластичната деформација го замаглува остриот врв на пукнатината и дека тапината на врвот на пукнатината расте пропорционално на цврстината на материјалот. Потоа беше предложен отворот на врвот на пукнатината како начин да се измери цврстината на фрактурата на материјалот во овие случаи. Без оглед на искуствениот карактер на CTOD, тој најде одлична примена поради едноставноста на нејзината примена и добрите резултати добиени со таа апликација.

Во областа на релативно слаб проток, може да се воспостави врска помеѓу CTOD и KI. При анализа на пукнатина со мала пластична зона пред врвот (Слика 1.4 °), се претпоставува дека таквата пукнатина се однесува исто како пукнатина со остар врв, но малку подолга, + p

7 Marhavilas, P. K., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24(5), 477-523.

(каде што ry е примената равенката на Ирвин за корекција).

Така, CTOD е поврзан со CI, но предложениот модел е премногу поедноставен. Моделот на ленти за принос дава пореални и применливи резултати. Основниот концепт на овој модел е ист како кај Ирвин, но влијанието на пластичната зона се зема предвид не само со зголемување на должината на пукнатината, туку и со дејството на компресивните напрегања на нивото на стрес на принос.

Со примена на моделот на лента за принос, се добива следново:

$$\delta_t = \frac{8\sigma_{YS}a}{\pi E} ln\, sec\left(\frac{\pi}{2}\frac{\sigma}{\sigma_{YS}}\right) = \frac{K_I^2}{\sigma_{YS}E}\left[1+\frac{1}{6}\left(\frac{\pi}{2}\frac{\sigma}{\sigma_{YS}}\right)^2+\ldots\right],$$

каде ln се развива по ред. Ако се задржи само првиот член на нарачката, се добива изразот:

$$\delta_t = \frac{K_I^2}{\sigma_{YS}E} = \frac{G}{\sigma_{YS}},$$

што се разликува од претходната равенка за 28%. Бидејќи моделот на Дагдејл е валиден за RSN и идеално пластичен материјал (без засилување), корекцијата на равенката е неопходна за различни услови:

$$\delta_t = \frac{K_I^2}{m\sigma_{YS}E} = \frac{G}{m\sigma_{YS}},$$

Кога структурата е направена од цврсти материјали, таа не е предмет на кршлива фрактура. Сепак, поради прекумерно оптеретување, фрактура или колапс од пластика -

пластика може да се скрши, а потребен е поопшт пристап за да се анализира овој вид на фрактура. Така, беше воведен концептот на дијаграм за анализа на фрактури (FAD), со два критериуми за фрактури кои ќе покажат заемно влијание на кршлива фрактура и пластичен колапс. Првично, според Дагдејл, бил користен модифициран модел на подвижна лента.[8]

Според неговиот модел, се забележува тело со пукнатина во должина 2a, натоварено со затегнувачки напон (. Се претпоставува дека телото има мала дебелина во однос на другите димензии, т.е. дека е во PCH и за материјалот деформацијата се протега од врвот на пукнатината на растојание од двете страни на пукнатината).[9]

Основната идеја на овој модел е да се изедначи факторот на интензитет на напрегање за тело со пукнатина во должина a + и фактор на интензитет на стрес од силите на затворање (напон на принос во пластичната зона) за да се добие зависноста помеѓу, а и , како што е прикажано во равенката:

$$\sigma\sqrt{\pi(a+\rho)} = \frac{2\sigma_{YS}}{\sqrt{\pi}}\sqrt{a+\rho}\arccos\left(\frac{a}{a+\rho}\right) \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{a}{a+\rho}\right) = \cos\left(\frac{\pi\sigma}{2\sigma_{YS}}\right).$$

Користејќи го изразот за да се утврди поместувањето на горниот дел од почетната пукнатина, се добива отворот на врвот на пукнатината - :

$$\delta = \frac{8}{\pi}\frac{\sigma_{YS}\,a}{E}\ln\left[\sec\left(\frac{\pi\sigma}{2\sigma_{YS}}\right)\right].$$

Понатаму, земајќи ја предвид равенката Keff = YS, што важи за RSN и идеална пластичност, добиваме:

8 Hubbard, D. W. (2009). The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it. John Wiley & Sons.

9 Wilson, L., McCutcheon, D., & Buchanan, M. (2003). Industrial safety and risk management. University of Alberta.

$$K_{eff} = \sigma_{YS}\sqrt{\pi a}\left[\frac{8}{\pi^2}\ln\sec\frac{\pi}{2}\frac{\sigma}{\sigma_{YS}}\right]^{1/2}$$

Равенката го дефинира ефективниот фактор на интензитет на стрес за пробиена пукнатина во бесконечна плоча, според моделот на лента за проток. Може да се прилагоди на реалните структури со замена на приносот на принос □YS со напрегање на колапс □C (што, покрај материјалот, зависи и од геометријата на конструкцијата, вклучувајќи ја и пукнатината). Така, се постигнува моделот на лента за проток да може да предвиди фрактура кога напонот ќе се приближи до вредноста на напонот на приносот.

Кога структурата е подложена на затегнувачки напон, фрактурата се јавува кога 'мрежниот' стрес во некој пресек ја достигнува јачината на принос на материјалот. Следниот чекор во модификацијата на FAD дијаграмот (т.е. прилагодување на претходната равенка на реални конструкции) е да се изрази ефективниот фактор на интензитет на стресот во бездимензионална форма, Кеф / КИ:

$$\frac{K_{eff}}{K_I} = \frac{\sigma_c}{\sigma}\left[\frac{8}{\pi^2}\ln\sec\frac{\pi}{2}\frac{\sigma}{\sigma_c}\right]^{1/2}$$

каде KI = □□□a, што ја елиминира геометриската зависност на моделот на проточна лента. Како последен чекор, дефинирани се бездимензионални променливи, Sr = □ / □c и Kr = KI / Keff, кои ги претставуваат абсцисата и ординатата во FAD, а претходната равенка станува:

$$K_r = S_r\left[\frac{8}{\pi^2}\ln\sec\left(\frac{\pi}{2}S_r\right)\right]^{-1/2}$$

Со целосно тврд материјал, структурата е скршена од механизмот на пластичен колапс, а потоа Sr = 1. За целосно кршлив материјал Kr = 1. Во сите други случаи, постои интеракција помеѓу пластичен колапс и кршлива фрактура, така што Kr и Sr се помалку од 1, а паровите со соодветните вредности ја формираат граничната крива.

Сите точки лоцирани во рамките на граничната крива на дијаграмот се сметаат безбедни од фрактура, додека точките надвор од линијата се сметаат за небезбедни.За да се утврди значењето на одредена деформација во структурата, мора да се одредат вредностите на применетите Kr и σr и на дијаграмот да се нацрта точка.[10]

2.Претходни истражувања на ова поле

2.1 Несреќата во фабриката „Eco“ во Лонгфорд

Во септември 1998 година избувна катастрофален пожар во фабрика за бензин во Лонгфорд, Викторија, Австралија. Две лица беа убиени, а снабдувањето со гас беше прекинато за две недели, што доведе до хаос во индустријата и значителни потешкотии за домаќинствата зависни од гас. Пожарот бил предизвикан од откажување на системот на таканаречената „посно масло“, што довело до интензивно ладење на разменувачот на топлина, по што разменувачот станал кршлив.

При обидот на работниците да го овозможат системот со истурање на топла течност во разменувачот, садот се скрши и се испушти голема количина на гас, кој стапи во контакт со изворот на палење и експлодираше. Иако директните причини за експлозијата беа поврзани со работната сила и инженерските проблеми, во првите испитувања на несреќата, за ова се обвини раководството на компанијата Eco. Компанијата се бранеше тврдејќи дека работниците и нивните претпоставени требало да знаат дека повторното вметнување на топла течност може да доведе до фрактура.

10 Wu, W. (2010). An application of human factors analysis and classificationi system to identify organizational factors in maritime accidents

Компанијата исто така тврди дека работниците биле обучени за овој вид на проблем и како доказ обезбедиле документација од обуката на еден од работниците. Сепак, Комисијата што ја спроведе истрагата сметаше дека фактот дека никој од дежурните вработени во тоа време не разбираше колку всушност е опасна ситуацијата, укажува на систематски неуспех во обуката на работниците.

Дури и директорот на фабриката, кој бил отсутен за време на несреќата, не ја разбирал целосно опасноста од кршење на ладен кршлив метал. Подлабока анализа покажа дека компанијата воопшто не го спроведе процесот на идентификација на критичната опасност, што е индустриски стандард (HAZOP). Ова значи дека никој никогаш не утврдил опасност од можност за ладна кршлива фрактура во системите „посно масло“, ниту пак направил план за акција во случај тоа да се случи. Есо спроведе целосна ревизија на системот за управување една година пред експлозијата, при што не беше идентификуван проблем што последователно доведе до несреќата, дури ниту ХАЗОП не беше имплементиран.[11]

Четири месеци пред несреќата, направена е внатрешна ревизија, што исто така покажа многу добри резултати. Во исто време, Есо интензивно ја следел личната безбедност преку бројот на денови на отсуство од работа каде постигнале совршен резултат. Сепак, целосниот фокус само на овој аспект на безбедноста - кој паѓа исклучиво на личната безбедност, доведе до целосно занемарување на процедуралното обезбедување.

Есо имаше направено елаборат систем за пријавување на инциденти што подоцна беше неуспешно имплементиран пред несреќата. Менаџерот ги читаше извештаите на дневна основа и имаше јасен протокол за постапките што треба да се следат. Во пракса, нарушувањата на процесите не се сметаа за инциденти (што се случија или може да се појават), и затоа не беа пријавени, иако требаше да бидат.

Дури и нарушувањата на процесите што беа доволно сериозни да доведат до привремено исклучување на фабриката беа изоставени од овој систем за известување. Наместо тоа, Есо ги користеше овие системи за примарно да известува за повреди или инциденти што имаа потенцијал да доведат до повреда на индивидуа. На овој начин, нивниот

11 Hopkins, A. (2000). Lessons from Esso's Gas Plant Explosion at Longford. In Lessons From Disasters: Seminar Notes (p. 17). Institution of Engineers, Australia

систем за известување беше трансформиран во алатка за одредување на изгубеното време на повредите, со што систематски се девалвираше вредноста на ваквите извештаи.

Во анализата на овој настан, се поставуваат голем број оправдани прашања. Работниците во Лонгфорд не беа во право, но дали оваа несреќава беше само нивна вина? Комисијата утврди дека не е. Есо тврдеше дека вработените поминале обука. Бидејќи тоа е вистина, тогаш како е можно да не знаеле што да прават? Имаше низа суштински причини за пропусти во обуката. На работниците им беа дадени писмени тестови за кои можеа да запомнат одговори.

Резултатите од овие тестови беа искористени за одредување на класификацијата на работните места и нивото на плата. Значи, секако постоеше мотив правилно да се одговори на прашањата. Но, давањето точни писмени одговори не мора да укажува на нивото на експертиза. Постоеше можност да се дадат точни одговори на сите прашања, но без да се разбере суштината на самите одговори. Еден од работниците признал дека да им се дадат одговори што тие самите не ги разбрале е „воспоставена пракса“.

Есо ги пресели сите свои инженери од Лонгфорд во нивното седиште во Мелбурн неколку години пред несреќата, за да управуваат од далечина како „група за надзор на фабриката“. Сепак, тие не забележаа или реагираа на фреквенцијата на сигнали заради нарушувања во процесот и не ја препознаа опасноста работниците да се навикнати да работат во режим на тревога. Комуникацијата помеѓу менаџерот и операторот очигледно не постоеше, а камоли да беше на доволно добро ниво.[12]

Сумирајќи, лекциите што може да се извлечат од анализата на несреќата во фабриката Есо се следниве:

1.Работничките грешки не можат да бидат единственото објаснување за катастрофалните несреќи.

12 Barnett, R. (2006). The Esso Gas Plant Explosion.

2.Систематското идентификување на опасноста е клучно за спречување несреќи.

3.Ревизијата мора да биде доволно темелна за да ги идентификува сите слабости и да го обезбеди нивниот приоритет при нивно решавање.

4.При проценка на безбедносната состојба во компанијата, потпирањето единствено на податоците за изгубеното време поради повредите во индустријата е само по себе сериозна опасност.

5.Добри системи за известување мора да дефинираат знаци на предупредување. Тие мора да обезбедат повратни информации за новинарите, како и можност за нив да ги коментираат овие информации.

6.Алармните системи мора внимателно да се дизајнираат за да спречат забележување на знаци на проблеми како нормално.

7.Вишото раководство мора да прифати одговорност за управување со опасни процеси.[13]

2.2 Експлозијата во рафинеријата на Британ Петролеум (БП) во Тексас

Експлозијата во рафинеријата БП во Тексас се случи во март 2005 година, кога облак од јаглеводороди испари во рафинеријата, при што загинаа 15 работници и беа повредени повеќе од 170 лица. Рафинеријата во Тексас е трета по големина рафинерија во САД. Извештаите од БП, како и од Комитетот на САД за хемиска безбедност и тестирање на опасност, идентификуваа голем број технички и организациски недостатоци во работењето на рафинеријата и во рамките на корпорацијата БП.

Експлозијата настанала како резултат на преполнување на колоната за дестилација

13 Christou, M., & Konstantinidou, M. (2012). Safety of offshore oil and gas operations: Lessons from past accident analysis. Joint Research Centre of the European Commission, 1-60.

(сепаратор за рафинат). Покрај многуте грешки и недостатоци, како што се низа недоразбирања во комуникацијата, забележана е и очигледна грешка во знаењето кај вработените за работните процеси во кои тие работеле.

При стартување, во согласност со постапката, работникот треба да го наполни долниот дел од колоната до вредност од 50% од отчитувањето на сензорот за нивото на течноста, и само после тоа да започне со пумпање и загревање на долниот котел. Сепак, работниците рутински го преполнија столбот (рутинско кршење на постапката), бидејќи во спротивно, нивото може да падне премногу за време на прекинувањето на започнувањето. Стаклото на столбот беше валкано внатре и затоа не беше можно да се прочита нивото. Вработениот кој ја презеде функцијата не беше свесен за обвинението од претходната смена во времето кога го затвори вентилот за контрола на нивото.

Од двата аларми на високо ниво, едниот звучеше 72% за време на претходната смена, додека другиот не се огласи дури и на ниво од 99%. Грешки предизвикани од незнаење се јавуваат кога работникот нема искуство во врска со безбедноста на процесот, што резултира во заблуда за абнормалната состојба. Работниците кои се наоѓаат во такви ситуации честопати само ја влошуваат ситуацијата обидувајќи се да ја поправат.

Во извештајот за БП, Одборот детално ја испитал несреќата и ги издвоил најважните причини. Додека БП ја следеше целта „да не се случуваат несреќи и да нема последици врз луѓето“, тие не обезбедија соодветно водство за да обезбедат дека раководството и работната сила во рафинериите на САД разбираат што се очекува од нив во однос на безбедноста на процесите. БП погрешно го протолкуваше намалувањето на фреквенцијата на повредите како индикација за прифатливо ниво на безбедност на процесите во рафинериите.[14]

Потпирањето на БП на овие податоци, во комбинација со несоодветно разбирање на безбедноста на процесот, доведе до создавање на лажно чувство на безбедност во врска со правилното управување со безбедносните ризици во процесот. Понатамошната анализа заклучи дека позитивната и отворена атмосфера на доверба не е воспоставена во рафинеријата во Тексас, со ефективни линии за комуникација помеѓу раководството и работниците.

14 National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill. (2011). Deep water: the Gulf oil disaster and the future of offshore drilling (p. 398). Perseus Distribution Digital.

И покрај присуството на бројни вработени на сите нивоа на организацијата задолжена за безбедноста на процесите, БП не имаат назначен, висок лидер. област. Покрај тоа, работниците задолжени за ракување и одржување во рамките на петте БП на овие рафинерии понекогаш работеа далеку подолго од предвиденото, што може негативно да влијае на безбедноста на нивната работа и со тоа да го зголеми ризикот од процеси, т.е. намалена безбедност на процесот.

БП не ги дефинираше ефикасно потребните нивоа на експертиза за безбедност во процесот и знаење што мораа да ги поседуваат извршните менаџери и раководните лица на ниво над рафинеријата. Информациите прегледани од Одборот посочија дека обуката за безбедност на процесот треба да биде поригорозна, сеопфатна и интегрирана. Иако тие вложија значителни напори да ги откријат и поправат недостатоците, тие понекогаш не реагираа доволно брзо на идентификуваните недостатоци за време на проценатa на ризикот за безбедност, како и за време на ревизиите и инспекциите.

Извештајот на Одборот, на пример, откри дека ревизиите честопати се повторуваат во рафинериите на БП, што доведува до заклучок дека вистинските причини за настанатите проблеми не биле идентификувани и санирани. И покрај фактот дека БП редовно извршува разни проценки, инспекции и ревизии во рамките на компанијата, активностите што требаше да се преземат по овие инспекции обично беа отсутни.

Недостатокот на соодветни активности за следење ја загрозува ефективноста и на најдобрите програми за ревизија. Управниот одбор на БП ја следеше безбедноста на процесот за време на работењето во рамките на БП, врз основа на информациите што им ги дадоа членовите на корпоративниот менаџмент. Очигледно, постоеше голема разлика помеѓу објективната реалност во однос на реалното работење на системите за управување со безбедноста на процесот на перформанси во процесите и информираноста на врвниот менаџмент.[15]

2.3 Несреќи при работа со амониум нитрат

Во април 2013 година, се случи експлозија во фабрика за ѓубрива базирана на амониум

15 Baker, J., Bowman, F. L., Erwin, G., Gorton, S., Hendershot, D., Leveson, N., ... & Wilson, L. (2007). The report of the BP US refineries independent safety review panel. BP US Refineries Independent Safety Review Panel.

нитрат во Западен Тексас, во која загинаа 14 лица, а неколку стотици беа повредени. Експлозијата уништи цела помала заедница, уништувајќи скоро 200 домови, три блиски училишта, дом за стари лица и станбен комплекс. Истата експлозија се случи во Тулуз, Франција, во 2001 година, при што загинаа 30 и беа повредени 2.500. Покрај тоа, 10.000 згради беа сериозно оштетени во експлозијата.Во текот на 1994 година, во експлозија во фабриката за ѓубрива Тера во Порт Нил, Ајова, загинаа 4 работници и беа повредени 18 лица.

И покрај овие катастрофални несреќи, федералните регулативи во врска со работа со амониум нитрат, од 1971 година наваму, беа минимално ревидирани, дури и со зголемените барања на јавноста за подобрување на безбедносните прописи. Истрагата за несреќата во фабриката Тера откри дека несигурните услови за работа во фабриката, како и лошата состојба во процедурите за одржување, ја предизвикале експлозијата. Тера никогаш не го завршила процесот на анализа на опасност за производство на амониум нитрат, ниту пак утврдиле формални процедури за безбедно работење.

Покрај тоа, голем број вработени во Тера не биле свесни за опасностите поврзани со работењето со амониум нитрат и затоа не биле во можност да реагираат безбедно за време на вонредна состојба. Бидејќи оваа несреќа се случи пред 23 години, се очекува нешто сериозно да се промени во регулативите поврзани со употребата на амониум нитрат. Сепак, како што покажаа две последователни несреќи, тоа не беше случај. Експлозијата во Франција се случи во резервоар за отстранување на употребен амониум нитрат пред рециклирање. Додека главната причина за експлозијата е сè уште непозната, многумина се убедени дека инцидентот во Тулуз е предизвикан од контаминација на амониум нитрат.

Без оглед на специфичната причина, несреќата можеше да се намали, или можеби дури и да се избегне со употреба на побезбедна опрема и процедури. Сепак, „ризикот од експлозија не го сметаше значаен од безбедноста на фабриката“. Фабриката не беше опремена со противпожарен систем, како и детектори за азотни оксиди.Дополнително, инфраструктурата на фабриката беше во лоша состојба и главно без надзор.

Неколку системи за набљудување што беа поставени беа користени од подизведувачи, што дополнително го влоши прекинувањето на комуникацијата помеѓу вработените и носителите на одлуки.[16]

16

Само две години подоцна, се запали дрвен магацин во фабриката за влажни ѓубрива во Вест, Тексас. Пожарникарите притрчале на местото на несреќата не знаејќи за опасноста од експлозија на приближно шеесет тони амониум нитрат за ѓубриво сместено во магацинот. Поради загревањето предизвикано од пожарот, дошло до ненадејна детонација на амониум нитрат, како и ударен бран што се движел побрзо од звукот.

Оваа експлозија во фабриката за ѓубрива можеше да се спречи и воопшто не требаше да се случи. Фабриката не ги презеде потребните чекори за спречување на пожарот, кој инаку можеше лесно да се спречи, и се случи смртоносна експлозија. Колку и да беше тешко да се поверува, особено за нешто што се случи пред само неколку години, West Fertilizer чуваше амониум нитрат во дрвени кофи, кои беа внатре во дрвен магацин без систем против пожар.

И покрај овие познати опасности, OSHA и EPA не бараа фабрики за ѓубрива да ги прогласат своите резерви на амониум нитрат. Додека OSHA воспостави некои основни барања за складирање, употреба и транспорт на амониум нитрат, ниту тие ниту ЕПА не наведоа амониум нитрат како исклучително опасна супстанција.

Иако ЕПА издаде официјален извештај за експлозивниот потенцијал на амониум нитрат, ниту едната и друга страна нема ревидирани прописи во врска со фабриките за амониум нитрат од 1971 година. Во моментов, Одделот за безбедност на домувањето е надлежен за регулирање на амониум нитрат и иако го третира како опасен материјал, пријавувањето за поседување на овој материјал е задолжително само за одредени хемиски постројки. Недостатокот на регулативи, во комбинација со ограничен увид во проблемот во случај на голем број компании, и денес претставуваат сериозна опасност. Состојбата со амониум нитрат е одличен пример што укажува на тоа дека понекогаш е потребно да се воведат дополнителни мерки на претпазливост во фабриката надвор од постојните задолжителни закони и регулативи, само врз основа на претходното искуство.

Ова би значело дека луѓето во компанијата задолжени за безбедност на процесите и проценка на ризик темелно ќе истражат сè што е поврзано со идентификуваните опасности специфични за нивните материјали, како и препораките за нивно складирање, над она што го бара законот. Сепак, како предуслов за ова, потребно е да се идентификуваат сите коцкари. Ако не започне од тоа, тој втор чекор е сосема нереален да се очекува.

2.4 Несреќата на нафтната платформа Piper Alfa

Една од најлошите несреќи со нафтени платформи се случи во Северното Море во 1988 година, на тогаш најголемата и најпродуктивната платформа наречена Piper Alfa. Оваа несреќа е една од најдеталните анализирани несреќи, така што она што ќе се случи тука е само краток преглед на она што се случило и главните заклучоци донесени по несреќата.

Првенствено, имаше прекин во комуникацијата во системот на одобрување акции при предавање на две смени, од една страна, а од друга страна безбедносните процедури не беа добро обучени, што заедно доведе до експлозија на гас под притисок, што на крајот резултираше во колапсот на целата платформа. 167 лица беа убиени, а само 62 преживеаја. На резервната пумпа за пропан за компресија на садот за притисок, безбедносниот вентил беше отстранет поради сервисирање, но работата не беше завршена до крајот на смената, па отворот беше привремено затворен со „заварување“ на челичната плоча (капакот).[17]

Следната, ноќна смена на работниците не беше информирана за ова. За време на работата на следната смена, главната пумпа за компресија на гас се расипа и резервната се вклучува, без сигурносен вентил. Пресметката на челичниот капак и завареният спој не е направена. Експлозијата и пожарот ја уништија платформата, а гаснењето на пожарот траеше скоро 3 недели. Оксидентал им исплати повеќе од 100 милиони американски долари како компензација на семејствата, но никој не одговараше законски. Вкупната финансиска загуба се проценува на 3,4 милијарди евра, што ја прави оваа несреќа една од најскапите несреќи досега.

За време на несреќата, платформата произведуваше една десетина од вкупното производство на нафта и гас во Северното Море. Несреќата се смета за најголема несреќа со нафтени платформи досега, имајќи го предвид бројот на загубени животи и влијанието врз индустријата. По овој страшен настан, беа направени бројни измени во процедурите и регулативите поврзани со безбедноста на платформите за нафта.

Истрагата што беше спроведена подоцна заклучи дека истовремено одржување на пумпата и безбедносниот вентил доведоа до истекување на кондензатот. Неправилната лиценца и системот за заклучување / обележување во сопственост на Piper Alfa доведоа до јаз

17 NASA Safety Center. (2013). The Case for Safety THE NORTH SEA PIPER ALPHA DISASTER. https://nsc.nasa.gov/SFCS/SystemFailureCaseStudy/Details/112

меѓу повеќе нивоа на безбедност. [18]

Додека инженерите од втората смена искрено веруваа дека сите документи се земени предвид пред пуштањето во употреба на Пумпата А, децентрализираниот систем спречи ширење на критични информации. Недостатокот на неформални разговори за „размена“ придонесе за проблеми поврзани со недоволната комуникација. Потпирањето на индивидуални безбедносни практики наместо сигурен систем за заштита доведе до грешки на различни нивоа на контрола.

Немаше резервни процедури во случај на губење на контролата над платформата и организациско распаѓање. Иако „Piper Alpha “ поседуваше опрема за автоматско гаснење пожар, постапката утврдена од раководството на платформата ја деактивираше автоматизацијата на системот за време на работењето на нуркачите во водата. Препораките од претходните ревизии сугерираат дека пумпите остануваат во автоматски режим ако нуркачите не работат во нивна близина, но овој предлог никогаш не бил усвоен.

Голем број гасни цевки беа поврзани со Piper Alfa. Истражувањето предупреди дека ќе биде потребно неколку часа да се намали притисокот во цевките во случај на вонредна состојба, а гаснењето на пожарот ќе биде невозможно додека горивото е сè уште во нив. Управата призна дека дефектот на гасоводот ќе доведе до катастрофа, но производството не беше запрено дури и по првото предупредување за итни случаи, за време на пожарот воPiper Alfa. Несреќата кај „Пајпер Алфа“, една од најраните несреќи во кои се вклучени платформи за нафта во странство, продолжува да служи како пример за индустријата за тоа што се случува доколку производството, роковите и трошоците се стават пред сеопфатен систем за безбедност.

2.5 Несреќа во фабриката за гасови PEMEX

Експлозија во фабрика за дистрибуција на природен гас во градот Рејноса, што се случи во 2012 година, доведе до смрт на 30 работници, а повредени се уште 46 работници. Како резултат, се постави прашањето за безбедноста на целата државна компанија за нафта PEMEX. Оваа централа мери природен гас што се вади од блиските бунари и пренесува

18 Piper Alpha. (2018, January 1). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 09:58, January 17, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Piper_Alpha&oldid=818127 796

гориво до блиската постројка каде се одвојуваат течни јаглеводороди од гасот. Вредноста на PEMEX е над 400 милијарди долари и е заслужна за една третина од буџетот на мексиканската влада.[19]

Оваа трагедија и го презентираше на јавноста проблематичниот тренд на PEMEX во вработувањето. Огромното мнозинство од жртвите на експлозијата воопшто не биле вработени во ПЕМЕКС, туку работеле како подизведувачи привремено вработени во компанијата.[20]

Ова го покрена прашањето дали тие воопшто биле доволно квалификувани за извршување на техничките задачи во рамките на централата. Проблемот со подизведувачите кои не се постојано вработени може да настане затоа што тие добиваат пониски плати, не се доволно обучени и работат опрема со минимална заштита, додека од друга страна тие мора да се соочат со подеднакво опасни ризици како и работниците во компаниите кои ги имаат сите права. Некои компании кои изгубија вработени во оваа експлозија нудат услуги како што се продажба и сервисирање на мерна опрема, технолошки консултации и хемиска анализа.

Природно, се поставуваат прашања дали овие компании се на кој било начин одговорни за експлозијата, дали опремата е сертифицирана и дали работниците се соодветно обучени за ваков вид на работа. Работниците вработени во подизведувачи, исто така, беа меѓу 22-те загинати во последната голема несреќа кај ПЕМЕКС, во 2007 година, кога ненадејната бура предизвика судир помеѓу платформа за дупчење и пловечка платформа за нафта. Истражителите заклучиле дека смртните случаи биле делумно предизвикани од несоодветна обука за итни случаи.

PEMEX всушност беше горд на својата историја на подобрена безбедност во текот на деценијата пред катастрофата во 2012 година. Тие пријавија значителен пад на бројот на несреќи на милион часа, но исто така признаа во неодамнешниот извештај дека серија ситни експлозии и пожари, главно се случуваат во рафинерии и петрохемиски постројки, „сериозно

19 Pemex. (2017, December 9). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 10:08, January 17, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Pemex&oldid=814543933

20 Navarro, C. (2012). Fatal explosion at natural-gas plant in Tamaulipas exposes safety, staffing problems for state-run oil company PEMEX.

ја загрозуваат“ нивната безбедност. Поради ова, според ПЕМЕКС, имало зголемување на фреквенцијата на повредите. Голем број други несреќи се случија во следните години (2013, 2015 и 2016 година) во различни постројки на ПЕМЕКС.

Набудувањето на целата деловна активност на компанија како што е PEMEX е прилично сложено и тешко е да се опфатат сите аспекти на тој систем, особено ако се земе предвид неговата улога во политиката и во владиниот финансиски развој. Сепак, набудувањето на индивидуални несреќи што се случиле во фабриките на оваа компанија, а особено на несреќите опишани погоре од 2012 година, дава корисни информации што можат да се разгледаат и применат во други компании со цел да се спречат идни несреќи.

Како и во случајот на експлозијата во рафинеријата БП во Тексас, премногу внимание беше посветено на личната безбедност наспроти безбедноста на процесите. Исто така, поврзаните резултати беа на многу високо ниво, давајќи лажна слика за тоа колку е навистина безбедно да се работи во фабриките PEMEX. Од друга страна, оваа несреќа, како и другите што се случија во нивните фабрики и кои се наведени погоре, посочија низа специфични проблеми што можат да се појават кога една компанија привремено вработува луѓе од други компании, т.е. кога работите со различни подизведувачи. Ова се можеби двете најважни лекции што може да се извлечат од голем број несреќи на PEMEX.

2.6 Катастрофата со излевање на нафта „Макондо''

Нафтеното истурање на Deepwater Horizon е индустриска несреќа што се случи во 2010 година, во Мексиканскиот Залив, на нафтната платформа Макондо, со кој управуваше БП. Индустријата за нафта и гас во овој залив има развиено и применето нови технологии од сè поголем размер, во сè подлабоки води, па контролорите не успеале да го следат чекорот со оваа експанзија, често поради одбивањето на индустријата да се вклучи во поефикасен мониторинг. Ова резултираше со сериозен, и на крај непростлив, недостаток на надзор за време на дупчење во море, што резултираше во оваа катастрофа.[21]

И сето тоа како последица на игнорирање на самиот контекст поврзан со длабоките води во Заливот, од страна на приватната индустрија и јавноста. Ова излевање нафта, во кое

21 Deepwater Horizon explosion. (2018, January 15). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 10:30, January 17, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Deepwater_Horizon_explosion &oldid=820611701

загинаа 11 лица, се смета за најголема несреќа од ваков вид во историјата на нафтената индустрија. Според Владата на САД, протекоа вкупно 780.000 м3 нафта. Според сателитските снимки, истурената нафта директно влијаела на околу 180 000 км2 океани, како и на 201 км крајбрежје.

Оваа несреќа е трагична, но добар пример за тоа што може да се случи кога станува збор за големи индустриски несреќи со сериозни последици. Многу повеќе луѓе загинаа во многу несреќи, но влијанието на оваа несреќа врз поширокатa околина и природната средина и врз здравјето на луѓето што живеат во таа поширока околина беше неизмерно и траеше многу долго.

Исто така, финансиските загуби беа измерени во стотици милиони долари, опфаќајќи сè, од секторот за дупчење во странство, преку туризам, до риболов. Истрагата за оваа несреќа вклучува неколку истраги и комисии во Соединетите држави. Целата ситуација беше многу сложена и тешка за анализа, бидејќи три огромни корпорации со различни одговорности и интереси беа вклучени во процесот на добро искористување на Макондо.

Причините се комплексни и произлегоа од очигледни грешки пред се од овие компании, како и од владини претставници кои премногу се потпираа на тврдењата на овие компании дека безбедноста на работењето се држи под контрола, така што тие самите не го надгледувале целиот процес .[22]

За целите на оваа магистерска дисертација, ние ќе издвоиме само дел од резултатите од истрагата што се однесува на влијанието на човечките и организациските фактори врз појавата на оваа несреќа. Овие фактори вклучуваат погрешно толкување на сигналите што укажуваат на проблеми со интегритетот на добро и безбедносниот систем, несоодветни модификации на овие системи, несоодветен дизајн на критични системи, недостаток на преглед во фазата на дизајнирање, недостаток на придржување кон административните контроли поврзани со безбедно работење, недостаток на мониторинг на практично

22 Smith, P., Kincannon, H., Lehnert, R., Wang, Q., & D Larrañaga, M. (2013). Human error analysis of the Macondo well blowout. Process Safety Progress, 32(2), 217- 221.

Препорака бр. 75 на Американскиот институт за нафта итн.

Овие фактори се идентификувани и категоризирани како латентни и активни човечки грешки. Активните грешки се дефинираат како непосредно препознатливи грешки и кои обично се поврзани со активностите и работата на операторот на лице место. Авторите мислат на непосредна човечка грешка при самото извршување на задачите.

Дваесет проценти од вкупните грешки идентификувани како причини за оваа трагедија беа активни грешки, како што се: резултатите од тестот за негативен притисок беа погрешно протолкувани, истовремените активности на бунарот ги деконцентрираа вработените на бунарот, како и персоналот задолжен за следење нивоата на калта околу бунарот.Очигледно е дека имало целосен дефект на безбедносниот систем веќе во фазата на идејно дизајнирање, кој продолжил низ фазите на дизајнирање / имплементација сè додека не се случила самата катастрофа. Доказите за ова целосно распаѓање на системот се рефлектираат во недостаток на одржување на критичните системи, недостаток на мониторинг на упатствата за индустријата и постојаните одлуки на управата да ја жртвува безбедноста со цел да заштеди пари и време.

2.7 Несреќи поврзани со опрема која е произведена и проектирана по стандарди кои не се во употреба

Посебен проблем е опремата под притисок изработена според стандарди што веќе не се во општа употреба. Тоа се садови под притисок, стари децении, и особено големи резервоари направени од постара генерација на микролегирани челици со висока цврстина. Многу вакви резервоари се ставени надвор од употреба поради проблеми со пукнатини, а за оние што сè уште се користат, ризикот од несреќи се зголемува од повеќе причини, најмногу заради тенденцијата на челикот од постара генерација да создава пукнатини во заварени споеви, како како и нивната долгорочна експлоатација.

Како пример за таква опрема под притисок, може да се споменат сферични резервоари за складирање на опасни материи (амонијак, VCM) при висок притисок. Сферичните резервоари имаат униформа состојба на напон, но таа е исклучително висока, и токму овие се причините за користење на таква форма, што не е најповолно од гледна точка на нивната конструкција.

Ваквите резервоари беа популарни во седумдесеттите години од минатиот век, а најчесто се користеше посебен вид челик, што овозможи значително помала дебелина на ѕидот на резервоарот. Придобивката од овој челик беше и во однос на заварувањето, бидејќи за да се направат споеви, требаше значително помалку време и дополнителен материјал. За жал, наскоро по пуштањето во употреба, се појавија проблеми со истекување, за што причината беше повеќекратна. Покрај склоноста на челици со висока јачина да создаваат пукнатини во завареният спој, значителен „придонес“ дадоа и заварувачите, кои не ја следеа пропишаната технологија на заварување, односно не ги исушија електродите пред употреба, со што се воведе нелегално количина на водород во заварените споеви.

Друга многу важна причина за проблемот е тестот за висок притисок, 30% или повеќе, со идеја дека ако садот издржи на таков тест, тогаш ќе биде безбеден при работен притисок.

Таквиот пристап, иако се заснова на стандард, е погрешен, затоа што не докажува ништо и може да предизвика голема штета, бидејќи преоптоварувањето е механизам за раст на постојните пукнатини, кој на тој начин може да достигне критична големина.[23]

Со други зборови, поправките со заварување, односно жлебот и површината, во комбинација со тест притисок, за жал се најдобриот механизам за формирање и раст на пукнатини. Соодветно на тоа, потребно е да се обрне посебно внимание на опремата под притисок што е направена според стандарди што повеќе не се користат. За жал, погрешниот пристап со притисокот на тестот е сè уште во сила, а за неговиот штетен ефект ќе се дискутира подоцна.[24] [25]

23 API, RBI. (2008). Basic Resource Document: API-581. American Petroleum Institute

24 Nivolianitou, Z., Konstandinidou, M., & Michalis, C. (2006). Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). Journal of hazardous materials, 137(1), 1-7.

25 Sedmak, A., Sedmak, S., & Milović, L. J. (2010). Pressure equipment integrity assessment by elastic-plastic fracture mechanics methods. Monograph. Society for Structural Integrity and Life (DIVK).

2.8 Несреќата во рафинеријата Toskon

Во февруари 1999 година избувна пожар во рафинерија за нафта во Мартинез, Калифорнија. Работниците се обидоа да ги заменат цевките поврзани со фракционата кула висока 45 метри, додека процесната единица беше вклучена. За време на отстранувањето на цевката, маслото протече во кулата и се запали. Пламенот проголта пет работници кои беа на различни височини на кулата, од кои четворица починаа, додека еден претрпе сериозни повреди.

Две недели пред овој настан, беше откриена дупка на внатрешноста на нафтоводот, во близина на спојот со фракционата кула, на висина од 33,5 метри. Работниците во рафинеријата веднаш реагираа и се обидоа да го изолираат гасоводот, додека единицата продолжи да работи. Инспекцијата на гасоводот откри значително намалување на дебелината на цевката поради корозија. Донесена е одлука за замена на поголемиот дел од нафтоводот.

Работниците направија голем број неуспешни обиди да изолираат и исцедат масло од цевки. Како и да е, надзорниците инсистираа цевките да бидат заменети додека работи единицата.

На денот на несреќата, на работниците им е издадена работна дозвола за празнење и вадење на цевките. По неколку неуспешни обиди да се испразни гасоводот, надзорникот за одржување им наредил на работниците да ги исечат цевките на две места со пневматска пила.

По второто сечење, нафтата започна да истекува од цевката, а надзорникот им нареди на работниците да ја отворат прирабницата за да го испразнат цевководот. За време на 32 празнења, маслото се запалило, најверојатно поради контакт со врелата површина на фракторот, а пожарот ја зафатил целата конструкција, како и работниците.[26]

Некои од нивните главни заклучоци од анализата на оваа несреќа беа:

-Отстранување на цевката додека единицата е сè уште во функција, вклучува значителни опасности. Како дел од оваа не рутинска активност, беше потребно да се отстранат 30 метри цевки кои содржат многу запалива течност. Работниците кои работеа на отстранувањето беа на висина до 33,5 метри над земјата, со ограничени можности за бегство. Единицата за термичка обработка содржеше голем број извори на потенцијално палење, од кои некои беа на помалку од еден метар од самите дела. Еден од изолационите вентили не

26 U.S. chemical safety and hazard investigation board, CSB. (2001, March).Refinery fire incident. Tosco Refinery Fire

може да биде целосно затворен. Бројни обиди да се испразнат цевките завршија безуспешно.

-Иако процедурите бараат да се испразни гасоводот, да се исплакне и да се изедначи притисокот пред да се отвори, ништо од ова не е направено поради неможноста да се отстрани маслото поради блокадите. Иако опремата за топла обработка беше близу до работите за отстранување, процедурите и дозволите за безбедно работење не ги идентификуваа изворите на палење како потенцијална опасност.

Без оглед на горенаведеното, процедурите за планирање на работата во рафинеријата не бараа формална проценка на ризик за замена на гасоводот долг 30 метри. Овие дела се класифицирани како одржување со низок ризик. И покрај сериозната опасност поради неможноста за празнење и изолирање на гасоводот, за што работниците и надзорниците беа свесни една недела пред инцидентот - немаше преоценка на класификацијата на ризикот.

Дозволата на рафинеријата за опасни не рутински операции ја додели само операторот на единицата, на денот на инцидентот. Супервизорот на работите не бил вклучен во прегледот на работното место, ниту во прегледот на дозволата. Супервизорите и персоналот одговорен за безбедноста на рафинеријата ретко беа присутни да вршат надзор над работењето.[27]

Учеството на мултидисциплинарен тим во планирањето и извршувањето на активностите, со помош на високото раководство, најверојатно ќе осигури дека процесната единица е затворена за време на поправките, откако беше утврдено дека не е можно да се испразнат и изолираат 33 цевки. преку активности за одржување и проверка, кои се целосно погрешно разбрани и спроведени во оваа фабрика.[28]

2.9 Анализа на моменталната состојба на индустриските несреќи со сериозни последици

Бројот и причината за несреќи и неуспеси со сериозни последици во фабриките и

27 Human and safety executive, HSE. (2005, October). INSPECTORS TOOLKIT. Human factors in the management of major accident hazards. http://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/toolkitintro.pdf

28 Skogdalen, J. E., & Vinnem, J. E. (2011). Quantitative risk analysis offshore— human and organizational factors. Reliability Engineering & System Safety, 96(4), 468-479.

погоните е тема што секогаш ќе биде актуелна и проблем на кој ќе му се посветува големо внимание уште долго време. Последиците од дефект на опремата се поделени во неколку категории и вклучуваат последици врз луѓето (повреда или фатален исход), последици врз животната средина (што исто така индиректно може да влијае на безбедноста и здравјето на луѓето) и последици во однос на материјална и финансиска штета (нарушување на други делови од фабриката, нарушување на куќите и зградите во близина на фабриката, финансиски загуби поради прекин на производството и санирање на последиците). [29]

Токму поради сериозноста на наведените последици, од исклучително значење е да се контролираат потенцијалните причини за несреќи и неуспеси на начин на кој човек не учи од сопственото искуство, туку од искуството на другите.

Со децении се работеше интензивно на воведување, имплементација и подобрување на стандардите поврзани со безбедноста при работа и управување со ризици при работа, што секако доведе до одредени подобрувања и напредок во спречувањето на несреќи. Сепак, ситуацијата е далеку од идеална и ова прашање бара постојана работа и стремеж кон подобри резултати. Денес, во теорија и практика, постојат голем број решенија и процедури за проценка на ризик на различни технички системи. Од една страна, постојат обемни и комплицирани стандарди како што се API 581 и RIMAP, за кои ќе се дискутира подоцна, а од друга страна, се достапни голем број поедноставни техники и модели за квалитативна или квантитативна проценка на ризик.[30]

Техники како што се проценка на штети и опасности (HAZOP), анализа на дрвото на неуспех (FTA), анализа на заштитен слој (LOPA) и слично се применуваат и оптимизираат со текот на годините, но сепак, сериозни несреќи со смртни случаи и големи загуби на имот и понатаму се случуваат . Литературата покажува дека овие техники можат да се класифицираат во три главни категории: квалитативни, квантитативни и хибридни техники (полу-квантитативни).

29 Wold, T., & Laumann, K. (2015). Safety management systems as communication in an oil and gas producing company. Safety science, 72, 23-30.

30 Jovanovic, A. (2004). Overview of RIMAP project and its deliverables in the area of power plants. International journal of pressure vessels and piping, 81(10), 815-824.

Квалитативните методи за проценка на ризик премногу се потпираат на проценката на индивидуалните експерти и нивното знаење. Листите за проверка што се користат за целите на квалитативно оценување не се статистички обработени и имаат описно субјективен карактер. Анализата на HAZOP е популарна техника која има систематски пристап кон утврдување на текот на настаните и нивните причини, но е скапа, комплицирана за примена и бара тим од експерти. Самиот факт дека резултатите од сите овие техники се од квалитативна природа, а не од квантитативна, го отежнува споредувањето со другите резултати и спречува какви било посериозни пресметки.[31]

Што се однесува до квантитативните методи за проценка на ризик, тие се генерално премногу комплицирани, временски и финансиски тешки и вклучуваат широк тим експерти за да можат да ги спроведат. Исто така, секоја техника се фокусира на неколку или една специфична област.

На пример. квантитативниот дел од техниката NEAT се фокусира исклучиво на човечка грешка, други се фокусираат само на истекување на работна супстанција или само на една гранка од индустријата и пресметка на ризикот поврзан со неа. Разновидноста и бројот на сите овие техники за анализа на ризик е таква што можеме да примениме различна техника за практично секоја околност и ситуација, и нема унифициран пристап.

3.Моделирање на човечките и организационите фактори во проценката на ризикот кај опремата под притисок

Механиката на фрактури е научна дисциплина која се занимава со проблемот на појава на пукнатини во конструкцијата, како и нивно понатамошно ширење под дејство на оптоварување. Исто така, се разгледува однесувањето на структурата направена од соодветен материјал во присуство на пукнатини.

Развојот на механиката на фрактури, како научна дисциплина, започна на почетокот на 20 век, благодарение на работата на Инглис за концентрацијата на стресот и работата на Грифит за стапката на ослободување на енергија.

31 Garcia, A. M., Boix, P., & Canosa, C. (2004). Why do workers behave unsafely at work? Determinants of safe work practices in industrial workers. Occupational and Environmental Medicine, 61(3), 239-246.

Во средината на 20 век, Ирвин исто така придонесе за развојот на оваа научна дисциплина. Тој ги постави темелите на механиката за линеарно-еластична фрактура. Така, Ирвин го воведува факторот на интензитет на напонот, како и неговите критични вредности. [32]

Наскоро, оваа научна дисциплина дава објаснување за еласто-пластичната област пред горниот дел на пукнатината со воведување соодветни параметри: отворање на врвот на пукнатината и J-интеграл. Механиката за фрактури ја наоѓа својата примена во структури кои се изложени на работни услови типични за формирање пукнатини, како што се замор, лази и корозија.

Механиката за фрактури се заснова на двострано толкување на параметрите: оптоварување и конструкција геометрија (од една страна) вклучувајќи геометрија на пукнатини, т.е. материјални својства (како мерка на отпорност на раст на пукнатини). Ова формира т.н. триаголник на механика на фрактури, што укажува на интеракција на параметрите на механиката на фрактури.

Структурниот интегритет е релативно нова научна и инженерска дисциплина, заснована врз принципите на механиката за фрактури. Така, интегритетот на структурите во поширока смисла вклучува анализа на состојбите и дијагностика на однесувањето и приносот, проценка на животот и ревитализација на структурите.[33]

Значи, оваа дисциплина се занимава со:

1.Анализа на состојбата на стрес-напрегање во структурата без пукнатини, со користење на методот на конечни елементи-ФЕМ (метод-ФЕМ-метод на конечни елементи), со што се доби прецизна и детална дистрибуција на стресот, поместувањето и деформацијата во структурата. На тој начин е можно да се идентификуваат „слабите“ места и да се спречи

32 Milazzo, M. F., & Aven, T. (2012). An extended risk assessment approach for chemical plants applied to a study related to pipe ruptures. Reliability Engineering & System Safety, 99, 183-192.

33 Fernández-Muñiz, B., Montes-Peón, J. M., & Vázquez-Ordás, C. J. (2012). Occupational risk management under the OHSAS 18001 standard: analysis of perceptions and attitudes of certified firms. Journal of Cleaner Production, 24, 36-47.

појавата на пукнатини, како и нивниот понатамошен раст.[34]

2.Анализа на ширење на веќе постоечките пукнатини во конструкцијата, како и натамошното однесување на конструкцијата под дејство на применетиот товар. Одредување на стабилноста на растот во структурата, доколку се применуваат мерки за спречување на појава на фрактура.[35]

Предмет на проучување на механиката за фрактури е однесувањето на материјалите под дејство на оптоварување. Врската помеѓу притисокот врз површината- е дефинирана со законот на Хук.[36]

Границата на еластичноста е претставена со точката Е-точка на еластичност, што значи дека структурата се враќа во првобитната состојба по престанокот на дејството на товарот, додека врската помеѓу напонот и напрегањето повеќе не е линеарна. По еластичната граница е областа на пластичност, што значи дека структурата не се враќа во првобитната состојба по истоварувањето, т.е. се јавува неговата пластична деформација.

Така, добиената деформација е од трајна природа. Врз основа на овие карактеристични точки на дијаграмот на Хук, имаме поделба на механиката за фрактури во следните поддомени:

-Механиката на линеарно-еластична фрактура (MLEL) се занимава со проучување на структурата во областа на линеарна еластичност на материјалите (до точката Р). Во рамките на еластичното однесување на материјалите, специјално научните дисциплини се широко развиени, како што се: висока еластичност и термоеластичност (до точка П).

-Од 1960 година, развиени се различни теории на механика на фрактури за феноменот на пластично однесување на материјалите, како што се: теоријата на пластичност, виско-пластичност и термо-пластичност (од точка П)

34 Kirin, S., Jovanović, A., Stanojević, P., Sedmak, A., & Džindo, E. (2011). Analiza rizika integriteta konstrukcija–primena na veliku kompaniju risk analysis in structural integrity–application to a large company. Structural Integrity and Life, 11(3), 209–212

35 Milijic, N., Mihajlovic, I., Strbac, N., & Zivkovic, Z. (2013). Developing a questionnaire for measuring safety climate in the workplace in Serbia. International journal of occupational safety and ergonomics, 19(4), 631- 645.

36 Tharaldsen, J. E. (2011). In safety we trust. Safety, Risk and Trust in the North Sea Petroleum Industry.

Во случај на пукнатини и / или засеци во структурата, постои прераспределба на стресот во близина на нивниот врв, т.е. до појава на концентрација на напон. Под дејство на покачена вредност на стресот, во таа зона се јавува пластична деформација.

Затоа, постојат две области: линеарно-еластична област (далеку од врвот на пукнатината) и пластична област (околу врвот на пукнатината). Пластичната површина е релативно мала во однос на димензиите на делот од машината. [37]

Врз основа на оваа претпоставка, беше обработена понатамошна анализа на формирање и раст на пукнатини врз основа на теоретските принципи на механиката за линеарно-еластична фрактура. За областа во близина на врвот на пукнатината, корекциите се прават врз основа на теоријата на пластичност.[38]

3.1 Фактор на интензитет на напонот-KI

Факторот на интензитет на стресот (коефициент) -K е основен фактор во областа на механиката на фрактури, кој ја опишува состојбата на напрегање во опкружувањето на врвот на пукнатината, предизвикана од дејство на далечно оптеретување или постоење на преостанати напони структурата. Кога вредноста на стресот станува критична, мали пукнатини растат што доведуваат до кршење.

Вредноста на факторот на интензитет на напрегање-К е функција на применетиот напон, обликот на површината на фрактурата, големината и положбата на пукнатината, како и геометријата на машинскиот дел на кој е откриен пукнатината. За рамна плоча направена од материјал со идеално еластични својства, единечна дебелина, со централна пукнатина со должина 2a, се добива следната зависност (равенка на Грифит):

$$K = \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

37 Mearns, K., Whitaker, S. M., & Flin, R. (2003). Safety climate, safety management practice and safety performance

38 Mohaghegh, Z., & Mosleh, A. (2009). Incorporating organizational factors into probabilistic risk assessment of complex socio-technical systems: Principles and theoretical foundations. Safety Science, 47(8), 1139-1158.

Така, факторот на интензитет на стрес-К е пропорционален на напонот и квадратниот корен на должината на пукнатината. Ако станува збор за формата и формирањето на површини на фрактури, го имаме следново:

$$K_I = \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

Тоа е, за формите II и III (равенки на Ирвин):

$$K_{II} = \tau \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$
$$K_{III} = \tau \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

каде :

- -нормален напон;

- tan -нгенцијален (смолкнат) стрес

Треба да се напомене дека овие равенки се одредуваат за линеарно-еластичниот регион, како и за кршливите материјали. Најчестиот случај на формирање на површина на фрактура е форма I, а факторот на интензитет на стресот (коефициент) се означува со KI.

Повеќето материјали се поподложни на фрактура поради нормално, отколку како резултат на тангенцијален (смолкнат) стрес.Затоа, формата и формирањето на површината на фрактурата е најопасната форма на фрактура и најдобро е теоретски и експериментално обработена.

$$K_{II} = \tau \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$
$$K_{III} = \tau \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

Оптоварувањата од типот II и III обично не доведуваат до кршење, т.е.

$$K_{II}, K_{III} < K_I$$

Факторот на интензитет на стрес-КИ ја опишува распределбата на стресот околу пукнатината. [39]

3.2 Принцип на суперпозиција

Ако машинскиот дел е изложен на комбиниран товар, така што се појавуваат понормални напрегања во x-насока, вкупниот напон се добива со додавање на индивидуалните напони:

$$\sigma_x = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \ldots + \sigma_{xnN}$$

Исто така, истото важи и за нормалните стресови во другите две ортогонални насоки (насоки y и z):

$$\sigma_y = \sigma_{y1} + \sigma_{y2} + \ldots + \sigma_{ynM}$$

$$\sigma_z = \sigma_{z1} + \sigma_{z2} + \ldots + \sigma_{znP}$$

каде што: N, M и P - вкупен број на нормални напрегања на компонентите во x, y и z - насока.

Ако се јават тангенцијални (смолкнување) напрегања во делот: xy (, xz и yz),

39 Kauer, R., Jovanovic, A., Angelsen, S., & Vage, G. (2004, January). Plant Asset Management: RIMAP (Risk-Based Inspection and Maintenance for European Industries)-The European Approach. In ASME/JSME 2004 Pressure Vessels and Piping Conference (pp. 183-192). American Society of Mechanical Engineers.

кумулативниот напон во соодветната насока се добива со собирање на напонските компоненти во соодветната насока:

$$\tau_{xy} = \tau_{xy1} + \tau_{xy2} + \ldots + \tau_{xyQ}$$
$$\tau_{xz} = \tau_{xz1} + \tau_{xz2} + \ldots + \tau_{xzR}$$
$$\tau_{\ldots} = \tau_{\ldots 1} + \tau_{\ldots 2} + \ldots + \tau_{\ldots S}$$

каде што: Q, R и S - вкупен број на компонентни тангенцијални напрегања во соодветна насока.Така, факторот на интензитет на стрес-КИ може да се добие со сумирање на

$$K_I = K_{I1} + K_{I2} + \ldots + K_{Ii}$$
$$K_{II} = K_{II1} + K_{II2} + \ldots + K_{IIj}$$
$$K_{III} = K_{III1} + K_{III2} + \ldots + K_{IIIk}$$

индивидуалните фактори на интензитет на стресот за соодветната форма на формирање на фрактура:[40]

каде што: i, j и k се вкупниот број на поврзани типови на оптоварувања, кои предизвикуваат формирање на површини на фрактури на форми I, II и III

Меѓутоа, ако имаме сложена напонска состојба, кога покрај нормалните напони, се јавуваат и тангенцијални напрегања, еквивалентниот напон не може да се добие со собирање, туку со употреба на една од познатите хипотези (на пр. Фон Мизес). [41]

Што значи дека:

40 Shepherd, B. W. O. (2005). Safety implications of european risk based inspection and maintenance methodology. HSE Research Reports. UK: Prepared by Mitsui Babcock Technology for the Health and Safety Executive, UK.

41 Khan, F. I., & Haddara, M. M. (2003). Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. Journal of loss prevention in the process industries, 16(6), 561-573.

$$K \neq K_I + K_{II} + K_{III}$$

3.3 Ирвинова метода

Интерпретација дадена од постоењето на т.н. „К-доминантни подрачја“ во близина на врвот на пукнатината, како и приближувањето на состојбата на напрегање на истегнување дадена од механиката на линеарно-еластична фрактура, може да се примени само во случај на релативно помала површина од пластична деформација на материјалот. Меѓутоа, за материјали во кои областа на пластичен проток го следи растот на пукнатината, и затоа не е занемарлива во однос на другите димензии на работата, мора да се примени теоријата на нелинеарност и пластичност.

Врз основа на анализата, утврдено е дека структурата со поголема површина од пластика е „зајакната“, односно дека ќе носи поголем дел од товарот. Со цел да се искористи постојниот факт, се претпоставува дека состојбата на напрегање на напрегањето околу врвот на таквата пластично засилена структура е соодветна на состојбата на напрегање дадена од теоријата на линеарност и пластичност, ако должината на постојната пукнатина се зголемува за големината на пластичната зона.

$$a_{ef} = a + r_p$$

Ново добиената вредност се нарекува ефективна (реална) должина на пукнатина. За ефективната (реална) вредност на факторот на интензитет на напон добиваме:

$$K_{Ief} = \sigma\sqrt{\pi \cdot a_{ef}} = \sigma\sqrt{\pi \cdot \left(a + r_p\right)}$$

Процесот на утврдување на ефективните вредности на должината на пукнатината и факторот на интензитет на стресот - КИ еф е повторлив процес.

Затоа, врз основа на равенката, беше утврден факторот на интензитет на стрес-КИ, без влијание на пластичноста на врвот на пукнатината. Потоа, врз основа на еднаквоста, добиена е вредноста на големината на пластичната зона - на пр. Користејќи ја формата, пресметана е ефективната вредност на должината на пукнатината-еф, и со помош на равенката,

ефективната вредност на факторот на интензитет на стресот-КИ еф во првата итерација.

Повторливата постапка за одредување на овие величини се повторува сè до моментот кога нивните вредности не се спојуваат во две последователни повторувања, со дозволена точност.

За случај на состојба на рамен напон, користејќи еднаквост, изрично добиваме:

$$K_{Ief} = \frac{\sigma\sqrt{\pi \cdot a}}{\sqrt{1-\frac{1}{2}\left(\frac{\sigma}{\sigma_t}\right)^2}}$$

Во случај на елипсовидна пукнатина во бесконечна плоча, ефективниот фактор на интензитет на стресот се добива експлицитно:

$$K_{Ief} = \sigma\sqrt{\frac{\pi \cdot a}{Q_{ef}}}\left[\sin^2\alpha + \left(\frac{a}{c}\right)^2\cos^2\alpha\right]^{\frac{1}{4}}$$

каде се:

$$Q_{ef} = Q - 0.212 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sigma_t}\right)^2$$ -

-ефективен параметар на форма на пукнатината

$$Q = 1 + 1.464 \cdot \left(\frac{a}{c}\right)^{1.65}$$

За полуелиптична пукнатина, равенката мора да се коригира со множење на факторот

за корекција на површината:[42]

$$\lambda_s = \beta_0 = \left[1.13 - 0.09\left(\frac{a}{c}\right)\right]\left[1 + (1 - \sin\alpha)\right]^2$$

3.4 Користење на J-интегралот

Теоретските основи на J-интегралот ги постави Pajc во 1968 година, по кого е именуван интегралот за контура Pajc. J-интегралот најде широка примена во проценката на животот на заморот и структурниот интегритет. Суштинските карактеристики на J-интегралот се:

1. Можност за примена и во линеарно-еластична и во пластична област,

2. Може да се утврди аналитички, нумерички и експериментално,

3. По својата физичност претставува енергетски параметар. Неговата предност е во независноста на интегративниот пат

Така, интегралот J е контурен интеграл:

$$J = \oint_{\Gamma}\left(W dy - T_i \frac{\partial u_i}{\partial x} ds\right)$$

каде :

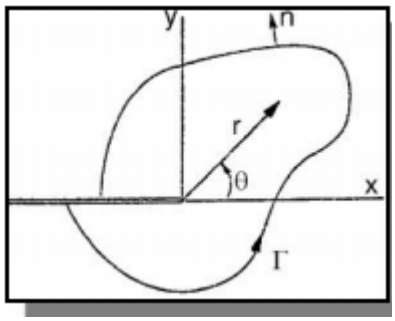
-□ W □ ijd ij □ □ - густина на енергија на деформација

-□ - патека на интеграција ds - елемент на должина

-Ti □□ijnj - затегнувачка сила на контурата ui - поместување на контурата

-nj - единица нормално

42 Kirin, S., Jovanović, A., Stanojević, P., Sedmak, A., & Džindo, E. (2011). ANALIZA RIZIKA INTEGRITETA KONSTRUKCIJA–PRIMENA NA VELIKU KOMPANIJU RISK. Structural Integrity and Life, 11(3), 209-212.



Слика 2.Интеграција на J-интегралот

Рајс докажа дека J-интегралот е независен од патот на интеграција за дводимензионални проблеми на рамнината, под услов да нема волумен и инерцијални сили, за нелинеарно-еластични хомогени материјали (хомогеноста може да се ограничи само на материјалот во правец на пукнатина) .

Исто така, J-интегралот може да се толкува како енергија по единица површина (t□ da енергија), што се ослободува на врвот на пукнатината, или како стапка на ослободување на енергија во нелинеарно еластично тело:

$$J \cdot t \cdot da = t \oint_{\Gamma} W dy da - t \oint_{\Gamma} T_i \frac{\partial u_i}{\partial x} ds da$$

каде:

- т -дебелина на примерокот;

- членот dy t Wdyda - значи енергијата на деформација добиена по контурата на раст на пукнатината во регионот на нелинеарна еластичност;

- членот □ □ □ □ dsda x u t T i i - ја претставува работата на надворешните сили на отворот на врвот на пукнатината за зголемување на должината - да

-J □t □ да - дали вкупната енергија на врвот на пукнатината е достапна за

размножување и е еднаква на вредноста на G:[43]

$$J = G = \frac{K^2}{E'}$$

Каде што 'E се пресметува според формулата (2.53-а), т.е. (2.53-б), во зависност од тоа дали станува збор за рамна состојба на напрегање (за структури со тенки ledидови) или рамна состојба на деформација. Во пластичниот регион, W не е густината на енергијата на деформација, која се ослободува во рамките на самиот материјал, така што J-интегралот не е енергијата на пукнатината потребна за нејзиниот раст.

Со цел да се обезбеди J единечно поле околу врвот на пукнатината, треба да се исполнат некои услови. Така, во близина на врвот на пукнатината, постои регион познат како „зона на процеси на фрактури“, во кој материјалот е значително деформиран, со шуплини и други форми (надвор од механиката за континуитет). Големината на пластичната зона може да биде мала во однос на димензиите на примерокот, што е случај со рамна состојба на деформација, каде што е потребно да се примени следново:

$$t, b, a < 25\frac{J}{\sigma_0}$$

каде што: b □ W □ лигамент на примерокот.

3.5 Парисов модел

Наједноставното аналитичко решение го даде Париз, за случајот со оптоварување R □ 0:

$$\frac{da}{dN} = C\Delta K^n$$

каде:

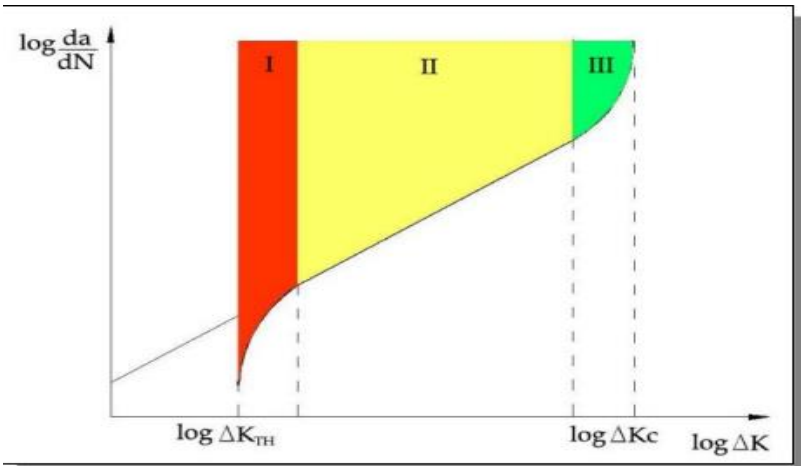
43 JOVANOVIC, A., RENN, O., & SALVI, O. (2010). 2nd iNTeg-Risk Conference

-da / dN-- стапка на раст на замор

-должина на пукнатината

-N-број на циклуси на оптоварување

-C и n-- материјални константи, кои зависат од условите на животната средина и одредуваат се експериментални [44]



Слика 3.Функционална зависност на горенаведената равенка

3.6 Моделирање на откажувањето на опремата под притисок

Дефектите на опремата во различни индустриски постројки што доведуваат до несреќи со сериозни последици се предмет на голем интерес во денешно време, а со оглед на зголемената комплексност на индустриските системи, може да се очекува оваа тема да биде уште поактуелна во иднина. Воведени се различни стандарди и методи во областа на безбедноста при работа и управувањето со ризиците, и тие се подобруваат во последниве

44 Knegtering, B., & Pasman, H. J. (2009). Safety of the process industries in the 21st century: a changing need of process safety management for a changing industry. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(2), 162-168

години, што даде некои позитивни резултати, но ова прашање бара постојана работа и стремеж кон уште подобри резултати.

Како што покажува историјата на индустриски инциденти, индустријата на процеси е најкритична во однос на дефектите на опремата и последиците што ги придружуваат тие дефекти. Овие последици не се однесуваат на повреди на работа, па дури и на индивидуални смртни случаи.

Ова е само мал дел од оние што се сметаат за сериозни последици, кои вклучуваат и загадување на животната средина, локално и во поширок контекст, краткорочни и долгорочни, потоа материјални загуби, финансиски и преку имот и опрема, и во рамките на централата. каде се случила несреќата, и многу пошироко, на целото место, град или регион во кој се наоѓала централата, како и поголемиот број жртви или повреди, како и влијанието на целосната несреќа врз економијата, политиката и општеството на дадено место.

Бидејќи ваквите последици се многу сериозни, потребно е да се утврдат причините за несреќи, т.е. откажување на опремата што води до нив. Различни процедури и алатки за проценка на ризик на различни технички системи се појавуваат во литературата и преку практична примена, сепак, до денес, не постои универзално прифатена методологија за проценка на ризик на опремата под притисок.

Анализата на историјата на несреќи, исто така, покажува дека механичкиот интегритет на опремата е важен индикатор и во таа смисла анализата на ризик кај ваквите системи е насочена во дадена насока. Сепак, кога индивидуалните несреќи се темелно истражени и подлабоко се занимаваат со причините за непосредните и очигледни причини за неуспех, во многу случаи, можеби дури и во повеќето, станува јасно дека неуспехот на една личност, или како оператор на работа или како организација менаџер, доведе до да се случи несреќата.[45]

Она што е заедничко за сите постојни модели на проценка на ризик, и кои ќе бидат предмет и цел на ова истражување, е фактот дека во претходните истражувања во моделите за проценка на ризик не се доволно, соодветно или воопшто не се интегрирани индикатори на

45 Yong, A. G., & Pearce, S. (2013). A beginner's guide to factor analysis: Focusing on exploratory factor analysis. Tutorials in quantitative methods for psychology, 9(2), 79-94.

човечки и организациски фактори.[46]

Покрај тоа, интегритетот на структурите, кој покрај човечките и организациските фактори е клучен во работата со опремата под притисок, бара подлабока анализа и можни нови предлози во однос на проценка на ризик на опремата со употреба на механика на фрактури, што ќе биде дополнителен елемент на предмет и цели на оваа студија. Имено, однесувањето на заварени споеви на садови под притисок во присуство на пукнатини и преостанати напони во основа го одредува интегритетот на овој вид конструкција. Физичката состојба на садот во оваа смисла директно влијае на веројатноста за откажување.[47]

3.7 Локални пристапи и микромеханичко моделирање

Локалните пристапи и микромеханичкото моделирање имаат зголемен интерес за проучување во изминатите петнаесет години. Главната предност во споредба со класичната механика на фрактури е тоа што параметрите на микромеханичкиот модел зависат само од материјалот, а не од геометријата.

Овој концепт за обезбедување трансфер на однесување од примерок во реални структури со различни форми и големини може да се примени доколку е достапен само мал дел од материјалот. Оваа постапка не бара стандардни тестови за механика на фрактури. Не е потребно да се користат примероци со претходна пукнатина, бидејќи пукнатина ќе се појави во претходно неоштетени структури ако локалната деградација на материјалот надмине одредена критична состојба.

Идентификувањето и утврдувањето на микромеханичките параметри бара одредување на аналогна методологија која комбинира тестирање и нумеричка симулација. Разликата од класичната механика на фрактури е дека овој модел не бара мерење на големината на примерокот додека не се појави фрактура.[48]

---

46 Oltedal, H. A. (2011). Safety culture and safety management within the Norwegian-controlled shipping industry. State of art, Interrelationships and Influencing Factors", University of Stavanger, Doctor of Philosophy, 26.

47 .Lambert, H. E., & Alvares, N. J. (2003). The Pepcon Disaster-Causative Factors and potential Preventive Measures

48 Pett, M. A., Lackey, N. R., & Sullivan, J. J. (2003). Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research. Sage.

Но, проблемот што постои во овој метод е потребното искуство и утврдување на соодветни параметри. Постојат многу модели на штета за различни појави на материјално однесување. Пример е феноменот на кршлива и тешка фрактура што се одвива индивидуално:

-Обликување микропукнатини и нивно растење со многу мала пластична деформација (кршлива фрактура или разделување на фрактура)

-Нуклеација, раст и асоцијација на шуплини со значителна пластична деформација (тешка фрактура)

Процесот на разделување се определува со стрес и издржува мала енергија на деформација. Пукнатината расте брзо и нестабилно со висока кинетичка енергија, особено во големи структури. Локалниот критериум за фрактура се заснова на критичниот напон на разделување. Во споредба со ова, фрактурата контролирана од деформација троши многу повеќе енергија на пластичната деформација. [49]

Фрактурата напредува бавно или дури застанува ако товарот не се зголеми. Критериумите за локална фрактура се засноваат на критична деформација на фрактурата или граница на истегнување за порозни материјали.

Нумеричките модели кои постојат за двата феномени се:

- Моделот на BEREMIN кој е поврзан со критичниот напон кој содржи „најслаба“ врска и користи статистичка пресметка,

- RISE и модел TRECEI користејќи го законот за раст на шуплината,

- модел GURSON или модел RUSSELIER за пластични порозни материјали[50]

Моделот BEREMIN се користи за кршлива фрактура, а моделите на RISE и TRECEI во случај на иницирана пукнатина за време на тешка пауза со последователна пресметка на напнатоста и напрегањето полиња добиени со методот на конечни елементи. Само третиот модел на Гарсон и Раселје ги одредува спецификите на материјалот со подпрограми за

49 Spasojević Brkić, V. (2009). Kontingentna teorija i menadžment kvalitetom. Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet.

50 Saunders, M., Thornhill. A., and Lewis, P. (2003). Research Methods for Business Students. (3rd ed). Harlow: Financial Times Prentice Hall.

извршување анализа на методот на конечни елементи, како и влијанието на штетата.

Рутините на методот на конечни елементи (FEA) мора да обезбедат употреба на соодветни структурни параметри кои можат да се споредат со резултатите од експериментите. Техничкиот комитет ТК и ESIS (Европско друштво за структурен интегритет) препорачуваат микромеханички модели за карактеризација на тешка фрактура и разделување за феритни челици. Првата фаза на трудот беше објавена во 1993 година, а првите резултати беа објавени две години подоцна.

Оттогаш, интересот за овие модели расте, иако сè уште е проблем што мал број истражувачи работат на овие проблеми и дека секој проблем е специфичен. Друг голем „проблем“ е од физичка природа, нумеричарите не можат да одговорат на прашањата за физичкото значење на моделот.

Одредувањето на материјалните параметри зависи повеќе од употребената стратегија за идентификација отколку од кодот на конечните елементи. Експертите исто така предлагаат примена на напредни методи за тестирање на материјалот. На пример, многу информации може да се соберат од тестирањето на затегнување ако се мерат намалувањето на дијаметарот, формирањето на вратот и издолжувањето. Методите за мерење на штета од микро скала можат да помогнат во рафинирање на механичкиот модел и да се потврди нумеричката постапка.

Активностите што се преземаат се:

1. Нумеричка анализа на стандардна еластична епрувета за истегнување за карактеризација на материјалот и одредување на параметарот за критична штета за силно кршење на 0 ° C

2. Нумеричка симулација на прогресија на силна пукнатина во компактен примерок (КТ) со употреба на соодветен модел на пример Гарсон или Раселие со релевантни микромеханички параметри за одредување на кривата J-R на температура од горната граница на цврстина,

3. Нумеричка анализа на засечената епрувета за карактеризација на материјалот и одредување на критичните параметри за разделување при ниски температури,

4. Нумеричка анализа на компактен примерок (КТ) со употреба на Бременовиот

пристап за одредување на KIc во зависност од можноста за фрактура во областа на помала цврстина.

За нумеричка симулација потребно е:

-Деформација и фрактура на стандардна мазна цевка при тестирање на истегнување поради карактеризација на материјалот и утврдување на параметрите за критична штета за тешка фрактура на 0 ° C

-Развој на силна пукнатина во компактен (CT) примерок од стандардни димензии за предвидување на кривата J-R до температура од 0 ° C

Користените параметри на материјалот зависат од користениот микромеханички пристап. Моделот GNT (GURSON, TVERGAARD, NEEDLEMAN) го користи параметарот f, односно неговата критична вредност fc - параметар кој зависи од бројот и распоредот на шуплините во микроструктурата. Потоа, вредноста на модулот на еластичност на Јанг и Поасоновата константа и факторот q што зависи од распоредот на подмножествата и нивната меѓусебна оддалеченост и големина.

Моделот GTN исто така ја зема предвид и арматурата за деформација на материјалот, односно во некои случаи постои омекнување на материјалот предизвикан од пластична деформација. Овој модел вклучува одредување на мрежата и поставување на ограничувањата на стресот и оптоварувањето. По пресметката, моделот GTN ја користи програмата ABAQUS, која ги користи овие фактори за пресметување и предвидување на однесувањето на материјалот.[51]

Објаснувањето на механизмот на процесот на замор е многу сложено и е тесно поврзано со однесувањето на грешките во кристалната решетка. Бројот на трудови во светот од оваа област е многу голем, но се смета дека сè уште не е најдено целосно задоволително објаснување. Истражувањата во современите техники на електронска микроскопија, од кои најчесто се користат: скенирање (CEM), пренос (TEM) и јонски (JEM), даваат голем придонес во објаснувањето на механизмот на процесот на замор. Но, и покрај големиот напредок во последните 30 години во овој поглед, многу структурни промени во процесот на

51 Spasojevic Brkic, V. K., & Veljkovic, Z. A. (2017) Structural Equation Modeling of Organizational Systems. XVII International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'17) Novi Sad, Serbia, October 4. – 6. University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, 54-59.

замор сè уште не се познати.

Најреалните објаснувања за механизмот на процесот на замор се оние дадени со набудување на макро-феномени и промени во микроструктурата. Притоа, ние секогаш започнуваме од претпоставката за постоење на првични пукнатини на вистински метали во кои можат да бидат вклучени сите дисконтинуитети на микроструктурата.

Под дејство на надворешно оптоварување, лизгачките линии се формираат по неколку илјади или стотици илјади циклуси, што е знак дека се случила локална пластична деформација во кристалите лоцирани на врвот на почетната пукнатина, односно дефект на материјал. Со појава на лизгачки линии, односно пластична деформација, на овие места се јавува арматура. Повремено преоптоварување предизвикува зголемување на арматурата и кршливост на врвот на пукнатината, а присутните стресови не можат да се релаксираат.

Ако компонентата на затегнувачки напон е доволно голема по пластична деформација и засилување, првичниот процес на ширење на пукнатината продолжува сè додека не се намали носечкиот пресек така што максималната вредност на променливиот напон може да предизвика моментална фрактура. Првиот изглед на лизгачката линија се нарекува рана или прва фаза на замор. Трае помеѓу 0,5 и 5% од вкупното времетраење на делот, во зависност од материјалот и амплитудата на напонот.

Зајакнување се јавува во случаи кога напонот е близу до јачината на принос на материјалот. Лизгањето потоа се локализира, се формираат груби лизгачки бразди и истовремено се појавуваат испакнатини и вдлабнатини на површината. Ова е веќе втора фаза на замор во која лизгачките ленти спонтано се шират, а во некои лизгачки жлебови се појавуваат микропукнатини.

Нивниот изглед е првиот знак на нарушување на микроструктурата и тие се јавуваат по 1 до 10% од вкупното времетраење.

Третата фаза на замор вклучува механизам на размножување на пукнатината и се претпоставува дека се одвива на сличен начин, како што е јадрото на пукнатината. Како и да е, истражувањето на механизмот на процесот на замор продолжува интензивно и старите теории често се заменуваат со нови. Првичните пукнатини секогаш се формираат на слободната површина и се од редослед од 10 до 100 nm. Во фокусот на идната фрактура може да биде какво било оштетување на површината, тврдо неметално вклучување под

површината или некој друг дисконтинуитет.

Во прилог на теоријата за истиснување и формирање на упад, што е најшироко прифатено толкување на започнувањето на пукнатината, многумина користат голем број теории за дислокација. Теориите за дислокација го толкуваат започнувањето на пукнатини поради акумулација на дислокации на пречка што го блокира нивното движење. Препреките можат да бидат различни: зрна, под-зрна, меѓу-гранични граници, нехомогена структура, неметални подмножества итн.

3.8 Стандарди во моделирањето

Ако за методите на тестирање што почнаа да се применуваат по Втората светска војна, почесто по 1960 година, - се користи атрибутот модерен, тогаш за сите други методи, кои се користат денес, а почетокот на нивната примена достигнува во блиска или далечно минато, да се каже дека тие се постојано актуелни. Додека се развиваат современи методи за тестирање со цел подобро да се разберат својствата на материјалите и посигурно да се предвиди однесувањето на материјалите при работа, другите - тековни методи на тестирање служат накратко за техничка контрола на квалитетот на производот и обезбедување основни параметри за пресметки и примена.

Прилично е долг и тежок пат да се прифати нов метод за тестирање за постојана контрола или цената на валидност на производот. Таквиот нов метод мора да обезбеди можност за утврдување на точно дефинирана карактеристика на материјалот што е релевантен или за производителот или за корисникот на материјалот или мора да обезбеди подобрувања во одредувањето на веќе утврдените карактеристики на материјалот.

Понатаму, тој мора да биде репродуктивен, т.е. условите за тестирање мора да бидат наведени за да се добијат резултатите од тестот со ниско расејување. Се разбира, за воведување на нов метод во редовна употреба, важно е неговото спроведување да биде релативно едноставно и што е можно поевтино.

Секое од овие барања е доволно тешко само по себе и сите заедно претставуваат прилично голем ограничувачки фактор во воведувањето нови методи за редовна контрола на квалитетот. Затоа, методите за тестирање развиени пред Втората светска војна сè уште се

широко користени и денес, а современите методи, покрај стандардните, се користат само за контрола на квалитетот на материјалите за најодговорни цели, како што се:

-Нуклеарни централи,

-Во производството на авиони и други современи авиони (летала),

-Бродови за навигација на Северното море,

-Конструкции кои работат на ниски температури итн.

За контрола на материјалите за сите други машини и конструкции, денес се користат претежно стандардизирани методи и затоа за овие методи може да се каже сегашните методи на тестирање. Стандардизација на методите за тестирање е неопходна, бидејќи има многу влијателни фактори, и ако најважните фактори на влијание не се задржат во одредени граници, резултатите од тестот не би биле компаративни, т.е. објективната проценка на материјалот би била невозможна.

Стандардите за тестирање обично содржат:

-Целта на тестот,

-Дефинирање на количините што треба да се одредат,

- Точни ознаки и единици на мерка за количините што треба да се одредат,

-Опис на методите и условите за тестирање,

-Информации за епрувета и тест уред,

-Метод за пресметување на резултатите од тестот

Поради ова, со гледање на стандардот за тест, може да се научи многу за еден тест, и во секој случај мора да се искористи при проценка на валидноста на резултатите од тестот.

Непочитувањето на прописите од стандардот за начинот на спроведување на испитот дава резултати што не можат официјално да се проверат.

Сосема рано, со оглед на почетокот на масовната примена на метални материјали, утврдено е дека механичките својства не се константи на материјали како на пр. температури на топење или испарување, но да се разликуваат во поширок или потесен опсег во зависност од голем број фактори.

Најважните фактори од гледна точка на проценка на материјалите за експлоатација се:

-Видови на оптоварување: статички или динамички,

-Видови на стрес: напнатост, притисок, торзија и сл.

-Облик и димензии на епрувета или елемент (парче)

-Собна температура

-Корозивен ефект на животната средина

-Метод на прицврстување на парчето

Сите овие фактори може да бидат означени како надворешни фактори. Од важност за овие размислувања има некои т.н. внатрешни фактори кои можат да се појават во материјалите што според некои вообичаени критериуми можат да бидат означени идентични. На пример, со ист хемиски состав и иста структура, може да се појават внатрешни напрегања во материјалот како резултат на нерамномерно ладење преку пресекот, или како резултат на заварување и слично. Покрај тоа, ист вид материјал според горенаведените критериуми може да има поголем или помал број внатрешни нехомогенитии како што се неметални подмножества, сегрегации, па дури и некои пофини пукнатини.

Од друга страна, неодамнешните студии за однесувањето на пукнатини и нехомогеност во материјалот под дејство на оптоварување покажаа дека стандардните тестови не обезбедуваат доволна сигурност за проценка на однесувањето на материјалите во пракса, или поточно како ќе се однесуваат пукнатините во различни услови.

Најважните фактори кои го одредуваат однесувањето на пукнатината во пракса се: -Должина на пукнатината,

-Острина на пукнатината на врвот,

-Позицијата на пукнатината (внатре во парчето или во површината) или дебелината на парчето,

- Насока на размножување на пукнатината во однос на насоката на дејство на оптоварување, - температура на околината,

-Видот на оптоварување,

-Видот на материјалот, односно неговата способност да ги релаксира напрегањата на

врвот на пукнатината со пластична деформација и да спречи негово ширење

Почитувајќи ги сите или некои од горенаведените фактори кои го одредуваат однесувањето на пукнатината, новите тест методи се обидуваат што е можно повеќе да обезбедат информации за однесувањето на материјалот во присуство на пукнатина. Така, се испитуваат примероци со големи (реални) дебелини со пукнатини. Најчесто се користат влијанија и ниски температури. Однесување на пукнатина во материјал во кој намерно се забележуваат промени во структурата и содржината на внатрешните напрегања со заварување.

Постојат голем број стандарди за изведување на тестови за механика на фрактури експериментално на сличен примерок. Претходно беше применет остар изрез на замор на примерокот кој беше наполнет за да се скрши. Силата на размножување на пукнатината се пресметува за состојбата на прекин преку цврстина на фрактура, што е многу важна карактеристика на материјалот.

Развиени се варијанти на национални стандарди за испитување на цврстината на фрактурите, како што се:

1. Британски стандард BS 7448 кој има 4 дела за тестирање на метални материјали, вклучувајќи обични (основни) материјали, заварливи и висока стапка на деформација (динамичен тест на цврстина на фрактура - објавен во 2005 година) и криви на отпор (R-криви за влечење на дуктил)) БС 7448: Дел 2 е првиот стандард што се шири ширум светот за употреба специјално за материјали за заварување.

Британски стандард БС 7448: Тестирање на цврстина на механика на фрактури, како што е наведено, се состои од 4 дела со имиња и карактеристики како што следува:

-Дел 1: 1991 година: Метод за одредување на KIc, критична вредност на CTOD и критична J вредност за метални материјали.

-Дел 2: 1997 година: Метод за одредување на KIc, критична CTOD вредност и критична J вредност во заварен спој на метални материјали.

-Дел 3: Метод за одредување на цврстина на динамична фрактура (објавен во 2005 година).

-Дел 4: 1997 година: Метод за облекување на кривини на отпор (R) и почетни

вредности на стабилно ширење на пукнатини во метални материјали.

Серијата американски стандарди ASTM опфаќаат тестови K, CTOD и J (вклучувајќи R-криви), ASTM E 1290 (тест CTOD) и ASTM E 1820-1999 (K, J и CTOD). Не помалку важни се тестовите за заварување заедно со множеството соодветни терминологии. Имињата и карактеристиките на овие стандарди се:

-ASTM E 399-90: Стандардна постапка за тестирање на цврстина на фрактура на рамни деформации за метални материјали, ASTM, Филаделфија, 1990 година.

-ASTM E 1290-02: Стандардна постапка за испитување на пукнатина - Тип на отворање за раселување (CTOD), Мерење на цврстина на фрактура, ASTM, Филаделфија, 2003 година.

-ASTM E 1820-05: Стандардна постапка за тестирање за утврдување на цврстина на фрактура, ASTM, Филаделфија, 2005 година.

-ASTM E 1823-96: Технолошки односи за испитување на замор и фрактури, ASTM, Филаделфија, 1996

Развиена е и низа меѓународни (ISO) стандарди. ISO 12135/2002 (прво издание ISO 12135/1996) ги опфаќа сите аспекти на тестирање на фрактури (K, J и CTOD) за обичен материјал. Подготвени се и стандарди за тестирање на заварување (ISO / CD 15653) и стабилен раст на пукнатини кај примероци со низок стрес (ISO / CD 15653). Подоцна, главниот интерес беше да се испитаат тенки ленти од материјали.

Европската асоцијација за структурен интегритет (ESIS) објави процедури за R-криви и стандард за тестирање на цврстината на фрактурата на металните материјали. Изработена е унифицирана процедура за тестирање (ESIS P3-04) која вклучува тестирање на заварување. Етикети и имиња од оваа група се:

-ЕСИС П1-92: Препорака на ЕСИС за одредување на отпорност на фрактура на цврсти материјали, ЕСИС, 1992 година

-ЕСИС Р2-92: Постапки за утврдување на однесување на фрактури на материјали, ESIS, 1992 година.

Различни стандарди се објавени во различно време за определување на К; CTOD и J. Тестовите се многу слични и генерално сите три величини можат да се засноваат на еден

стандард, на пр. ASTM E 1737, BS 7448, ESIS P3-04 итн.

4.Истражување

Научна оправданост на темата на истражувањето

Во текот на претходните триесет години е направен голем исчекор во поглед на јавниот интерес во областа на анализата и менаџментот на ризикот,при што оваа област се воспостави ккао ефикасна и далекуопсежна и во значајна мерка помага и го подобрува управувањето со голем број на аспекти на нашите животи.Постојат голем број на дефиниции на ризикот,но генерално ризикот се дефинира како можност за повреда или загуба,а тој е дефиниран како мерка за веројатност и сериозност на последиците по здравјето,имотот,околината и други важни ресурси.

Ризикот е реалност опишана со два клучни поима, „несигурност“ и „непожелност“. Ова толкување подразбира две димензии на ризик:

1. веројатност за појава на несакан настан во одредено време,

2. последицата од тој настан врз луѓето, имотот и околината.

Од ова произлегува квантитативна дефиниција на ризик во која ризикот е дефиниран како производ на веројатност дека ќе дојде до неуспех и последиците од дадениот неуспех.

Ризикот се дефинира и како веројатност дека некој или нешто е изложено на опасност, каде што поимот опасност се однесува на каква било небезбедна состојба или потенцијален извор на несакани настани, што може да има штетен ефект. Покрај тоа, ризикот е дефиниран и како мерка на неизвесност заради сериозноста на последиците од опасноста или како мерка за веројатноста на настанот и сериозноста на последиците од потенцијалните негативни влијанија.

Затоа, ризикот е комбинација на двете погоре наведени количини. Треба да се нагласи дека ризикот генерално се гледа повеќе од гледна точка на сериозноста на последиците отколку веројатноста, што е последица на катастрофални загуби како резултат на несреќи.кои се случувале во минатото. Како резултат, беше заклучено дека ризикот претставува опасност, плус јавната реакција на последиците. Сепак, неопходно е да се земе предвид дводимензионалната презентација на природата на ризикот.

Овој пристап кон управување со ризици обезбедува намалување на загубите или последиците од несреќата од една страна, или намалување или елиминирање на можноста за

несреќа, од друга страна.

Формалната дефиниција за ризикот е: „веројатност за настан што може да предизвика одредена штета на луѓето, имотот и околината, како и финансиски загуби за одреден временски период“.

Клучните концепти опфатени со оваа дефиниција се: веројатност за појава - т.е. зачестеноста на појава на несакани настани; преземач на ризик - цел на потенцијални последици од ризик, што се однесува не само на луѓето, опремата, околината или финансиите, туку и на угледот на компаниите, нивните идни или правни аспекти; ниво на штета - што го одредува степенот на влијанието на последиците несреќи. Во случај на луѓе, тоа може да се однесува на повреди или смрт, при што повредите вклучуваат изгореници, труење и слично.

Управување со ризик или управување со ризик, е пристап на управување насочен кон зачувување на средствата и моќта на профит на компанијата, истовремено спречувајќи го ризикот од загуба, особено случајните и непредвидени загуби. Вклучува препознавање (идентификување) на ризикот, проценка на ризикот и класификација на управувањето со ризикот според важноста (приоритет), проследено со усогласено и рационално користење на ресурсите за да се минимизираат, следат и контролираат веројатноста и влијанието (последиците) на непожелното настани,.

Опасност значи потенцијално релевантна состојба, состојба или настан што може да доведе до вистинска загуба во одредена ситуација или околност. Дефиницијата што попрецизно го опишува гласи: „Опасноста е состојба што претставува одреден степен на опасност по животот, здравјето, имотот или околината.“ Повеќето опасности се класифицирани како пасивни или потенцијални, со само теоретски ризик од повреда. постои ризик. Во оваа смисла, поимот ризик се однесува на веројатноста дека опасноста ќе се реализира.

Проблем на истражувањето

Дефектите на опремата во различни индустриски постројки што доведуваат до несреќи со сериозни последици се предмет на голем интерес во денешно време, а со оглед на зголемената комплексност на индустриските системи, може да се очекува оваа тема да биде

уште поактуелна во иднина. Воведени се различни стандарди и методи во областа на безбедноста при работа и управувањето со ризиците, и тие се подобруваат во последниве години, што даде некои позитивни резултати, но ова прашање бара постојана работа и стремеж кон уште подобри резултати.

Како што покажува историјата на индустриски инциденти, индустријата на процеси е најкритична во однос на дефектите на опремата и последиците што ги придружуваат тие дефекти. Овие последици не се однесуваат на повреди на работа, па дури и на индивидуални смртни случаи.

Ова е само мал дел од оние што се сметаат за сериозни последици, кои вклучуваат и загадување на животната средина, локално и во поширок контекст, краткорочни и долгорочни, потоа материјални загуби, финансиски и преку имот и опрема, и во рамките на централата каде се случила несреќата, и многу пошироко, на целото место, град или регион во кој се наоѓаше централата, како и поголемиот број жртви или повреди, како и влијанието на целосната несреќа врз економијата, политиката и општеството на дадено место. Бидејќи ваквите последици се многу сериозни, потребно е да се утврдат причините за несреќи, т.е. откажување на опремата што води до нив.

Различни процедури и алатки за проценка на ризик на различни технички системи се појавуваат во литературата и преку практична примена, сепак, до денес, не постои универзално прифатена методологија за проценка на ризик на опремата под притисок.

Анализата на историјата на несреќи, исто така, покажува дека механичкиот интегритет на опремата е важен индикатор и во таа смисла анализата на ризик кај ваквите системи е насочена во дадена насока. Сепак, кога индивидуалните несреќи се темелно истражени и подлабоко ќе се истражат во причините за непосредните и очигледни причини за неуспех, во многу случаи, можеби дури и во повеќето, станува јасно дека неуспехот на една личност, или како оператор на работа или како директор на организација, доведе до да се случи несреќата.

Цел на истражувањето

Во рамките на ова истражување, има неколку цели на пониско ниво, чиј синергетски ефект резултира во главната цел на истражувањето - развој и верификација на оригиналната методологија за проценка на ризик при работењето на опремата под притисок врз основа на

механиката за фрактури и влијанието на човечките и организацискиите фактори.

Целите на истражувањето на пониско ниво се:

1. Развој на модел за проценка на веројатноста за несакан настан. Во рамките на оваа цел потребно е:

-Развивање на методологија за создавање универзален инструмент за мерење кој ќе може, во специфични фабрики и постројки, точно, прецизно и брзо да го утврди постојното влијание на човечките и организацискиите фактори врз ризикот при работењето на опремата под притисок.

Ова ќе овозможи да се идентификуваат клучните влијателни човечки и организациски фактори чија квантификација преку структурни равенки дополнително ќе овозможи нивна интеграција во постојните модели за проценка на ризик. Покрај запознавањето на поширокатa научна јавност со добиените резултати, целта е да им се понудат на економските субјекти во Република Северна Македонија, кои работат со опрема под притисок со намера за нивна практична примена.

- Давање предлог за поврзување на постојните техники и методи на механика на фрактури со веројатност за несакан настан.

- Создавање на формула за пресметување на вкупната веројатност, заснована врз веројатноста дефинирана преку влијанието на човечките и организацискиите фактори и механиката за фрактури

2. Развој на модел за проценка на последиците од откажување на опремата под притисок.

3. Дефинирање на опсегот и категоризација на сериозноста на веројатноста и последиците во матрицата на ризик.

4. Верификација на добиената методологија преку студија на случај.

Истражувачки хипотези

Основни хипотези:

Х1.0: Влијанието на човечките и организацискиите фактори не е доволно, ниту на доволно точен и прецизен начин, земени во предвид во моделите за проценка на ризик при работењето на опремата под притисок.

Х2.0: Структурниот интегритет може да придонесе за попрецизна проценка на ризикот

при работењето на опремата под притисок.

Х3.0: Можно е да се подобрат моделите за проценка на ризикот и управувањето со ризиците воопшто во работењето на опремата под притисок во полето на едноставност и прецизност, земајќи ги предвид голем број релевантни фактори - човечки, организациски и механика на фактури

Со тестирање на горенаведените основни хипотези, можно е да се развие доволно едноставна и прецизна методологија за проценка на ризик заснована на механика на фрактури и влијанието на човечките и организациските фактори.

Следниве изведени хипотези произлегуваат од хипотезата Х1.0:

Х1.1: Можно е да се утврдат човечки и организациски фактори кои влијаат на ризикот при работа со опрема под притисок.

Х1.2: Можно е да се измери / квантифицира влијанието на човечките и организациските фактори во во рамките на компаниите кои работат со опрема под притисок користејќи соодветна мерни скали (со користење на мерен инструмент).

Следната хипотеза следи од хипотезата Х2.0:

Х2.1: Со примена на принципите на механиката за фрактури, можно е со сигурност да се процени интегритетот на садот за притисок.

Откако ќе се потврдат помошните хипотези, ќе се тестира хипотезата Н3.0.

Истражувачки варијабли

1.Човечки и организациони фактори

Се истражува влијанието на човечките и организационите фактори во поглед на менаџментот на ризикот.Притоа се истражува човечкото влијание врз опремата под притисок со која работат компаниите.

2.Структурниот интегритет

Се смета дека структурниот интегритет може да придонесе за попрецизна проценка на ризикот при работењето на опремата под притисок.

3.Истражување на поранешните модели за управување со ризикот

Се истражуваат поранешните модели за управување со ризикот и се опфаќаат и поранешните инциденти со опремата.

Релевантни варијабли

1.Компании кои работат со опрема под притисок

2.Механика на фрактури

3. Мерни инструменти

Неодамнешните студии покажаа дека во повеќето случаи примерок од 150 испитаници треба да биде доволен за да се добие прецизно решение со анализа на истражувањата на факторите, се додека нивните меѓусебни корелации се доволно силни. Меѓутоа, ако има неколку високи вредности на факторите на оптоварување (> 0,80) меѓу податоците, тогаш дури и помал примерок (n <150) би бил доволен.

Податоци за бројот на оператори кои работат со опрема под притисок не постојат во Северна Македонија, но контролните тела за опремата под притисок проценуваат дека бројот не надминува 10.000. Земајќи го ова предвид, како и фактот дека Северна Македонија е мала земја, бројот на потенцијални кандидати за истражувањето не беше премногу голем. Со мало население на почетокот, беше важно да се соберат што повеќе пополнети прашалници.

Бидејќи оригиналните прашалници содржеа 61 до 80 прашања, од кои некои детално го испитуваа начинот на работење и деловно работење на компанијата, многу компании не сакаа да им дозволат на своите вработени да одговорат на нив. Како и да е, успешно беше даден примерок со големина од околу 320 прашалници за човечки фактор и 287 прашалници за организациски фактор.

Прашалникот беше дистрибуиран во втората половина на 2020 година во производствените компании низ Северна Македонија. Со цел да се испитаат вработените, беа избрани повеќе индустриски сектори: секторот електрична енергија (термоцентрали, термоцентрали и хидроцентрали); сектор на нафта, јаглен и природен гас; фармацевтската индустрија, прехранбената индустрија и други. Во рамките на овие сектори, студијата беше спроведена во 18 различни организации, кои се со различна големина, со различен број на

вработени и различни работни практики.

Бидејќи Северна Македонија е релативно мала географска област, овие 18 организации опфаќаат најголем дел од производствените области кои работат со опрема под притисок.Оваа разновидност на организациите во кои е спроведено истражувањето е неопходна за да се формира универзален прашалник.

Беа контактирани претставници на високото раководство во секоја од компаниите, беа обезбедени електронски истражувања по е-пошта, или испечатени истражувања по пошта или земени лично, според нивниот избор. Беа одржани кратки состаноци на авторите на истражувањето со претставници на компаниите, при што беше објаснето како нивните вработени треба да го пополнат прашалникот.

После тоа, претставниците детално им објасниј на своите вработени за што станува збор и зошто е важно правилно да се пополни прашалникот и да се спроведе целиот процес.Учеството беше доброволно и анонимно и по анализата на одговорите, некои прашалници беа отфрлени врз основа на несоодветни одговори на контролните прашања што беа дел од прашалникот.

Целта на контролните прашања беше да се препознае намерата на мал број луѓе да не одговараат искрено, како и да препознаат поголеми групи на луѓе кои се искрени, но кои пристапуваат несериозно кон истражувањето,што може да направи грешки во контролното истражување. Покрај тоа, прашалниците со празни одговори исто така беа одбиени.

По одбивањето на неусогласени прашалници, 268 правилно пополнети прашалници беа собрани од операторите и 253 правилно пополнети прашалници од страна на менаџерите, што претставува стапка на одговор од 83% за операторите и 79% за менаџерите. Причината за толку високиот процент на соодветни одговори може да се објасни со личниот пристап на авторот во процесот на истражување.

По опишаната постапка за собирање одговори, беше потребно да се провери веродостојноста и валидноста на прашалникот.

За целите на сите анализи, заедно со дополнителниот модул AMOS (AMOS 21), беше искористен SPSS Пакетот за статистика (SPSS статистика 20). Собраните податоци најпрво

беа разгледани од аспект на методите за земање примероци, а потоа беа анализирани со следниве статистички методи:

1. Описна статистика
2. Анализа на корелација
3. Тест за адекватност на земање примероци
4. Анализа на истражувачки фактори (EFA)
5. Анализа на сигурност
6. Потврдна факторска анализа (CFA).

Анализа на корелација

Пред да се спроведе факторска анализа, истражувачот може да има корист од испитување на корелациите помеѓу променливите, при што сите променливи кои имаат корелација помала од 0,3 со другите варијабли можат да бидат елиминирани од анализата.Ниското ниво на корелација укажува дека предметите не биле извлечени од соодветниот домен и дека како резултат тие даваат грешки и несигурни резултати.

Ако променливата има слаба корелација со многу други променливи, тоа значи дека најверојатно не ја мери истата суштинска структура како и другите варијабли. Променливите чиишто нивоа на корелација се превисоки или прениски треба да се елиминираат.

Тест за адекватност на земање примероци

Тестот за адекватност на земањето на мостри, кој покажува дали собраните податоци се погодни за примена на факторска анализа, беше извршен со тест Кајзер - Мејер - Олкин (KMO) и тест на сферичност на Бартлет. Минималната прифатлива вредност на индикаторот Кајзер - Мејер - Олкин е 0,6. Бартлет-тестот треба да биде значителен (за нивото на значење да биде под 0,05), што значи дека променливите се доволно високо корелирани за да обезбеди разумна основа за понатамошна анализа на факторите.

Валидност на прашалникот

Валидноста го дефинира степенот до кој методите за собирање податоци точно го мерат она што е наменето да се измери и може да се опише со валидност на содржина и

конструктивна валидност.

Валидност на содржината

Проверката на валидноста или соодветноста на содржината на прашалникот честопати се занемарува, а сепак е неопходен чекор за време на процесот на развој на прашалникот. Ова се однесува на степенот до кој одреден пакет прашања (ставки) опишува одреден фактор.

Обезбедувањето на валидноста на содржината пред составувањето на конечната верзија на прашалникот обезбедува поддршка за валидноста на структурата (фактор) со дозволување бришење на ставки (прашања) што може да бидат концептуално недоследни. Валидноста на содржината може да се потврди врз основа на голем број извори, како што се соодветна теорија, емпириска литература, стручно мислење итн.Откако беше направен прелиминарниот прашалник, тој беше испратен до група од четворица експерти во соодветната област, за да можат да го испитаат прашалникот и да предложат начини на кои тој може да се подобри.

Групата вклучуваше:

(а) редовен професор вработен на универзитетот „Кирил и Методиј“ кој истражува механика на фрактури на завари и структурен интегритет повеќе од 30 години, особено во експерименталното истражување за отпорноста на пукнатини и раст на пукнатини, теоретска и нумеричка анализа на параметрите на механиката на фрактури и проценка на притисокот интегритет на садот

(б) редовен професор вработен на Техничкиот факултет во Скопје кој е ангажиран во пресметување и експериментално истражување на садовите под притисок повеќе од 20 години, особено напнатоста на стресот во областа на концентрацијата на стресот, како и сите аспекти на техничката регулатива на садови под притисок;

(в) научен соработник вработен во факултетот кој работи на терен како инспектор за опрема под притисок ширум светот, применувајќи не само европски стандарди, туку и процедури за API;

(г) еден од најголемите експерти за садови под притисок кои ја немаат потребната техничка документација во Северна Македонија, што честопати го зголемува ризикот при работењето на дадената опрема.

Тие го разгледаа прашалникот одделно, а потоа беше организирана работилница во

рамките на која беа направени измени и подобрувања.Неколку ставки се дополнително разјаснети за да бидат појасни и попрецизни

Во литературата, како дополнителен метод за проверка на валидноста на содржината, понекогаш се користи лаичко мислење, кое може да се искористи заради категоризирање, односно сортирање на предмети врз основа на нивните сличности со дефинициите на факторите.

За таа цел беше избрана група студенти (50 студенти) од Техничкиот факултет во земјава од областа на индустриско инженерство, каде се полагаат курсеви поврзани со безбедноста на процесите и управувањето со ризиците, што обезбедува непрофесионално (лаичко) мислење, и доволно разбирање за терминологијата, за да се направи постапката значајна, од друга страна.

По дефинирањето на крајната структура на факторите и нивните соодветни димензии (прашања), на студентите им беа дадени прашања одделни од факторите и им беше објаснето дека треба да ги подредуваат прашањата според областите како што изгледа дека припаѓаат.

По нивното распоредување, поставената структура беше главно потврдена, освен што некои прашања од факторот за комуникација беа поставени од повеќе од 50% од студентите во факторот за безбедност на процесот, по што оваа промена беше земена во предвид во последниот прашалник.

Факторска анализа

Факторската анализа е една од најстарите и најпознати статистички постапки за истражување на врската помеѓу збир на набудувани варијабли и латентни варијабли (постојни, но сè уште не откриени)

Во рамките на факторската анализа, истражувачот ги анализира корелациите помеѓу набудуваните варијабли, со цел да собере информации за тоа како и во која мера набљудуваните варијабли се поврзани со нивните латентни (не-манифестирани) конструкции, т.е. фактори.

Поточно, анализира степенот до кој набљудуваните варијабли се генерираат од суштински латентни фактори, и затоа силата на патеката на регресија од факторот до набљудуваните варијабли (изразена со факторот оптоварување) е од примарен интерес.

Постојат два основни вида на анализа на фактори:

Експлоративна факторска анализа (EFA) и Конфирматорна факторска анализа (CFA)

EFA обично е првиот чекор во развојот на инструментот за мерење и новите варијабли. EFA е наменет за ситуации во кои односите помеѓу набљудуваните и латентните променливи се несигурни или непознати. Затоа, по формулирањето на предметите (прашањата) во рамките на прашалникот, се спроведува EFA, со цел да се утврди степенот до кој артиклите се поврзани со латентни фактори

Спротивно на тоа, CFA се користи во случаи кога истражувачот однапред претпоставува врски помеѓу набудуваните измерени вредности и основните фактори, засновани врз теоретско знаење и / или емпириско истражување, а потоа статистички ја испитува претпоставената структура. Поради фактот што CFA моделот се фокусира исклучиво на врската помеѓу факторите и измерените вредности на променливите, во рамките на SEM, тој претставува таканаречен модел на мерење.

Со цел развој на мерен инструмент во рамките на оваа дисертација, голем број прашања најпрво ќе бидат елиминирани со примена на истражувачка факторска анализа, по што ќе се анализира малку поедноставен прашалник со намален волумен преку потврдна факторска анализа за да се потврдат димензиите (предмети, прашања) тие ги опишуваат.фактори, одредување на јачината на врските помеѓу ставките и да се процени соодветноста на претпоставениот модел.

Конструктивна валидност на EFA

Конструктивната валидност се занимава со теоретско поврзување на променлива со други варијабли, односно со степенот до кој одредена структура се однесува во согласност со очекувањата, често во однос на измерените вредности на другите структури. Во оваа студија, валидноста беше оценета со помош на истражувачка факторска анализа. EFA ги

идентификува конструктите, т.е. фактори, кои го објаснуваат множеството податоци, засновани на корелации помеѓу променливите (во овој случај засновани на корелации помеѓу ставки, т.е. прашања во прашалникот).

Факторите што го опишуваат најголемиот дел од пропорцијата на варијантите се очекува да претставуваат основни конструкции. Факторното оптоварување на променливата е мерка за придонесот на таа променлива кон факторот; затоа, голема вредност на оптоварувањето на факторот покажува дека димензиите на факторот се подобро поврзани со променливата.

Според Хер,факторното оптоварување помеѓу 0,3 и 0,4 претставува минимално ниво на кое може да се задржат променливите. Товарите над 0,5 се сметаат за практично значајни. Кога ги земате предвид оптоварувањата, потребно е да се набудуваат во однос на големината на примерокот. Колку е поголем примерокот, толку се помали вредностите на товарот што може да се сметаат за значајни.

Проценета на корисноста е проценетиот дел од варијансата на променливата што е бесплатна. Честопати, променливите со мала корисност (под 0,2, така што уникатната варијанса е 80%) се елиминираат од анализата, бидејќи целта на факторската анализа е да се обиде да ја опише варијансата преку заеднички фактори.

Моделирањето на структурните равенки (SEM) е повеќеваријатна техника.

При примена на оваа техника, потребно е да се земе предвид дека врските се од различно ниво на значење. Значајните односи и модели обично имаат теоретска основа и поставување и изразуваат „каузалност“ или „кауза-последица“. SEM обезбедува формален начин за анализа на ваквите случаи. Во SEM моделот, можно е да се постават повеќе зависни и независни променливи и истовремено да тестираат повеќе врски.

Основните карактеристики на SEMтехниката се следниве:

- Ова е многу општа, моќна и популарна повеќе варијатна статистичка анализа.

- SEMе статистичка методологија на анализа на структурната теорија што објаснува одреден феномен користејќи потврден пристап (тестирање на хипотези). Повеќето други мултиваријатни процедури се со описен / истражувачки карактер.

- Обезбедува сеопфатен метод за квантифицирање и тестирање на теории.

- Тоа е релативно нов метод, кој се појави околу 1970 година и доживеа поширока

примена само околу 2000 година.

SEM се потпира и на следниве претпоставки:

- Набљудувањата се независни.

- Испитаниците беа избрани како случаен примерок.

- Променливите се континуирани, вклучувајќи ја и Ликертовата скала. Големината на примерокот е многу важна во SEM техниката.

Бројот на коваријанти или корелации во матрицата обично се зема како апсолутен минимум, а 5 субјекти по наб observedудуваниот параметар се земаат како типичен минимум, додека се претпочита бројот на 10 субјекти по параметар. Онаму каде што нема повеќенаменска нормална дистрибуција на податоци, се претпочитаат 15 субјекти по параметар.

Гледано од гледна точка на проценка на максималната веројатност, можно е да се користат 50 испитаници, иако се препорачува бројот да биде помеѓу 50 и 100. Идеален примерок се смета за 200 испитаници. SEM е моќен метод за справување со мултиколинеарноста (кога две или повеќе променливи се во голема корелација) што е една од важните предности на SEMтехниката во однос на повеќекратната регресија и анализата на факторите. Следствено, SEM може да биде многу корисен во моделирањето на организациските системи.

Главната предност на потврдната факторска анализа во однос на истражувачката факторска анализа е тоа што вклучува грешка во мерењето, додека анализата на факторот има за цел да ја елиминира варијансата на грешка и да го извлече само комуналниот дел на варијацијата, а предностите на техниката во однос на регресивната анализа се рефлектираат во следново:

- Опишува збир на врски помеѓу променливите,

- Грешката во мерењето се намалува со примена на неколку индикатори по конструкција,

- Постоење на променливи на медијаторот,

- Способност за анализа на временски серии со авто-корелирана грешка или нецелосни податоци.

Моделот на мерење најчесто е претставен со дијаграм за визуелна патека (CFA дијаграм), кој ги покажува односите помеѓу одредени измерени вредности (ставки) и факторите поврзани со нив, вклучувајќи ги и односите помеѓу тие фактори. „Патеките“ од латентни фактори до измерени оптоварувања се засноваат на теоријата на мерење. Пресметани се само оптоварувањата што теоретски ги поврзуваат измерените ставки со нивните латентни фактори, додека за другите се претпоставува дека нивната вредност е нула.

Адекватноста на предложениот модел се одредува со пресметување на индексот на соодветност, со кој го тестираме прифаќањето или одбивањето на предложениот модел.

Постојат голем број на такви индекси, но ниту еден од нив не е доволен за точно да се процени вклопувањето во CFA или SEM моделот. На истражувачите им се препорачува да применуваат повеќе индекси од различни категории (вкрстена валидација). Овие индекси даваат идеја за степенот до кој тие се променливи во корелација едни со други, во однос на мерката предвидена со моделот.

Постојат над 25 различни мерки за соодветност на моделот, т.е. соодветни индекси, во достапната литература, меѓу кои обично се разгледува само дел од нив. Постојат несогласувања дури и во однос на граничните вредности на овие индекси. Затоа, сите измерени вредности треба да се толкуваат контекстуално во однос на специфичната големина на примерокот, процедурите за проценка, комплексноста на моделот, основните претпоставки за мултиваријалната нормалност, итн.

Еден од најчесто користените индекси на вклопување е хи квадрат χ 2, кој ја испитува приближноста на вклопувањето на коваријантната матрица на примерокот со вградената коваријантна матрица. Незначително мала вредност на $\chi 2$ покажува дека набудуваните податоци не се разликуваат значително од претпоставениот модел. Сепак, овие статистички податоци носат и сериозен проблем.

Бидејќи формулата за пресметување на вредноста на $\chi 2$ е директно поврзана со големината на примерокот, се проценува дека скоро сите модели се погрешни со зголемувањето на примерокот. Поради оваа причина, односот $\chi 2$ и степени на слобода (df) често се применува како алтернативен индекс на вклопување. Ако оваа вредност е помала од 2, се смета дека моделот добро одговара. Друг најчесто користен индекс на вклопување е Грешка при приближување на Root Mean Square (RMSEA).

RMSEA е подобар од другите индекси на вклопување каде што моделите се многу ретки, бидејќи RMSEA го мери недостатокот на соодветност според степенот на слобода.

Вредностите на RMSEA до 0,05 укажуваат на добро вклопување на моделот; вредностите под 0,08 укажуваат на прифатлива грешка приближување; вредностите над 0,1 означуваат модел кој не одговара добро. Индексот NFI го споредува вклопувањето на два различни модели (стандардниот и нултаниот модел) со истиот сет на податоци.

Некои автори препорачуваат усвојување на вредностите на NFI од 0,90 и повисоки, како индикатори за добро вклопување Сепак, со зголемениот број докази дека НФИ имаат тенденција да ја потценуваат соодветноста во случај на помали примероци, заклучено е дека треба да се примени компаративен индекс на вклопување. Индекс на CFI, кој исто така ја зема предвид големината на примерокот.

NNFI претставува друг индекс на вклопување кој исто така ја зема предвид комплексноста на моделот со споредување на претпоставениот модел со моделот нула. Иако толкувањето на индексот NNFI е нешто посложено, бидејќи неговиот опсег го надминува опсегот од 0 до 1,00, се препорачува да се примени овој индекс во комбинација со најмалку три други индекси.

Мерењето на адекватноста на моделот во рамките на ова истражување е направено со примена на следниве индекси на вклопување: Модел ($\chi 2$), $\chi 2$ поделен со вредноста df ($\chi 2$ / df), компаративен индекс на вклопување (CFI), просечна квадратна грешка на приближување (RMSEA) , Индексот на нормално вклопување (NFI), како и индексот на ненормално вклопување (NNFI), исто така познат како индекс на Такер-Луис (TLI).

4.1 Резултати од статистичката постапка за обработка на собраните податоци

Табелата 1 прикажува демографски податоци за операторите и менаџерите. Меѓу операторите, скоро сите учесници беа мажи (96,6%), додека просечниот број на години беше 46 (СД = 9,7). Меѓу менаџерите, малку поголем процент од испитаниците биле жени и учествувале со 8,8%, во согласност со карактеристиките на популацијата. Просечната

вредност за бројот на години за менаџерите е иста како и за операторите, т.е. 46 години (со стандардно отстапување (СД = 10,4).

Истражувањето е спроведено низ цела Северна Македонија. Опфатени се повеќе индустриски сектори, меѓу нив разни топлани, електрани, фармацевтска индустрија, прехранбена индустрија, индустрија за нафта и гас и други.

Табела 1.Тип на организација во која работат испитаниците

	Оператори		Менаџери	
Променлива				
	N	%	N	%
Тип на организација				
Термоелектрани	84	31.30%	54	21,3
Електрани	123	45.90%	137	54.2
Фармацевтска индустрија	4	1.50%	5	1.8
Прехрамбена индустрија	2	0.70%	3	0.4
Нафтна и гасна индустрија	18	6.70%	15	5.9
Останато	37	13.80%	39	15.4

Табела 2.Основен капитал на компанијата

Основен капитал на компанијата	Менаџери	Вработени
Ексклузивно домашни	224	215
Ексклузивно странски	4	4
Воглавно домашни	4	14

Воглавно странски	6	12
Мешовити	30	8

Табела 3.Информации за испитаниците

Испитаници	Менаџери	Вработени
Просечна возраст	46	46
Просечен степен на образование	Високо	Средно
Просечен работен стаж	11,6 години	9 години

Табела 4.Методи на проценка на ризикот

Методи на проценка на ризикот	Менаџери	Вработени
Квалитативни методи	32 (11.9%)	53 (20.9%)
Квантитативни методи	13 (4.9%)	38 (15%)
RIMAP	1 (0.4%)	4 (1.6%)
API 581		4.(1.6%)
Останати методи	11 (4.1%)	23 (9.1%)
Не е известен/а	211 (78.8%)	130 (51.8)

Корелациона анализа

Бидејќи бројот на започнати прашања беше значителен (61 прашање за операторите и 80 за менаџерите), критериумот за задржување на прашањата базирани на матрицата на

корелација беше дека прашањето мора да има поголема корелација од 0,3 со најмалку 10 други прашања. Ова резултираше со отфрлање на 10 прашања од прашалникот за човечки фактор, оставајќи 51 наместо 61 прашање, и 13 прашања од прашалникот на менаџерите, оставајќи 67 наместо 80 прашања.

Тест за адекватноста при земање примероци

Потоа, секој фактор беше оценет со употреба на параметарот Кајзер-Мејерто-Олкин (KMO) и само факторите со вредност на KMO поголема од 0,6 беа задржани за понатамошни 116 анализи. Резултатите покажаа добар степен на коваријанса на податоците кои се движат од 0,62 до 0,88 за операторите и 0,72 до 0,91 за менаџерите.

Тестот на сферичност на Бартлет покажа дека факторите матрици и кај човечките и во организациските фактори се статистички значително различни од идентитетската матрица, бидејќи за секој фактор значењето беше <0,001, што повторно потврдува дека податоците се погодни за анализа на факторите.

Табела 5.Факторска анализа

Човечки фактор	Број на прашања	KMO	Организационен фактор	Број на прашања	KMO
D1	4	0.73	D1	6	0.86
D2	4	0.76	D2	5	0,81
D3	5	0,66	D3	6	0,72
D4	7	0,62	D4	5	0,73
D5	5	0,65	D5	8	0,77
D6	7	0,85	D6	6	0,84
D7	5	0,72	D7	15	0,91
D8	9	0,88	D8	4	0,79
D9	5	0,75	D9	12	0,9
			D10	4	0,77

Валидност на содржината

Валидноста на содржината на прашалникот беше потврдена со процесите опишани во текот на претходните поглавја во рамките на дефиницијата за мерниот инструмент, делумно со изведување или потврдување на некои прашања засновани на литература, делумно со експертско испитување од разни експерти од областа поврзани со прашалник и дополнително тестирање со група студенти, што резултираше во пренесување на некои проблеми од комуникација до процесирање на безбедносни фактори.

Конструктивна валидност на EFA

Беше применета анализа на истражувачки фактори, во комбинација со Варимакс и Ројтација на нормализација на Кајзер за анализа на димензионалните структури на прашалникот. Извршена е анализа на истражувачки фактори на прашалникот за испитување на човечки фактори од следнава структура - Д1: комуникација (4 прашања), Д2: опасни материјали и опрема (4 прашања), Д3: безбедност на процесот (5 прашања), Д4: лична безбедност (7 прашања), Д5: управување со организациските промени (5 прашања), Д6: одржување / инспекција (7 прашања), Д7: човечка грешка (5 прашања), Д8: обука и компетенции на вработените за кризни ситуации (9 прашања) и Д9 : спроведување на истражување по несреќа (5 прашања).

Извршена е анализа на истражувачки фактори на прашалникот за испитување на организациски фактори од следнава структура - Д1: комуникација (6 прашања), Д2: опасни материјали и опрема (5 прашања), Д3: безбедност на процесот (4 прашања), Д4: лична безбедност (5 прашања), Д5: управување со организациските промени (8 прашања), (Д6): подизведувачи од други компании (6 прашања), Д7: одржување / проверка (13 прашања), Д8: човечка грешка (4 прашања), Д9: обука на вработените и компетенции за кризни ситуации (12 прашања) и Д10: спроведување на истражување по несреќата (4 прашања).

Збир на факторски анализи тестираа дали сите прашања од одредена група навистина припаѓаат на таа група. На пример. дали сите комуникациски проблеми навистина се однесуваат на комуникацијата. Ако анализата би покажала 1 фактор, тоа практично значи дека сите прашања се меѓусебно поврзани, односно дека спаѓаат во иста една група и дека врз основа на нив може да се пресмета еден општ резултат, на пр. резултат на комуникација.

За повеќето фактори, еден фактор се добива врз основа на три критериуми:

-Scree ”дијаграм

-Процент на објаснета варијанса

-Ејгенови вредности

Процентот на објаснета варијанса беше околу 60% за секој фактор, додека сопствените вредности беа над 2 за првиот извлечен фактор и под 1 за вториот. Дијаграмот „SCREE“ покажа очигледен пресек од првиот фактор, за сите фактори.

Факторите се пресметани за сите фактори. За долната граница на оптоварувањето на факторот е избрана вредност од 0,4, што е во согласност со големината на примерокот во оваа студија и исто така дозволува да се набудуваат само практично значајни ставки.

Генерално, за човечки фактори, EFA резултираше со бришење на 6 прашања, оставајќи 9 фактори со вкупно 45 прашања. Резултатите се дадени во Табела 4.5. За организациски фактори, EFA резултираше со бришење на 2 прашања, по што останаа 65 прашања во вкупно 10 фактори.

Табела 6.Факторски оптеретувања за човечките фактори

Реден број	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
D12	0.767								
D13	0.69								
D15	0.62								
D 16	0.648								
D21		0.64							
D 22		0.91							
D 23		0.68							
D 24		0.64							
D 32			0.58						

D 34			0.67						
D 35			0.86						
D 43				0.74					
D 44				0.81					
D 45				0.5					
D 47				0.53					
D 51					0.43				
D52					0.44				
D 53					0.74				
D 54					0.85				
D55					0.86				
D 61						0.83			
D 62						0.87			
D 64						0.76			
D 65						0.76			
D 65						0.86			
D 69						0.62			
D71						0.78			
D 72						0.88			
D 73						0.77			
D 81							0.84		
D 83							0.83		
D 84							0.81		
D 86							0.68		
D 88							0.68		

D 89							0.67		
D 810							0.65		
D 811							0.62		
D 91								0.55	
D 93								0.81	
D 94								0.82	
D 95								0.7	

Табела 7.Факторски оптеретувања за организациски фактори

Реден број	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
D12	0.767								
D13	0.69								
D15	0.62								
D 16	0.648								
D21		0.64							
D 22		0.91							
D 23		0.68							
D 24		0.64							
D 32			0.58						
D 34			0.67						
D 35			0.86						

D 43				0.74					
D 44				0.81					
D 45				0.5					
D 47				0.53					
D 51					0.43				
D52					0.44				
D 53					0.74				
D 54					0.85				
D55					0.86				
D 61						0.83			
D 62						0.87			
D 64						0.76			
D 65						0.76			
D 65						0.86			
D 69						0.62			
D71						0.78			
D 72						0.88			
D 73						0.77			
D 81							0.84		
D 83							0.83		
D 84							0.81		
D 86							0.68		
D 88							0.68		
D 89							0.67		
D 810							0.65		

D 811							0.62		
D 91								0.55	
D 93								0.81	
D 94								0.82	
D 95								0.7	

Сигурност на мерниот инструмент за испитување на влијанието на човечките и организациските фактори Сигурноста на мерниот инструмент зависи од неговата внатрешна конзистентност што може да се процени со кронбахот α, Spearman-Brown коефициент и Kendall-W.

По првичната анализа на EFA, секој фактор беше оценет со користење на кронбаховата α и во двата прашалници. Резултатите за операторите покажаа дека двата фактори имаат 124 вредности нешто под 0,7.

Испитувањето на матрицата за корелација помеѓу одделни прашања покажа дека кај секој фактор една ставка има ниско ниво на корелација (под 0,3 со други фактори), така што овие ставки беа отстранети и аронот на Кронбах беше повторно пресметан со соодветните фактори, други кои го опишуваат човечкиот фактор. По испрашувањето на кронбаховиот α (Табела 4.7), 63 прашања останаа во прашалникот за организациски фактори.

Табела 8.Вредности на Кронбаховиот тест за човечки и организациони фактори

Човечки фактор	Кронбахов α фактор	Организациски фактор	Кронбахов α фактор

D 1	0,77	D 1	0,86
D 2	0,80	D 2	0,83
D 3	0,74	D 3	0,74
D 4	0,74	D 4	0,75
D 5	0,79	D 5	0,86
D 6	0,91	D 6	0,87
D 7	0,75	D 7	0,93
D 8	0,92	D 8	0,74
D 9	0,81	D 9	0,94
		D 10	0,82

Kendall-W коефициентот (познат и како Кендалов коефициент на согласност) е непараметричен статистички тест и се користи за проценка на договорот меѓу испитаниците. Kendall-W коефициентот се движи од 0 (без никаков договор) до 1 (целосен договор).

Резултатите за Kendal-W тестот покажаа дека е статистички значаен за двата прашалници. Ако земеме предвид дека прашањата од прашалникот имаат 5 различни опции за одговори, од кои испитаниците избираат еден одговор, и дека прашањата 1 и 2, како и прашањата 4 и 5 може да се толкуваат како релативна согласност на испитаниците и Kendall-W не го зема предвид ова, може да се заклучи дека нивото на договор е 0,175 во случајот со операторот и 0,15 во случајот со менаџерот, претставуваат доста задоволителни вредности.

Коефициентот Spearman-Brown е коефициент на сигурност што може да се добие од сите можни комбинации на поделба на прашањето на два сета (разделување на половина).

Spearman-Brown треба да биде повеќе од 0,8 за да биде прифатлив. Резултатите од оваа студија покажуваат дека Spearman-Brown за операторите е 0,895, додека за менаџерите е 0,848, па затоа е адекватен и во двата случаи.

Потврдна анализа на факторите

Нема консензус кога станува збор за големината на примерокот при моделирање на структурни равенки. Постојат одредени општи правила, но тие се критикуваат дека се застарени и не се однесуваат на одредени специфични случаи. Примерокот не треба да биде премал, но преголемиот примерок може да доведе и до проблеми.

Бројот на фактори и прашања, податоците што недостасуваат, како и распределбата на податоците, сите влијаат на потребната големина на примерокот. Како и да е, примерокот во рамките на оваа студија од 268 испитаници и 9 фактори за операторите и 253 испитаници и 10 фактори за менаџерите, се вклопува во она што повеќето истражувачи го сметаат за адекватно за да се добијат релевантни резултати.

Постојат неколку важни белешки што треба да се земат предвид при спроведување на CFA. Прво, степени на слобода, кои AMOS ги дефинира на излезот, мора да бидат поголеми од 0. Во нашиот модел, бројот на степени на слобода df = 211, што го прави претходно идентификуван, т.е. моделот има доволно информации за да добие решение.

Второ, потребно е да се отстрани изразената мултиколинеарност, што значи дека ниту еден пар предмети не треба да имаат преголемо ниво на корелација со другите ставки. Ова значи дека ниедна ставка не треба да биде во значителна корелација со друга, што е потврдено и во добиен модел.

Во некои случаи, дури и кога сите претпоставки и барања се исполнети (моделот е однапред идентификуван, нема повеќеколинеарност, примерокот е со задоволителна големина), сепак може да се случи индексите за соодветност на моделот да не се во согласност со податоците.

Ова откритие сугерира дека моделот треба да се направи пофин (со бришење на некои варијабли, додавање на повеќе фактори, итн.). Бидејќи тоа беше случај и со моделите во оваа студија, беа анализирани само стандардизираните преостанати ковариjанти и стандардизираните тежини на регресија, како и нивните односи, отстранувајќи сè што се сметаше дека може да предизвика проблем со целосното вклопување на моделот.

Ова беше направено со повторувачки процес и предметите беа внимателно отстранети, едно по едно, со индексите на редење повторно пресметани по секое отстранување.

Беше важно да се остават најмалку три варијабли (ставки) по фактор, бидејќи некои автори сметаат дека ова е минимум. Вредностите на индексот на вклопување за добиениот модел на скала за мерење за тестирање на човечки фактор беа многу добри и се прикажани во Табела 9.

Во однос на моделот за испитување на влијанието на организациските фактори, добиените индекси се прифатливи, сепак, малку полоши од моделот за човечки фактори. Извршен е т-тест за да се тестира постоењето на статистичко значење на разликата помеѓу истите прашања во двата прашалници и беше добиено дека скоро сите прашања имаат статистички значајни разлики. Ова може да објасни зошто индексите на соодветност се разликуваат и кај двата модели.

Во однос на SEM, релативно малите вредности на $\chi 2$ ја потврдуваат валидноста на предложениот теоретски модел. Во добиениот модел за човечки фактори, вредноста е 307.6464 (што е помала од компаративната вредност на независниот модел од 5319.8886) додека во моделот за организациски фактори е 871.6256 (а компаративната вредност за моделот е 5240.8069).

Затоа, овие вредности се добри. Другите мерки за вклопување на моделот што се користат за проценка на целокупната веродостојност на моделот се прикажани во табелата:

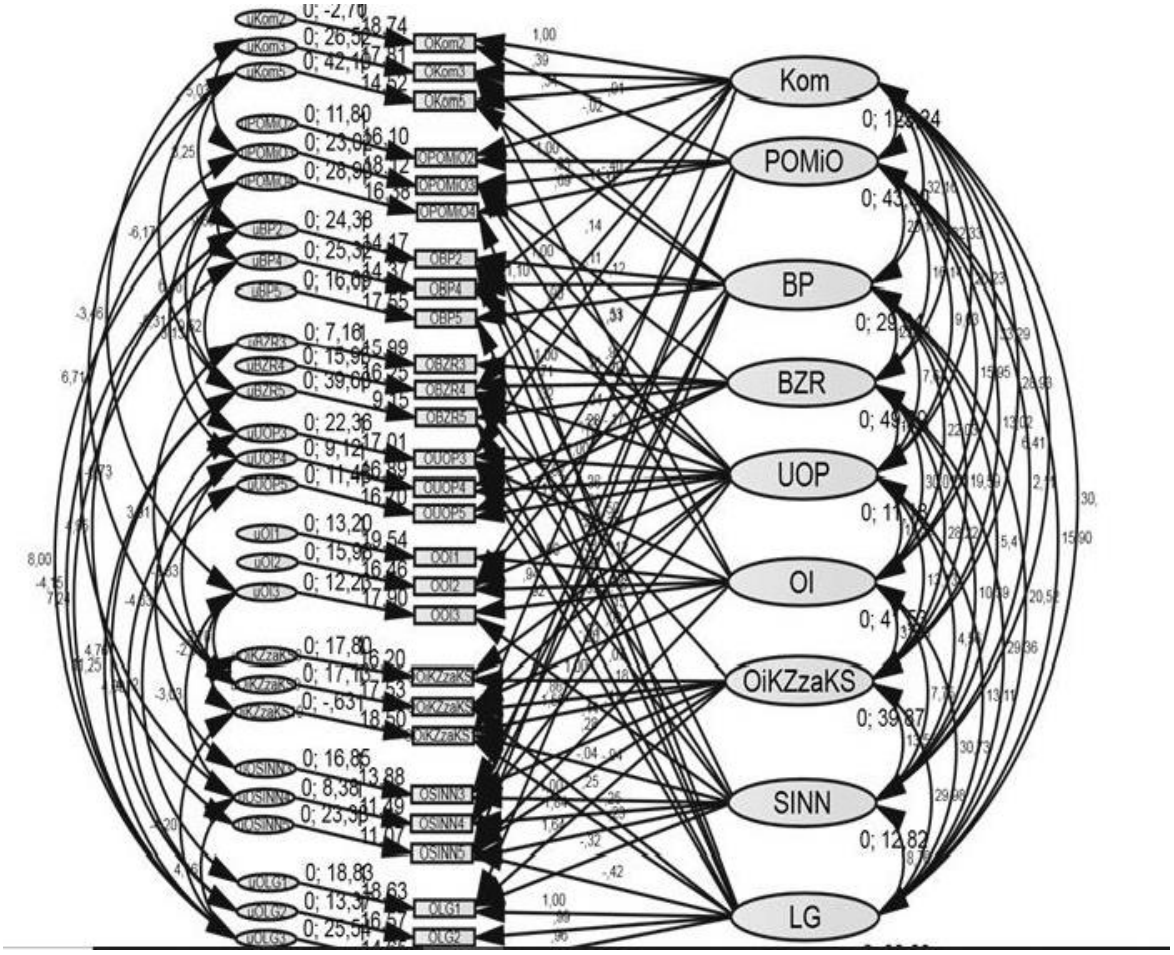
Табела 9.Сумирани вредости на индексот на поклопување за добиените модели на човечки и организациони фактори

Фитови	Препорачани вредности	Добиен модел за човечки фактори	Добиен модел за организациони фактори
$\chi 2$	-	307,6464	8716256
df	-	211	337
$\chi 2$ significance p	< = 0,05	0,0000	0

$\chi 2$ / df	< 5,0	1,4580	25864
NFI	>0,90	0,9422	,8337
RFI	>0,90	0,9038	,7853
CFI	>0,90	0,9805	,8888
TLI	>0,90	0,9676	,8564
RMSEA	< 0,05	0,0414	,0771

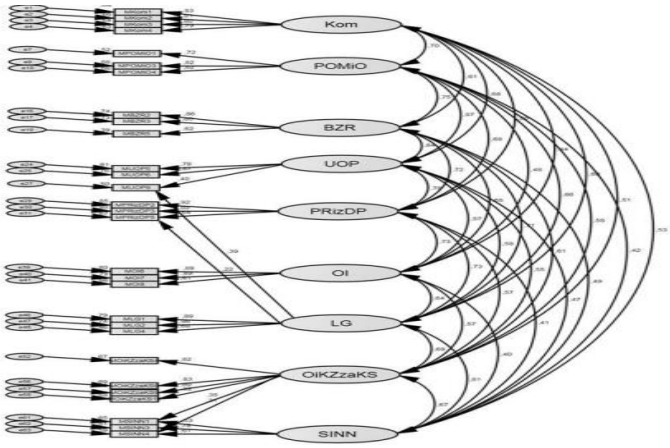
Добиените структурни модели прикажани на CFA дијаграмите, дадени на сликите 4.3 и 4.4, даваат увид во формулираната хипотеза. Овалите на дијаграмот ги претставуваат ненабудуваните латентни фактори, додека правоаголниците ги претставуваат набудуваните. Конечно, потврдната анализа покажа дека целокупното вклопување на моделот е прифатливо. При прегледување на моделот претставен на слика 4, може да се види дека има 9 латентни променливи, како и 27 манифестни варијабли.

Овие 27 набудувани манифестни варијабли функционираат како индикатори за нивните соодветни суштински фактори - латентни варијабли. Може да се заклучи дека целиот модел има многу добри индикатори за вклопување. Моделот на Слика 5 има 9 латентни фактори, како и 29 манифестирани варијабли.



Слика 4.Структурален модел за човечки фактори

Слика 5.Структурален модел за организациони фактори



Споредба на одговорите на последните прашалници за организациски и човечки фактори преку т-тест

Проценка на различноста на одговорите на истите прашања од последните прашалници за организациски и човечки фактори беше извршена со т-тест на спарени примероци. На овој начин, се покажа дека е потребно одделно да се набудуваат влијанијата на човечките и организациските фактори, бидејќи ставовите на вработените на повисоко и пониско хиерархиско ниво значително се разликуваат по прашањето на истите проблеми.

Бидејќи станува збор за одговори на вработените на повисоки и пониски хиерархиски нивоа во иста компанија, беше применет т-тест на спарени примероци со цел да се тестираат разликите во средните вредности на добиените одговори.

Одговорите на менаџерите и операторите на идентични прашања во повеќето случаи значително се разликуваат како што следува. Во МКом1 („Операторите пријавуваат сè, дури и помали проблеми што се јавуваат за време на работењето“), беше пронајдена статистички значајна разлика (М = 17,22; СД = 6,300) во однос на Оком1 („Кога ќе се појави некој проблем во процесот, тие можат да пријавете се на претпоставените без тешкотии и треба да го сторите тоа “) (М = 10,41; СД = 7,293); t (252) = 11.150; p <0.001.

Од друга страна, ставовите на вработените на различни хиерархиски нивоа во однос на МКом2 („Операторите пријавуваат сè, дури и помали проблеми што се јавуваат за време на работата“) и Оком2 („Надлежните реагираат навремено на пријавените проблеми и ги решаваат во соработка со нас ').) се без статистички значајни разлики (нивото на значење е 0,643).

За повеќето парови е добиена статистички значајна разлика како што може да се види во Табела 10. Ова ја објаснува разликата помеѓу моделот на организациски и човечки фактор, и малку полошите индекси на вклопување добиени со моделите на организациски фактор на CFA.

Табела 10.Споредување на резултатите од анкетите прашалници за организационите и човечките фактори

	Корелација на примероците кои се впарени			Тестови на примероците кои се впарени				
Парови	N	Корелации	Sig	Sr. Vr.	Стандардна д.	z	df	Sig. (2-tailed)
MKom1 & OKom1	253	-,015	810	6806	9709	11150	252	,000
MKom2 & OKom2	253	,052	,413	-,273	9358	-,464	252	,643
MKom3 & OKom3	268	-,082	,179	-1,560	10882	-2346	267	,020
MKom4 & OKom4	253	,115	,068	5308	9102	9277	252	,000
MKom5 & OKom5	253	-,063	319	-2312	10505	-3501	252	1
MPOMiO1 & OPOMiO1	253	,005	,942	,565	9522	,944	252	,346
MPOMi	253	,073	,249	4,601	9,127	8,018	252	0,000

O2 & OPOMiO 2								
MPOMi O3 & OPOMiO 3	253	-,030	,637	-,304	9288	-,521	252	,603
MBZR2 & OBZR2	268	,144	,018	8582	8875	15831	267	,000
MBZR3 & OBZR3	253	-,005	,943	1783	9537	2973	252	3
MBZR4 & OBZR4	253	-,035	,582	-7470	9522	12479	252	,000
MBZR5 & OBZR5	253	-,055	385	5 ,047	10 ,074	7 ,970	252	0
MUOP3 & OUOP3	253	- ,056	375	- 1 ,115	10 ,052	- 1 ,764	252	79
MUOP4 & OUOP4	268	,112	,068	- 2 ,966	9 ,866	-4 ,922	267	,000
MUOP5 & OUOP5	253	,061	,333	3 ,530	9 ,094	6 ,174	252	,000

Интеграција на човечките и организационите фактори во моделот на проценка на ризикот и интегритетот на опремата под притисок

Оваа студија покажува дека е можно со сигурност да се измери влијанието на човечките и организациските фактори врз ризикот при работа со опрема под притисок со прашалници составени од 27 и 29 прашања или димензии, кои опишуваат 9 различни фактори - конструкции во двата прашалници.

Врз основа на тоа, беа измерени влијанијата на човечките и организациските фактори, односно квантифицирани, така што максималните вредности на истите, индивидуално забележани (без влијание на меѓузависност), можат да бидат прикажани како во табелите 11,12.

Табела 11.Максимални вредности за човечките фактори

Човечки фактор	Максимална вредност
Kom	246
BZR	99
POMiO	87
OI	83
LG	80
OiKZzaKS	80
BP	58
SINN	26
UOP	22

Највлијателен човечки фактор е „комуникација“ со вредност од 246, додека факторот „управување со организациските промени“ е најмалку влијателен. Факторот „комуникација“ е 2,5 до 3 пати посилен од „безбедноста и здравјето при работа“, „потенцијално опасни материјали и опрема“, „одржување / проверка“, „човечка грешка“ и „обука и компетентност на вработените за кризни ситуации“; тој е 4,2 пати посилен од „безбедноста на процесот“ и околу 11 пати посилен од „спроведувањето истражување по несреќата“ и „управувањето со организациските промени“

Табела 12. Максимални вредности на организационите фактори

Интеграција на човечките и организационите фактори во моделот на проценка на ризикот и интегритетот на опремата под притисок

Организациски фактор	Максимални вредности
PRizDP	104
OI	95
BZR	85
LG	85
OiKZzaKS	67
Kom	64
POMiO	50
UOP	49
SINN	29

Највлијателен организациски фактор е факторот „подизведувачи од други компании“ со вредност 104, додека факторите „одржување / инспекција“, „безбедност и здравје при работа“ и „човечка грешка“ се од 10% до 20% помалку влијателни од тоа Така, разликата помеѓу највлијателниот организациски фактор и оние што следат е значително помала отколку во случајот со човечките фактори. Следува „обука и компетентност на вработените за кризни ситуации“, „комуникација“, „потенцијално опасни материјали и опрема“ и „управување со организациски промени“ со вредности од 67 до 49 и факторот „спроведување на истражување по несреќи“ со најмала вредност од 29.

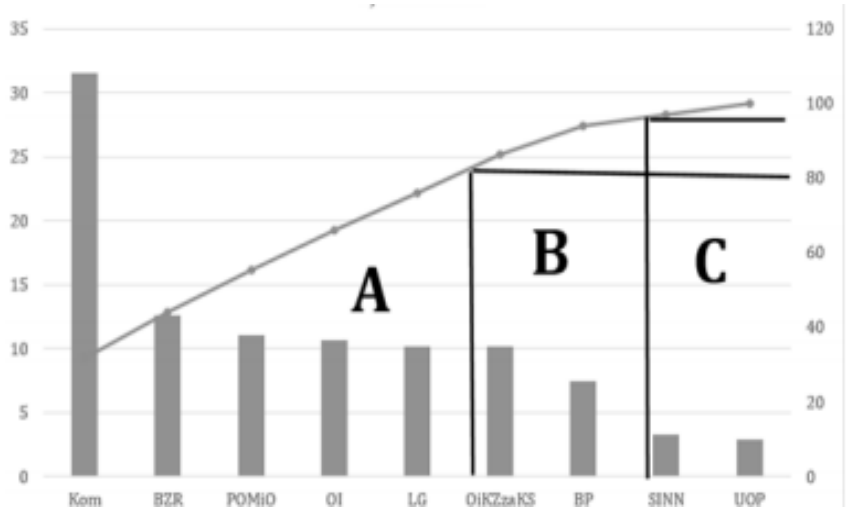
Бидејќи средствата, без разлика дали се финансиски или временски, понекогаш се доста ограничени во компаниите, корисно е да се направи Парето анализа на податоците од табелите 11 и 12, со цел да се види колку фактори учествуваат со 80, 15 и 5% во вкупниот број влијание.

Резултатите се прикажани на сликите подолу каде што левата вертикална оска на дијаграмот го покажува процентот на учество на секој фактор во вкупното влијание, додека десната оска го покажува кумулативниот процент на учество. Парето-анализата покажува дека кај човечките фактори учествуваат факторите КОМ, БЗР, ПОМиО, ОИ, ЛГ и делумно

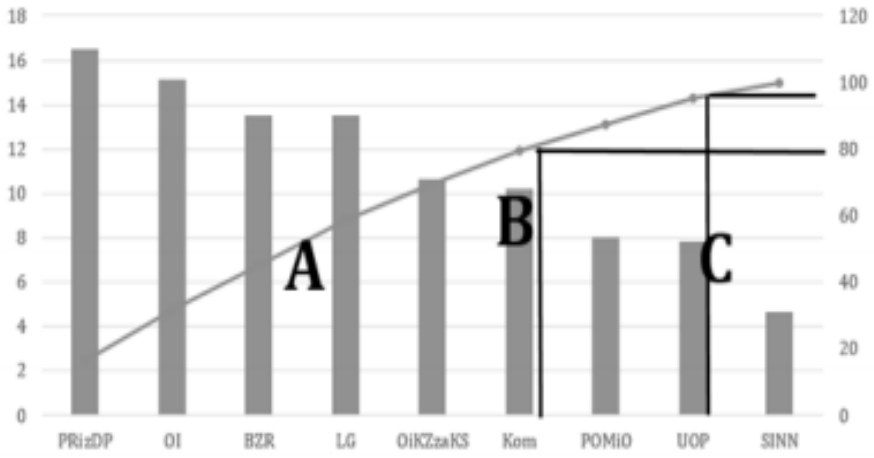
ОиКЗзаКС со 80% додека во организациските фактори учествуваат факторите ПризДПП, ОИ, БЗР, ЛГ, ОиКЗзаКС и КОМ со 80%.

Факторот „обука и компетенции на вработените за кризни ситуации“ е еден од повлијателните фактори за менаџерите (област А), додека за операторите е еден од помалку влијателните (област Б). Врз основа на резултатите од анализата на Парето, во случај на ограничени ресурси, може да се донесат внимателни одлуки за понатамошни активности, на ниво на секоја одделна компанија.

Слика 6.Паретова анализа за човечки фактори



Слика 7.Паретова анализа за организациони фактори



Сепак, бидејќи наведените човечки и организациски фактори се меѓусебно зависни, доаѓаме до вкупните скали за мерење, дадени во табелите 13,14.

Табела 13.Вкупна мерна скала за човечки фактори

Човечки фактори		MAX	MIN
POMiO	Kom	112,5	0
POMiO	BP	46,3	0
Kom	BP	64,3	0
BP	BZR	46,4	0
POMiO	BZR	32,3	0
Kom	BZR	64,7	0
BZR	UOP	30,8	0
BP	UOP	15,3	0
POMiO	UOP	18,1	0

Kom	UOP	40,5	0
UOP	OI	30,8	0
BZR	OI	60,0	0
BP	OI	44,1	0
POMiO	OI	31,9	0
Kom	OI	66,6	0
OI	OiKZzaKS	63,1	0
UOP	OiKZzaKS	26,3	0
BZR	OiKZzaKS	56,4	0
BP	OiKZzaKS	39,2	0
POMiO	OiKZzaKS	26,0	0
Kom	OiKZzaKS	57,9	0
OiKZzaKS	SINN	27,1	0
UOP	SINN	15,5	0
BP	SINN	9,1	0
POMiO	SINN	10,8	0
Kom	SINN	4,2	0
BZR	SINN	12,8	0
LG	SINN	20,8	0
LG	OiKZzaKS	60,0	0
LG	OI	61,5	0
LG	BZR	58,7	0
LG	BP	41,0	0
LG	POMiO	31,8	0
LG	Kom	61,0	0

LG	UOP	26,2	0

Табела 14.Вкупна мерна скала за организациони фактори

Човечки фактори		MAX	MIN
Kom	PoMiO	39,7	0
POMiO	BZR	49,0	0
Kom	BZR	44,9	0
BZR	UOP	54,6	0
POMiO	UOP	43,5	0
Kom	UOP	38,1	0
UOP	PRizDP	56,1	0
BP	PRizDP	15,3	0
BZR	PRizDP	67,5	0
POMiO	PRizDP	48,8	0
Kom	PRizDP	45,4	0
PRizDP	OI	72,6	0
BZR	OI	58,2	0
Kom	OI	34,8	0
OI	LG	57,3	0
PRizDP	LG	68,6	0
UOP	LG	37,8	0
BZR	LG	60,0	0
POMiO	LG	43,2	0
Kom	LG	44,2	0

LG	OiKZzaKS	52,4	0
OI	OiKZzaKS	45,2	0
BZR	OiKZzaKS	45,9	0
POMiO	OiKZzaKS	33,7	0
Kom	OiKZzaKS	33,5	0
SINN	OiKZzaKS	29,6	0
SINN	OI	30,5	0
SINN	PRizDP	21,1	0
SINN	UOP	22,5	0
SINN	BZR	18,0	0
SINN	POMiO	24,6	0
SINN	BP	41,0	0
SINN	Kom	16,2	0
SINN	Kom	22,8	0

Резултатите од табелите покажуваат дека влијанието на човечките фактори е само 5,6% послабо од влијанието на организациските фактори, што дополнително ги потврдува резултатите од спарен т-тест, што укажува на тоа дека човечките и организациските фактори треба да се набудуваат и анализираат одделно, и повторно вклучете ги и двете во анализата, сега во достапните истражувања не е направено.

Вредностите на веројатноста дефинирани преку влијанието на човечките и организациските фактори во предложената методологија за проценка на ризик на опремата под притисок 149 се добиваат со помош на развиените модели презентирани во претходното поглавје. Имено, од добиените CFA модели за оператори и менаџери, добиен е систем на равенки, кои можат да бидат претставени со матрични равенки добиени од моделот според општата формула дадена на следната слика.

Матрицата [Y] од левата страна на равенката, ги означува вредностите на

манифестните променливи, т.е. вредности добиени како одговори на прашањата од прашалникот на секој поединечен испитаник (27 за оператори и 29 за менаџери - што е обележано со индекс од 1,2… p).

Матрицата [λ] ги содржи факторните оптоварувања на поставениот модел, каде што m во индексот означува број на латентни фактори, така што матрицата има димензии p x m. Постојат 9 латентни фактори во двата модели. Матрицата [η] означува латентни променливи, т.е. фактори, додека во последната матрица од десната страна на равенката се дадени грешките во мерењето.

Слика 8.Општ облик на матричните равевнки изведени од CFA моделот

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \lambda_{p1} & \lambda_{p2} & \cdots & \lambda_{pm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \cdots \\ \eta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \cdots \\ \varepsilon_p \end{bmatrix}.$$

$$\mathbf{y} = \boldsymbol{\Lambda\eta} + \boldsymbol{\varepsilon}\,.$$

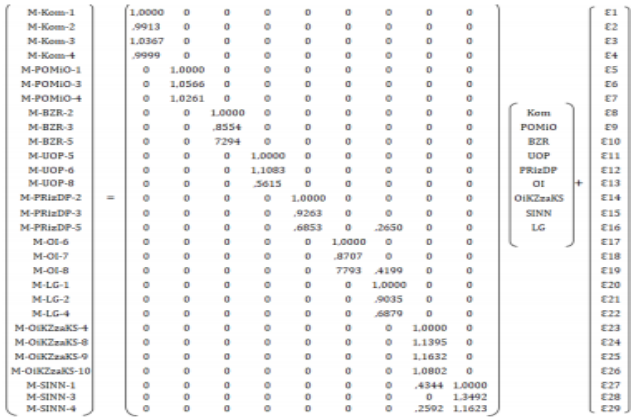
Слика 9.Резултати од матричните пресметки за човечки фактори

O-Kom-2		1,0000	-,9082	0	0	0	0	0	0	0	
O-Kom-3		,3877	0	0	0	0	0	0	0	0	
O-Kom-5		,3404	0	0	0	0	0	0	0	0	
O-POMiO-2		-,0244	1,0000	0	0	0	0	0	0	0	
O-POMiO-3		0	,6329	0	0	0	0	0	0	0	
O-POMiO-4		0	,6928	0	0	0	0	0	0	0	
O-BP-2		0	0	1,0000	0	0	0	0	0	0	
O-BP-4		0	0	1,0963	0	-,0404	0	0	0	0	
O-BP-5		0	0	,8970	0	0	0	0	0	0	
O-BZR-3		0	0	0	1,0000	0	0	0	0	0	
O-BZR-4		0	0	0	,7098	-,1743	0	0	0	0	
O-BZR-5		0	0	0	,3227	0	0	0	0	0	
O-UOP-3		0	0	0	0	1,0000	,5040	0	0	0	
O-UOP-4	=	0	0	0	-,2783	2,5180	0	0	0	0	
O-UOP-5		0	0	0	,0558	1,8550	0	0	0	0	
O-OI-1		0	0	0	0	0	1,0000	0	0	0	
O-OI-2		0	0	0	0	-,4348	,9352	0	0	0	
O-OI-3		0	0	0	0	0	,9173	0	,4136	0	
O-OiKZzaKS-8		0	0	0	0	-,0359	0	1,0000	0	0	
O-OiKZzaKS-9		0	0	0	0	,0396	0	,8604	0	,2522	
O-OiKZzaKS-10		,0388	0	0	0	0	0	1,5641	-,9361	-,2289	
O-SINN-3		0	0	,2586	0	0	0	,2757	1,0000	0	
O-SINN-4		0	,3615	-,3846	0	,1991	0	0	1,8365	0	
O-SINN-5		0	-,0040	0	0	0	,4432	-,0438	1,6407	-,420	
O-LG-1		0	0	-,3313	0	0	0	,2544	0	1,0000	
O-LG-2		0	0	0	0	0	0	0	0	,9855	
O-LG-3		0	0	0	0	0	0	0	0	,9612	

Kom	+		E1
POMiO			E2
BP			E3
BZR			E4
UOP			E5
OI			E6
OiKZzaKS			E7
SINN			E8
LG			E9
			E10
			E11
			E12
			E13
			E14
			E15
			E16
			E17
			E18
			E19
			E20
			E21
			E22
			E23
			E24
			E25
			E26
			E27

Слика 10.Резултати од матричните пресметки за организациони фактори

Бидејќи влијанието на човечките фактори и влијанието на организациските фактори,



кои ги опишуваат овие две веројатности, се меѓусебно зависни настани, конечно, вкупната веројатност дефинирана преку човечки и организациски фактори може да се добие преку

$$P_{ljo} = P_{lj} + P_o - P_{lj}P_o$$

равенката:

Генеричките фреквенции на неуспех се користат во тековните практики за проценка на ризик, иако се признава дека податоците поврзани со одреден вид опрема (вклучително и опрема под притисок) не се ажурирани. Јавните бази на податоци не го земаат предвид стареењето на материјалите, поновите системи за квалитет и различните системи за одржување.По решавањето на системот на равенки на матрицата, добиени се следниве вредности на веројатност, особено за човечки и особено за организациски фактори:

Plj = 0,39

Po = 0,26

Конечно, веројатноста дефинирана преку влијанието на човечките и организациските фактори се пресметува преку равенката:

$$P_{I/o} = P_{I/} + P_o - P_{I/}P_o = 0{,}39 + 0{,}26 - 0{,}39 \cdot 0{,}26 = 0{,}55$$

Заклучок

Во последниве децении, контролата на безбедноста на процесите и проценката на ризикот поврзани со големи индустриски несреќи со сериозни последици стана горливо прашање за кое треба да се работи уште многу. Како што покажува историјата на вакви несреќи, индустријата за процеси е најкритична по ова прашање, а во рамките на неа, опремата чии дефекти во повеќето случаи доведуваат до сериозни последици е опремата под притисок. Несреќи со сериозни последици очигледно претставуваат комбинација на влијание на повеќе различни фактори: недоволно истражени организациски и човечки фактори од една страна и технички фактори кои можат да се толкуваат преку стареење на опремата, т.е. преку интегритетот на конструкцијата, од друга страна рака.

Развојот на софистициран дизајн во рамките на сложените индустрии денес, како и зголемената потреба за намалување на напорната работа на персоналот, доведоа до потреба посеопфатно да се разгледа овој проблем, анализирајќи ги самите причини за несреќи. Сепак, анализата на постојните модели и алатки за проценка на ризикот доведува до дефинитивен заклучок дека ниту еден од нив ги нема сите карактеристики потребни за сеопфатен, финансиски и одзема многу време, а сепак доволно точен начин за проценка на ризикот поврзан со безбедноста на процесот и несреќи со сериозни последици.

Соодветно на тоа, во рамките на оваа дисертација беше препознаена потребата да се спроведе истражување на оваа многу привлечна тема, што резултираше со развој на оригинална методологија за проценка на ризик при работа со опрема под притисок, заснована на механиката за фрактури и влијанието на човечките и организациските фактори

Врз основа на добиените резултати, целта на магистерската дисертација да развие методологија за проценка на ризик при работа со опрема под притисок, заснована на механика на фрактури и влијание на човечки и организациски фактори, што ќе овозможи

проценка на ризик на релативно едноставен, но прецизен начин , постигнато е. основните и изведените хипотези се покажаа како што следува.

Истражувањето ја потврди основната хипотеза H1.0 дека влијанието на човечките и организациските фактори не е доволно или на доволно точен и прецизен начин земени предвид во моделите за проценка на ризик при работењето на опремата под притисок.

Истражувањето преку т-тест потврди дека е можно да се користат статистички мултиваријантни методи за да се утврдат човечки и организациски фактори кои влијаат на ризикот од работа со опрема под притисок и дека е можно да се измери / квантифицира влијанието на човечките и организациските фактори во рамките на компаниите што работат со опрема. под притисок користејќи соодветна мерна скала (мерен инструмент), што ги докажа двете изведени хипотези H1.1 и H1.2

Соодветно на тоа, може да се заклучи дека обезбедувањето валиден и сигурен инструмент за мерење за испитување на влијанието на овие фактори, што се појави како посебен ентитет како дел од развојот на методологијата, може да биде од голема корист за индустријата. Понуденият инструмент може да обезбеди проактивна, наспроти реактивна, информација за влијанието што го имаат операторите и менаџерите вработени во организацијата врз ризиците од работа на опремата под притисок, пред дадените влијанија да доведат до несреќи со сериозни последици.

Потоа се покажа дека интегритетот на конструкциите може да придонесе за поточна проценка на ризикот при работењето на опремата под притисок и дека со примена на принципите на механиката за фрактури е можно со сигурност да се процени интегритетот на садовите под притисок, со што се потврдува втората основна хипотеза H2.0 и изведена хипотеза H2.1. Беше заклучено дека факторите, како што се преостанатите напони, резултатите од тестовите што не се уништуваат, како и влијанието на тестовите за притисок на водата, може лесно да се измерат и да се обезбедат како податоци потребни од страна на менаџерите при донесување одлуки во врска со понатамошната употреба на опремата под притисок.

Конечно, верификацијата на целата методологија ја потврди третата основна хипотеза H3.0, дека е можно да се подобрат моделите за проценка на ризик и управување со ризик

воопшто во работењето на опремата под притисок во областа на едноставноста и прецизноста, земајќи ги предвид голем број на релевантни фактори - човечки, организациски и фактор на механика на фрактури.

Може да се заклучи дека развиената методологија за проценка на ризик при работа со опрема под притисок ги има сите следниве карактеристики, што досега не ги понуди постоечки модел за проценка на ризик:

- Методологијата е сеопфатна, бидејќи вклучува проценка на веројатноста и последиците, како и проценка на ризикот врз основа на нив, што го поддржува фактот дека толкувањето на ризикот во неговата основа ги подразбира обете овие димензии.

- Вклучува посебна проценка на влијанието на човечките и организациските фактори и во суштина ги одделува овие два концепта.

- Проценка на влијанието на човечките и организациските фактори се врши со помош на валиден статистички метод како што е мерен инструмент во форма на прашалник.

- Инструментот за мерење за проценка на влијанието на човечките и организациските фактори се состои од оптимален број прашања за спроведување во пракса.

- Анализата на ризикот во рамките на методологијата е од квантитативна природа.

- Методологијата е применлива во кој било сектор во индустријата.

- Методологијата е применлива дури и кога не е можно да се собере тим експерти од различни области.

- Методологијата е доволно едноставна и финансиски прифатлива што и средните и малите компании можат да ја применат.

Излезот од предложената методологија е проценка на ризик при работа со опрема под притисок, т.е. позицијата на точка во матрицата на ризик дефинирана од две координати, што покажува на која категорија на ризик спаѓа предметниот предмет.

Оригиналната методологија за проценка на ризик развиена на овој начин вклучува

квантификација на влијанието на човечките и организациските фактори врз проценката на ризикот, што се интегрира со примена на принципот на структурен интегритет од страна на механиката на фрактури, во една сеопфатна, а сепак едноставна единица, која може да биде се користат како големи индустриски системи. како и мали и средни претпријатија од различни области на деловно работење, каде и да се користи опрема со висок ризик под притисок и каде и да е безбедноста на процесот е важен дел од деловната активност.

Практичниот придонес на ова истражување, како што се очекуваше, се рефлектира во придобивките за истражувачите од научната област (очекувана верификација и понатамошен развој на предложената методологија), експертите во индустриите опфатени со истражувањето ќе ја применат нејзината верификација и, доколку е можно, подобрување на безбедноста на процесот каде и да се користи опрема под притисок) и, се разбира, консултанти, кои работат на имплементација на системи за управување ориентирани кон ризици (методологијата треба да ја олесни нивната работа и да обезбеди насоки за проценка на ризик).

Резултатите од ова истражување треба да се толкуваат во согласност со неколку нејзини ограничувања. Прво, точноста на одговорите на прашањата од прашалникот за проценка на човечките и организациските фактори зависи од искреноста и волјата на самите испитаници.

За да се олесни овој недостаток, прашалниците беа анонимни и строго доверливи, а целта на прашалникот им беше презентирана на работниците како нешто што потенцијално би влијаело и на подобрувањето на нивните работни услови. Покрај тоа, секогаш имаше контролно прашање што иницираше исклучување на дел од анкетите од примерокот. Меѓутоа, кога станува збор за живи субјекти, секогаш треба да се биде внимателен.

Второ, бидејќи бројот на оператори кои работат со опрема под притисок во Северна Македонија е релативно мал, особено во споредба со другите индустриски развиени земји, би било многу корисно да се тестира истиот прашалник понатаму во Северна Македонија, како и во друга земја и на тој начин потврдувајќи ги резултатите од ова истражување.

Користена литература

1.Pasman, H. J. (2015). Risk Analysis and Control for Industrial Processes-Gas, Oil and Chemicals: A System Perspective for Assessing and Avoiding Low-Probability, High-Consequence Events. Butterworth-Heinemann.

2.OECD. (2012). Corporate Governance for Process Safety: Guidance for senior leaders in high hazard industries. http://www.oecd.org/env/ehs/chemicalaccidents/corporate%20governance%20for%20process%20safetycolour%20 cover.pdf

3.Fabiano, B., & Currò, F. (2012). From a survey on accidents in the downstream oil industry to the development of a detailed near-miss reporting system. Process Safety and Environmental Protection, 90(5), 357-367.

4.Swuste, P., Theunissen, J., Schmitz, P., Reniers, G., & Blokland, P. (2016). Process safety indicators, a review of literature. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 40, 162-173.

5.Lees, F. (2012). Lees' Loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control. Butterworth-Heinemann.

6.Levinson, D. (2015). Regulating Ammonium Nitrate Fertilizer Under the General Duty Clause. Pace Envtl. L. Rev., 33, 53.

7.Navarro, C. (2012). Fatal explosion at natural-gas plant in Tamaulipas exposes safety, staffing problems for state-run oil company PEMEX.

8.National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill. (2011). Deep water: the Gulf oil disaster and the future of offshore drilling (p. 398). Perseus Distribution Digital.

9.Marhavilas, P. K., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24(5), 477-523.

10.Hubbard, D. W. (2009). The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it. John Wiley & Sons.

11.Wilson, L., McCutcheon, D., & Buchanan, M. (2003). Industrial safety and risk management. University of Alberta.

12.API, RBI. (2008). Basic Resource Document: API-581. American Petroleum Institute

13.Nivolianitou, Z., Konstandinidou, M., & Michalis, C. (2006). Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). Journal of hazardous materials, 137(1), 1-7.

14.Barnett, R. (2006). The Esso Gas Plant Explosion.

15.Hopkins, A. (2000). Lessons from Esso's Gas Plant Explosion at Longford. In Lessons From Disasters: Seminar Notes (p. 17). Institution of Engineers, Australia

16.Baker, J., Bowman, F. L., Erwin, G., Gorton, S., Hendershot, D., Leveson, N., ... & Wilson, L. (2007). The report of the BP US refineries independent safety review panel. BP US Refineries Independent Safety Review Panel.

17.Christou, M., & Konstantinidou, M. (2012). Safety of offshore oil and gas operations: Lessons from past accident analysis. Joint Research Centre of the European Commission, 1-60.

18.NASA Safety Center. (2013). The Case for Safety THE NORTH SEA PIPER ALPHA DISASTER. https://nsc.nasa.gov/SFCS/SystemFailureCaseStudy/Details/112

19.Piper Alpha. (2018, January 1). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 09:58, January 17, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Piper_Alpha&oldid=818127 796

20.Pemex. (2017, December 9). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 10:08, January 17, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Pemex&oldid=814543933

21.U.S. chemical safety and hazard investigation board, CSB. (2001, March). Investigation report. Refinery fire incident. Tosco Avon Refinery Fire. http://www.csb.gov/assets/1/19/Tosco_Final_Report.pdf

22.Deepwater Horizon explosion. (2018, January 15). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 10:30, January 17, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Deepwater_Horizon_explosion &oldid=820611701

23.Smith, P., Kincannon, H., Lehnert, R., Wang, Q., & D Larrañaga, M. (2013). Human error analysis of the Macondo well blowout. Process Safety Progress, 32(2), 217- 221.

24.Sedmak, A., Sedmak, S., & Milović, L. J. (2010). Pressure equipment integrity assessment by elastic-plastic fracture mechanics methods. Monograph. Society for Structural Integrity and Life (DIVK).

25.Jovanovic, A. (2004). Overview of RIMAP project and its deliverables in the area of power plants. International journal of pressure vessels and piping, 81(10), 815-824.

26.Skogdalen, J. E., & Vinnem, J. E. (2011). Quantitative risk analysis offshore— human and organizational factors. Reliability Engineering & System Safety, 96(4), 468-479.

27.Wu, W. (2010). An application of human factors analysis and classificationi system to identify organizational factors in maritime accidents

28.Human and safety executive, HSE. (2005, October). INSPECTORS TOOLKIT. Human factors in the management of major accident hazards. http://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/toolkitintro.pdf

29.Wold, T., & Laumann, K. (2015). Safety management systems as communication in an oil and gas producing company. Safety science, 72, 23-30.

30.Garcia, A. M., Boix, P., & Canosa, C. (2004). Why do workers behave unsafely at work? Determinants of safe work practices in industrial workers. Occupational and Environmental Medicine, 61(3), 239-246.

31.Fernández-Muñiz, B., Montes-Peón, J. M., & Vázquez-Ordás, C. J. (2012). Occupational risk management under the OHSAS 18001 standard: analysis of perceptions and attitudes of certified firms. Journal of Cleaner Production, 24, 36-47.

32.Milazzo, M. F., & Aven, T. (2012). An extended risk assessment approach for chemical plants applied to a study related to pipe ruptures. Reliability Engineering & System Safety, 99, 183-192.

33.Kirin, S., Jovanović, A., Stanojević, P., Sedmak, A., & Džindo, E. (2011). Analiza rizika integriteta konstrukcija–primena na veliku kompaniju risk analysis in structural integrity–application to a large company. Structural Integrity and Life, 11(3), 209–212

34.Milijic, N., Mihajlovic, I., Strbac, N., & Zivkovic, Z. (2013). Developing a questionnaire for measuring safety climate in the workplace in Serbia. International journal of occupational safety and ergonomics, 19(4), 631- 645.

35.Tharaldsen, J. E. (2011). In safety we trust. Safety, Risk and Trust in the North Sea Petroleum Industry.

36.Mearns, K., Whitaker, S. M., & Flin, R. (2003). Safety climate, safety management practice and safety performance in offshore environments. Safety science, 41(8), 641-680.

37.Mohaghegh, Z., & Mosleh, A. (2009). Incorporating organizational factors into probabilistic risk assessment of complex socio-technical systems: Principles and theoretical foundations. Safety Science, 47(8), 1139-1158.

38.Kauer, R., Jovanovic, A., Angelsen, S., & Vage, G. (2004, January). Plant Asset Management: RIMAP (Risk-Based Inspection and Maintenance for European Industries)-The European Approach. In ASME/JSME 2004 Pressure Vessels and Piping Conference (pp. 183-192). American Society of Mechanical Engineers.

39.Shepherd, B. W. O. (2005). Safety implications of european risk based inspection and maintenance methodology. HSE Research Reports. UK: Prepared by Mitsui Babcock Technology for the Health and Safety Executive, UK.

40.Khan, F. I., & Haddara, M. M. (2003). Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. Journal of loss prevention in the process industries, 16(6), 561-573.

41.Kirin, S., Jovanović, A., Stanojević, P., Sedmak, A., & Džindo, E. (2011). ANALIZA RIZIKA INTEGRITETA KONSTRUKCIJA–PRIMENA NA VELIKU KOMPANIJU RISK. Structural Integrity and Life, 11(3), 209-212.

42.JOVANOVIC, A., RENN, O., & SALVI, O. (2010). 2nd iNTeg-Risk Conference: New Technologies & Emerging Risks. Dealing with multiple and interconnected emerging risks

43.Knegtering, B., & Pasman, H. J. (2009). Safety of the process industries in the 21st century: a changing need of process safety management for a changing industry. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(2), 162-168

44.Yong, A. G., & Pearce, S. (2013). A beginner's guide to factor analysis: Focusing on exploratory factor analysis. Tutorials in quantitative methods for psychology, 9(2), 79-94.

45.Oltedal, H. A. (2011). Safety culture and safety management within the Norwegian-controlled shipping industry. State of art, Interrelationships and Influencing Factors", University of Stavanger, Doctor of Philosophy, 26.

46.Lambert, H. E., & Alvares, N. J. (2003). The Pepcon Disaster-Causative Factors and potential Preventive and Mitigative Measures (No. UCRL-JC-154704). Lawrence Livermore National Lab., CA (US).

47.Pett, M. A., Lackey, N. R., & Sullivan, J. J. (2003). Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research. Sage.

48.Spasojević Brkić, V. (2009). Kontingentna teorija i menadžment kvalitetom. Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet.

49.Saunders, M., Thornhill. A., and Lewis, P. (2003). Research Methods for Business Students. (3rd

ed). Harlow: Financial Times Prentice Hall.

50.Spasojevic Brkic, V. K., & Veljkovic, Z. A. (2017) Structural Equation Modeling of Organizational Systems. XVII International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'17) Novi Sad, Serbia, October 4. – 6. University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, 54-59

Прилози

Анкетен прашалник за општи податоци

Вид на деловна активност:

Основачки капитал на компанијата:

Број на вработени во компанијата:

Ваша работа во компанијата (по избор):

Вашето образование:

Возраст:

Пол:

Години на работно искуство:

Дали вашата компанија го проценува ризикот со кој било од следниве методи:

1. Квалитативни методи
2. Квантитативни методи
3. API 581
4. RIMAP
5. Друго
6. Јас не сум информиран/а

Анкетен прашалник за комуникација во компанијата

Колона А (Сите прашања се однесуваат за опрема под притисок)

1. Обично само им пријавувам големи проблеми на претпоставените

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

2. Кога има некој проблем во процесот, можам да го пријавам на моите претпоставени без никакви тешкотии и треба да го сторам тоа.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

3. Супервизорите навремено реагираат на пријавените проблеми и ги решаваат во соработка со нас

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

4. Во мојата компанија не постои специфичен систем со кој сме информирани за научените лекции по неуспехот и несреќите

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

5. Постои јасно дефиниран систем според кој тие нè информираат за сите промени во процесите, процедурите и организацијата во компанијата

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

6. Кога ја преземам смената, постои точна постапка што мора да ја следам за да ги добијам сите потребни информации од претходната смена.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

7.Кога работам под притисок во смисла дека работата доцни и има финансиски загуби, менаџерите во комуникација со нас се фокусираат целосно на извршување на работата што е можно побрзо и не предупредуваат да ги следиме безбедносните процедури.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

8. Во мојата компанија често имаме дискусии за безбедноста на процесите и менаџерите бараат од нас мислење за тоа

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

Колона Б (Се однесува на последици од откажувања на опремата под притисок)

1. Проценете како горенаведената ставка влијае на прашањето 1 за сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

2. Проценете како горенаведената точка во прашање 2 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

3. Проценете како горенаведената точка во прашање 3 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

4. Проценете како горенаведената точка во прашање 4 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

5. Проценете како горенаведената ставка во прашање 5 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

6. Проценете како горенаведената ставка во прашање 6 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

7. Проценете како горенаведената ставка во прашање број 7 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

8. Проценете како горенаведената ставка во прашање број 8 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

Анкетен прашалник за потенцијално опасни материјали и опрема

Колона А

1. Јас јасно ги познавам потенцијалните опасности за секој поединечен материјал и опрема со која работиме во компанијата.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

2. Моите непосредни претпоставени честопати ми кажуваат за потенцијалните опасности поврзани со материјалот и опремата со која работиме во компанијата и го проверуваат моето знаење за оваа тема.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

3. Знам каде се процедурите и упатствата во врска со работата со потенцијално опасни материјали и опрема и тие ми се секогаш достапни.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

4. Во мојата компанија има мерки за спречување и контрола на најголемите потенцијални опасности поврзани со безбедноста на процесите и јас точно знам што се тие.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

5. Во случај да работиме со потенцијално опасни супстанции кои не се детално опфатени со закон (како што е амониум нитрат), ги идентификуваме сите опасности поврзани со овој материјал и препораки за негово чување, над она што го бара законот.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

Колона Б

1. Проценете како горенаведената ставка во прашање 1 влијае на сериозноста на последиците од потенцијални дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

2. Проценете како горенаведената точка во прашање 2 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

3. Проценете како предметниот предмет број 3 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

4. Проценете како горенаведената точка во прашање 4 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

5. Проценете како горенаведената ставка во прашање 5 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

Анкетен прашалник за безбедноста на работните процеси

Интеграција на човечките и организационите фактори во моделот на проценка на ризикот и интегритетот на опремата под притисок

Колона А

1. Резултатите од ревизиите (ревизии, или внатрешни или надворешни) на безбедноста на процесите во нашата компанија се секогаш целосно позитивни.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

2. Во мојата компанија, постои документ што често го гледам или на кој честопати нè упатуваат менаџерите, што ја дефинира позицијата на управувањето во врска со безбедноста на процесот.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

3. Темата за безбедноста на процесот ретко се обраќа на состаноците со претпоставените.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

4. Менаџерите ни ги презентираа и објасниј индикаторите за успешност на безбедноста на процесите за нашата компанија.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

5. Јас точно знам која е главната личност одговорна за безбедноста на процесот во компанијата и како да се дојде до тоа.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

6. Кога доцниме со рокови и ни се заканууваат финансиски загуби, тоа влијае на почитување на процедурите поврзани со процесите и безбедноста на процесите на следниот начин.

1 ... Сите постапки се следат строго и целосно, без оглед на околностите

2 …… ..Повеќето постапки се следат без оглед на доцнењето, можеби некое мало правило е прескокнато

3. …… ..Се проценува за време на работата што може да се прескокне и сè да се заврши на безбеден начин Приоритет е да се стави крај на сè во ваква ситуација и се подразбира дека ќе се потрудиме да ги следиме главните процедури.

4 …… ... Вниманието не се посветува толку многу на процедурите ако роковите доцнат, само гледате да завршите што е можно побрзо

Колона Б

1. Проценете како горенаведената ставка во прашање 1 влијае на сериозноста на последиците од потенцијални дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

2. Проценете како предметот наведен во точка 2 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

3. Проценете како горенаведената точка во прашање 3 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

4. Проценете како горенаведената точка во прашање 4 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

5. Проценете како горенаведената ставка во прашање 5 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

6. Проценете како горенаведената ставка во прашање 6 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

Анкетен прашалник за управување со организациони промени

1. Јас сум запознаена со постапката за управување со организациските промени во компанијата каде што работам. Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... целосно се согласувам

2. Имам достапна документација поврзана со управувањето со организациските промени во компанијата каде што работам.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

3. Постои јасно дефинирана постапка на секој почеток и запирање на процесот (стартување и исклучување) што секогаш се следи.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

4. Пред да започнам нови или значително променети растенија на кои сум назначен, секогаш поминувам соодветни нови обуки поврзани со тоа растение.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

5. Пред да започнат нови или значително променети објекти, претпоставените ќе ме известат

и ќе ги објаснат сите постапки поврзани со одржување, проверка, безбедност и одговор на итни случаи поврзани со тој објект.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

Колона Б

1. Проценете како горенаведената ставка во прашање 1 влијае на сериозноста на последиците од потенцијални дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

2. Проценете како предметот наведен во точка 2 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

3. Проценете како горенаведената точка во прашање 3 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

4. Проценете како горенаведената точка во прашање 4 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

5. Проценете како горенаведената ставка во прашање 5 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

Анкетен прашалник за одржување/инспекција

1. За опрема со висок ризик под притисок, постојат методи со кои ја контролираме нејзината исправност во компанијата, покрај редовните инспекции на назначените тела.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

2. Доколку компанијата набави нова опрема што не сме ја користеле, особено ако станува збор за нова опрема на пазарот во рамките на компанијата, посебна инспекција е пропишана за дадената опрема.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

3. Одржувањето во нашата компанија се заснова на знаење за големите потенцијални

опасности поврзани со опремата и материјалите со кои работиме.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

4. Знам каде можам да добијам информации за потенцијалните опасности поврзани со поправки и одржување на машините.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

5. Од време на време, нашите претпоставени нè потсетуваат на потенцијалните опасности поврзани со процедурите за одржување на машината.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... целосно се согласувам

6. За време на не рутински поправки, секогаш сме специјално информирани за потенцијалните опасности од таа работа.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

7. За време на не рутински операции или поправки во нашата компанија, се прави следново.

1 Еден од претпоставените ја надгледува работата од почеток до крај.

2 …… .. Некои од претпоставените се одговорни за испраќање на операцијата од почеток до крај само доколку се оцени дека е ризична, а ако не е, ние само ги известуваме претпоставените како се одвива поправката.

3 …… ..Истражувањето ги испраќа сите не рутински поправки од почеток до крај, но не мора да бидат присутни и лично проверени.

4 …… .. Ние самите извршуваме не рутински операции, но на секој поголем чекор треба да ги информираме претпоставените што се случува.

5 …… .. Ние самите ги извршуваме сите не рутински операции и ние сме одговорни за правилно завршување на поправките

6. Често се случува да се закажат критични работи за одржување на крајот од работната смена.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

7. Инцидентите или „близу промашувања“ што се случуваат за време на одржувањето, секогаш се анализираат темелно и ние сме вклучени во таа анализа.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

Колона Б

1. Проценете како горенаведената ставка влијае на прашањето 1 за сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

2. Проценете како горенаведената точка во прашање 2 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

3. Проценете како горенаведената точка во прашање 3 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

4. Проценете како горенаведената точка во прашање 4 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

5. Проценете како горенаведената ставка во прашање 5 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

6. Проценете како горенаведената ставка во прашање 6 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

7. Проценете како горенаведената ставка во прашање број 7 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

Анкетен прашалник за влијанието на човечките грешки

Колона А

1. Јас сум свесен за сите точки на процесот каде што мојата директна грешка, во смисла на рачно работење, може да доведе до откажувања и потенцијални големи несреќи.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

2. Постојат одредени начини и мерки за да се намали ризикот да се направи таква грешка на ризични места.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

3. Заедно со претпоставениот, ги анализираме причините за грешките на критичните места (на пример, прекумерна работа, слаба комуникација, притисок да се заврши работата што е можно побрзо, итн.)

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

4. Ако не ги извршувам сите постапки секој пат и имам доволно искуство во бизнисот, тоа не ја загрозува значително безбедноста на процесот.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

5. Ако поминеме низ добра обука, тоа може да спречи, покрај ментална, и ненамерна човечка грешка.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

Колона Б

1. Проценете како горенаведената ставка влијае на прашањето 1 за сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

2. Проценете како горенаведената точка во прашање 2 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

3. Проценете како горенаведената точка во прашање 3 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

4. Проценете како горенаведената точка во прашање 4 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

5. Проценете како горенаведената ставка во прашање 5 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Анкетен прашалник за обуки и компетенции на вработените

Колона А

1. Компетенциите што моравме да ги имаме за да добиеме работа се разгледуваат по одредено време на работа во компанијата.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

2. Понекогаш правиме работи за кои не сме компетентни.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

3. Ние редовно поминуваме низ специјални обуки поврзани со одговор на кризата (во кои учиме специфични потенцијални опасности за нашите работни места, како да ги препознаеме, што правиме кога ги препознаваме и каков е акциониот план доколку се случи

несреќа).

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

4. По обуки поврзани со одговор на кризи, секогаш правиме тестови поврзани со дадената обука.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

5. Целосно разбирање на тестовите што ги поминав како дел од обуката не е потребно за да можам правилно да ја работам мојата работа.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

6. Често се организираат вежби во кои се симулира кризната состојба во која учествуваат сите вработени.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

7. Вежбите во кои се симулира кризната состојба ги вклучуваат сите услови и фактори како што би биле во реална кризна ситуација (на пр. Чад, аларми, итн.).

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

8. За мене е целосно јасно каква е мојата улога и што треба да направам во случај на кризна ситуација и знам какви улоги имаат другите вработени, вклучително и менаџерите.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

7. Во случај на опасност, има специјална заштитна опрема од потенцијално опасни материи и знам како да пристапувам до нив.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

8. Во случај на опасност, точно знам со кој претпоставен треба да контактирам во секоја смена.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

9. Секогаш кога се менува или воведува нов процес, сите вработени добиваат обука поврзана со потенцијалните опасности од тој процес.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

Колона Б

1. Проценете како горенаведената ставка влијае на прашањето 1 за сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

2. Проценете како горенаведената точка во прашање 2 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

3. Проценете како горенаведената точка во прашање 3 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

4. Проценете како горенаведената точка во прашање 4 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

5. Проценете како горенаведената ставка во прашање 5 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

6. Проценете како горенаведената ставка во прашање 6 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

7. Проценете како горенаведената ставка во прашање број 7 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

8. Проценете како горенаведената ставка во прашање број 8 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

9.Проценете како горенаведената ставка во прашање број 9 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

Анкетен прашалник за спроведување на истражувања по несреќи

Колона А

1. Постои дефинирана постапка за спроведување детално истражување по несреќи или неуспеси што се случуваат во компанијата.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

2. Претежно се идентификува само непосредната причина за несреќата.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

3. Постапката за спроведување на истражувањето бара препораките да се решат за краток временски период.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

4. Ние секогаш сме вклучени во спроведување на истражувања по несреќи или откажувања.

Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

5. Подизведувачите од други компании понекогаш учествуваат во истражување по несреќи или неуспеси. Јас воопшто не се согласувам .... 1 .... 2 .... 3 .... 4 .... 5 ..... Целосно се согласувам

Колона Б

1. Проценете како горенаведената ставка влијае на прашањето 1 за сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

2. Проценете како горенаведената точка во прашање 2 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

3. Проценете како горенаведената точка во прашање 3 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

4. Проценете како горенаведената точка во прашање 4 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание

5. Проценете како горенаведената ставка во прашање 5 влијае на сериозноста на последиците од потенцијалните дефекти на опремата под притисок.

Без влијание .... 1..2..3..4..5 ..... Исклучително големо влијание