

ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ І АВАРІЙ НА ДІЛЬНИЦІ РИФОРМІНГУ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Проведено аналіз можливих аварійних ситуацій і аварій на дільниці риформінгу нафтоперобного підприємства. Встановлено, що в технологічному блоці риформування бензинових фракцій можливі викиди речовин, які призводять до утворення можливої вибухонебезпечної зони, вибуху парогазових хмар, згорання хмари у вигляді «вогненної кулі», пожеж розливу і розповсюдження хмар токсичних речовин. Обчислено зони дії уражувальних факторів аварій при розгерметизації реактора на дільниці каталітичного риформінгу

Ключові слова: риформінг, прогнозування, аварія, вибух, «вогненна куля», вибухонебезпечна зона

Актуальність проблеми

Сучасне нафтопереробне підприємство – це складний комплекс технологічних установок, які призначені для проведення конкретних технологічних операцій. На них переробляється різноманітна вуглеводнева сировина і виробляється велика кількість товарних нафтопродуктів. В якості сировини, продуктів і напівфабрикатів використовуються суміші вуглеводнів, які мають вибухопожежонебезпечні властивості. Небезпека установок нафтопереробки зумовлена як фізико-хімічними властивостями вуглеводнів і їх сумішей, так і параметрами технологічного процесу.

Установки каталітичного риформінгу є необхідною ланкою нафтопереробного підприємства [1]. Їх призначення – отримання високоароматизованих бензинових дистилатів, які використовуються в якості високооктанового компонента чи для вилучення індивідуальних ароматичних вуглеводнів: бензолу, толуолу, ксилолу.

Збільшення потенційної небезпеки виникнення аварії та важкі їх наслідки обумовлюють актуальність захисту населення і ліквідації наслідків вибухопожежонебезпечних ситуацій на виробництві.

Метою роботи є прогнозування аварійних ситуацій і аварій на дільниці риформінгу нафтопереробного підприємства та розрахунок показників небезпеки.

Методики: Методики оцінки вибухопожежонебезпечності технологічного процесу виробництва [2]; Методика прогнозування масштабів забруднення СДОР при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах [3]; Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті [4].

Результати роботи

Установка каталітичного риформінгу, яка розглядається в цій роботі, призначена для отримання дебутанізованого каталізату з октановим числом не менше 95, який використовується як компонент високооктанового бензину. Процес каталітичного риформінгу базується на реакціях дегідроциклізації парафінових вуглеводнів, дегідрування і дегідроізомеризації нафтенних вуглеводнів, ізомеризації парафінів на поліметалічному каталізаторі під тиском водню [1].

Установка складається з двох технологічних блоків: 1 – попередня очистка сировини від сірчистих та азотистих сполук у середовищі водню; 2 – каталітичне риформування бензинових фракцій на поліметалічному каталізаторі.

Процес риформінгу складається з таких стадій: каталітичне риформування, стабілізація каталізату, подача хлорорганіки в систему риформінгу, зволоження і осушування циркуляційного газу.

Основними технологічними параметрами процесу каталітичного риформінгу є: температура на вході в реактори, тиск, об'ємна швидкість подачі сировини, кратність циркуляції водневовмісного газу. Зміною вказаних параметрів з врахуванням якості сировини, що переробляється, обирається такий режим процесу, що забезпечує задану октанову характеристику отриманого каталізатору, зокрема:

- температура на вході в реактори – 530°C;
- тиск на виході з третього реактора 1,5 МПа;
- мольне співвідношення водень/сировина=6/1;
- кратність циркуляції водневовмісного газу – не менше 1000...1200 нм³/м³ сировини;
- каталізатор поліметалічний.

Принципова технологічна схема стадії каталітичного риформінгу зображена на рисунку 1. Суміш стабільного гідрогенізату і циркулюючого водневовмісного газу (ВВГ) з допомогою насоса (1) подається у теплообмінники (2), потім у відповідні секції печі (3) і надходить на риформування в реактори (4). Газопродуктова суміш риформінгу, що утворилась в реакторі, охолоджується і конденсується в холодильнику (5), розділяється в сепараторі (6) на циркулюючий водневовмісний газ і нестабільний каталізатор. Після сепаратора (6) циркулюючий ВВГ надходить в сепаратор (9), звідки компресором подається на змішування з сировиною риформінгу. Надлишок ВВГ з нагнітання частково подається в трійник змішування гідроочистки. При збільшенні вологості ВВГ частина його після сепаратора (6) подається на осушку цеолітами в адсорбери (7). Осушений циркуляційний ВВГ надходить в сепаратор (9) і перемішується з основним потоком.

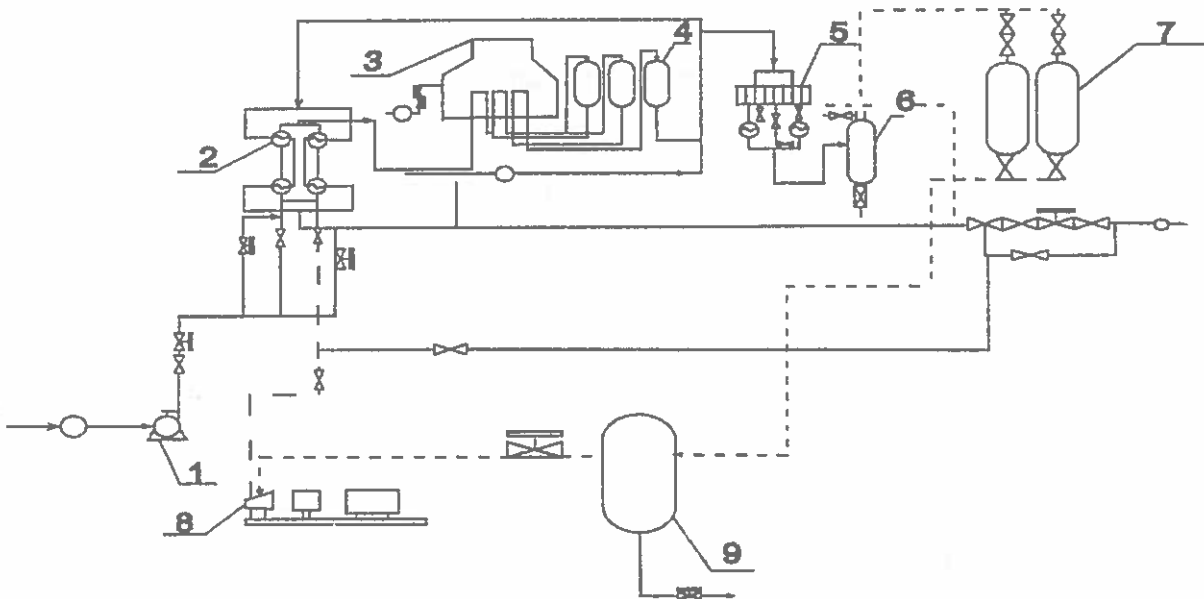


Рис.1. Принципова технологічна схема стадії каталітичного риформінгу:

1 – насос; 2 – теплообмінник; 3 – піч; 4 – реактори; 5 – холодильник; 6,9 – сепаратори; 7 – адсорбер; 8 – турбокомпресор.

Небезпечною речовиною на дільниці риформінгу є гідрогенізат стабільний. За хімічним складом – це суміш вуглеводнів фракції більше С₆, як домішки містить: сірку – не більше 0,0001 % мас., азот – не більше 0,0001 % мас. Температура початку кипіння (при тиску 101 кПа) – 70°C, температура кінця кипіння – 180°C. Показники вибухопожежонебезпеки: температура спалаху – мінус 50°C; температура самозаймання – 415...530 °C; концентраційні межі поширення полум'я – 0,8...7,9 % (об.) [5]. Гідрогенізат нестабільний, токсично небезпечний, належить до 4 класу безпеки, ГДК у повітрі робочої зони – 100 мг/м³. Вказана речовина

корозійно активна, ступінь впливу визначається концентрацією сірковмісних домішок. Пари гідрогенізату нестабільного мають наркотичну дію, при великих концентраціях парів у повітрі – слабкість, гостре отруєння приводить до втрати свідомості, при тривалій дії на шкіру спостерігаються дерматити.

Виходячи з досвіду аварій на аналогічних об'єктах, фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів, умов проведення технологічного процесу, можна констатувати, що в технологічному блоці риформування бензинових фракцій можливі викиди речовин, які призводять до утворення можливої вибухонебезпечної зони, вибуху парогазових хмар, згорання хмари у вигляді «вогненної кулі», пожеж розливу і розповсюдження хмар токсичних речовин.

В процесі аналізу умов виникнення і розвитку аварій всі події, що спричиняють загрозу виникнення і розвитку аварії, були розділені на чотири групи:

1 група – штатні ситуації – зупинка подачі сировини, електроенергії, пари, повітря, живлення контрольно-вимірювальних приладів і автوماتики, азоту;

2 група – випадкові неконтрольовані події, пов'язані з діяльністю сусідніх виробництв чи об'єктів (техногенна небезпека), з рухом транспорту, а також природня небезпека, акти саботажу і диверсії;

3 група – небезпечні відхилення таких параметрів стану обладнання як механічне і корозійне зношення матеріалу обладнання, втома металу тощо;

4 група – події, що призводять до порушення нормального технологічного процесу, виходу параметрів за їх критичні значення і викиду небезпечних речовин.

Реалізація вказаних подій, залежно від конкретних обставин і дій (або бездіяльності) персоналу, може призвести до руйнування устаткування або сполучних комунікацій і до аварійного викиду технологічних середовищ.

Розглянемо умови утворення та наслідки аварійних викидів речовин.

Вибухонебезпечна зона (ВНЗ) – це гіпотетична можлива просторова зона, усередині якої під час виникнення або розвитку аварії можливе існування горючих газів або пари при концентраціях, що перевищують концентрацію на нижній межі розповсюдження полум'я. Залежно від конкретних умов можливе утворення ВНЗ різних типів: 1 – стаціонарні зони з практично постійними розмірами, які утворюються при тривалому випаровуванні горючих речовин з розливів чи при тривалому витіканні парів чи газів з постійною швидкістю; 2 – нестаціонарні зони, що утворюються при миттєвому залповому викиді парогазової фази з обладнання і характеризуються дрейфом вибухонебезпечних хмар; 3 – зони, що утворилися в результаті комбінації двох перших типів.

На практиці час формування ВНЗ обмежений часом зустрічі хмари горючих газів або пари з джерелом запалювання. Якщо джерело запалювання з'являється на ранній стадії формування вибухонебезпечної хмари, то небезпека його характеризується детонаційним згоранням і «вогненною кулею», для яких можлива кількісна оцінка наслідків.

На пізніших етапах розвитку хмари, коли знижується первинна турбулентність хмари і відбувається її розсіювання завдяки атмосферним процесам, вірогіднішими стають режими згорання без формування сильних ударних хвиль. При цьому можливе ураження людей, які знаходяться безпосередньо у ВНЗ, термічною дією полум'я та через руйнування будівель і приміщень спричинені внутрішніми вибухами.

Виникнення ударних хвиль різної інтенсивності на пізніх етапах розвитку хмари можливе тільки при попаданні у ВНЗ споруд, на яких можлива сильна турбуленція полум'я. Проте, як правило, згорання горючої речовини не дає високого тиску вибуху і не приводить до руйнування будівель і установок, що знаходяться поза хмарою. Існування ВНЗ має небезпеку запалювання парогазових викидів на великих відстанях від первинного місця викиду.

При оцінці кількості продукту у аварійному викиді розглядалося руйнування реактора за найбільш небезпечного варіанта розвитку аварії. При цьому враховувався як вміст реактора, так і надходження по прямому і зворотному потоках за час перекриття арматури. Для

устаткування, що містить перегріті вище за температуру кипіння небезпечні речовини, кількість парогазової фази (ПГФ) у викиді приймалася рівною сумі маси ПГФ, викинутої з устаткування, маси ПГФ, що утворилася через скипання перегрітої рідини і маси ПГФ, що випарувалася з розливу протягом не більш 5 хвилин [6].

При визначенні маси речовини, що бере участь в утворенні вибухонебезпечних зон, враховувалась маса ПГФ, викинута з устаткування і маса ПГФ, що випарувалася з розливу протягом 5 хвилин. При визначенні маси речовини, яка бере участь у вибуху, приймалася, що вона рівна 0,1 від маси ПГФ, що бере участь в утворенні вибухонебезпечної зони. При визначенні маси речовини, що бере участь в пожежі розливу приймалася, що вона рівна масі викиду. Зокрема, маса газопродуктової суміші, що викидається з реактора на ділянці риформінгу становить 8,5 тонни.

Розрахунок параметрів вибухових хвиль при вибухах парогазових хмар у відкритому просторі здійснювався згідно з [2] за узагальненою схемою (рис.2). В блок-схемі прийняті такі умовні позначення: ΔP – надлишковий тиск вибуху, кПа P_0 – атмосферний тиск, кПа; m_{np} – приведена маса газу або пари, кг, r – відстань від геометричного центра газопароповітряної хмари, м; m – маса парів, що бере участь у вибуху, кг; Q_{3z} – питома теплота згорання газу або пари, Дж/кг; Z – коефіцієнт участі, який допускається приймати рівним 0,1; Q_0 – константа, рівна $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг, i – імпульс хвилі тиску, Па·с; V – об'єм реактора, м³; ρ – густина рідкої фази, кг/м³; ε – ступінь заповнення реактора рідкою фазою.

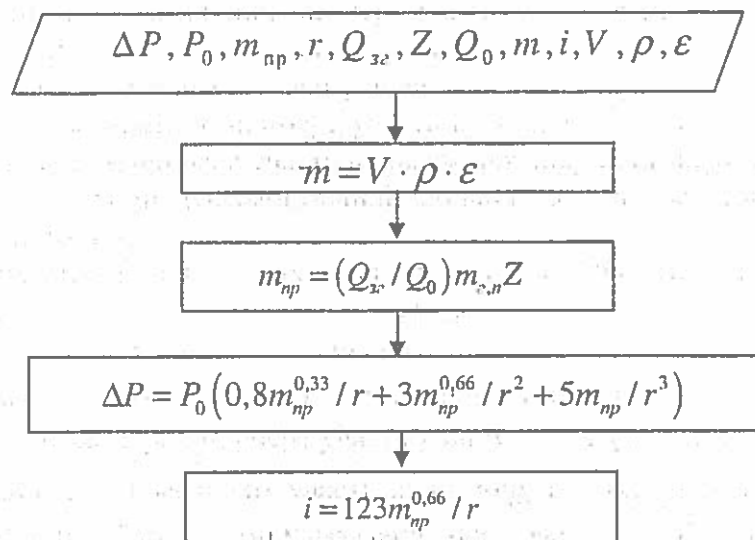


Рис.2. Блок-схема розрахунку параметрів хвилі тиску при згоранні газоповітряних сумішей у відкритому просторі

«Вогненна куля» – великомасштабне дифузійне горіння, яке виникає при руйнуванні реактора з горючою рідиною або газом під тиском з займанням вмістимого. Маса речовини, яка бере участь в утворенні «вогненної кулі», рівна сумі мас парогазової суміші, що викидається з реактора і парогазової суміші, яка утворилася через закипання перегрітої рідини. В цьому випадку маса газопродуктової суміші, яка бере участь в утворенні «вогненної кулі», дорівнює 8,5 т.

Уражаюча дія «вогненної кулі» на людину визначається величиною теплової енергії (імпульсом теплового випромінювання) і часом існування «вогненної кулі», а на об'єкти – інтенсивністю її теплового випромінювання.

Оцінка інтенсивності теплового випромінювання і часу існування «вогненної кулі» проводилась згідно з методикою [2]. Блок-схема для розрахунку інтенсивності теплового випромінювання

нення і часу існування «вогненної кулі» представлена на рис.3. В блок-схемі прийняті такі умовні позначення: q – інтенсивність теплового випромінювання „вогненної кулі”, кВт/м²; E_f – середньоповерхнева густина теплового випромінювання полум’я, $E_f = 450$ кВт/м²; F_q – кутовий коефіцієнт випромінювання; ψ – коефіцієнт пропускання атмосфери; H – висота центру „вогненної кулі”, м; D_s – ефективний діаметр „вогненної кулі”, м; r – відстань від об’єкта, що опромінюється до точки на поверхні землі безпосередньо під центром „вогненної кулі”, м; m – маса горючої речовини, кг; V – об’єм реактора, м³; ρ – густина рідкої фази, кг/м³; ε – ступінь заповнення реактора рідкою фазою.

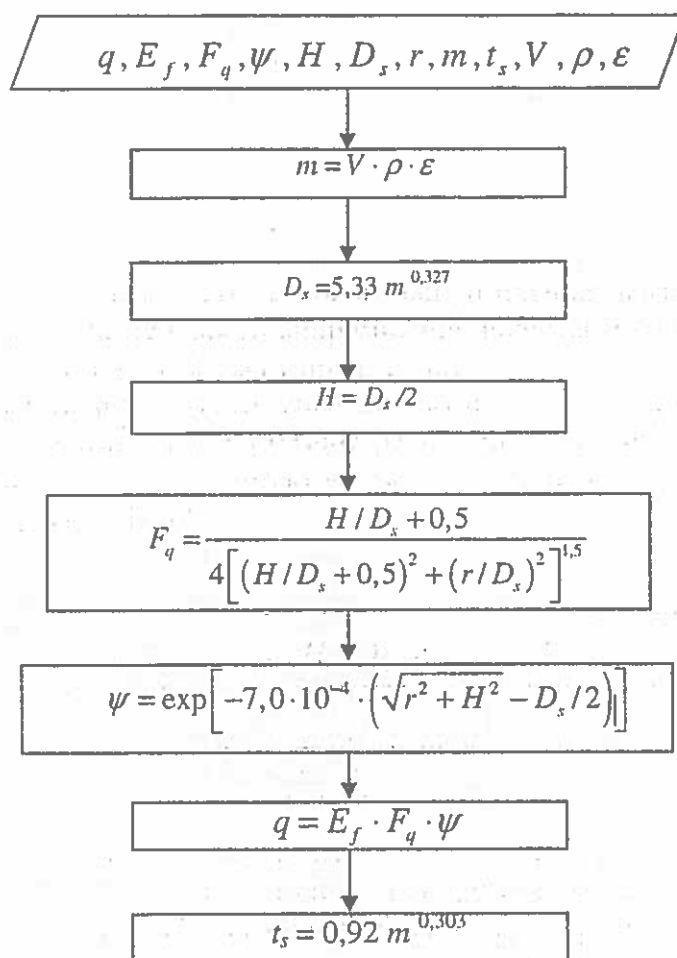


Рис.3. Блок-схема для розрахунку інтенсивності теплового випромінювання і часу існування «вогненної кулі»

Характеристики зон дії небезпечних факторів аварії, обчислені згідно блок-схем (рис.2, рис.3) з врахуванням гранично допустимих доз теплового випромінювання при впливі на людину і граничних параметрів для запалювання різних матеріалів згідно з [2], приведені у таблиці 1.

Обчислено енергетичний потенціал вибухонебезпеки: загальний – $1,76 \times 10^8$ кДж; відносний – 33,9; категорія блока каталітичного риформування бензинових фракцій на поліметалічному каталізаторі – 2.

Таблиця 1

Характеристики зон дії найбільш небезпечних за наслідками уражаючих факторів аварій

Характеристика можливих аварійних ситуацій і аварій				Наслідки аварій								
				радіус зон ураження, м		кількість людей в зоні ураження, ос.		для будівель і споруд		Руйнування	Пожежі на сусідніх об'єктах	Безпечна відстань, м, більше
								повне руйнування радіусі, м	пошкодження в радіусі, м			
Назва	D, м	t, с	Рівень аварії									
Вибух	-	-	А, Б	46/131	-/-	46	402	так	ні	402		
Вогненна куля	103	14	А, Б	140/250	105/2	-	-	ні	так	450		
Вибухо-небезпечна зона	800	13	А,Б,В	-/-	-/-	-	-	-	-	800		

Зони дії уражувальних факторів вогненної кулі при розгерметизації реактора на дільниці каталітичного риформінгу нафтопереробного підприємства зображені на рис.4.

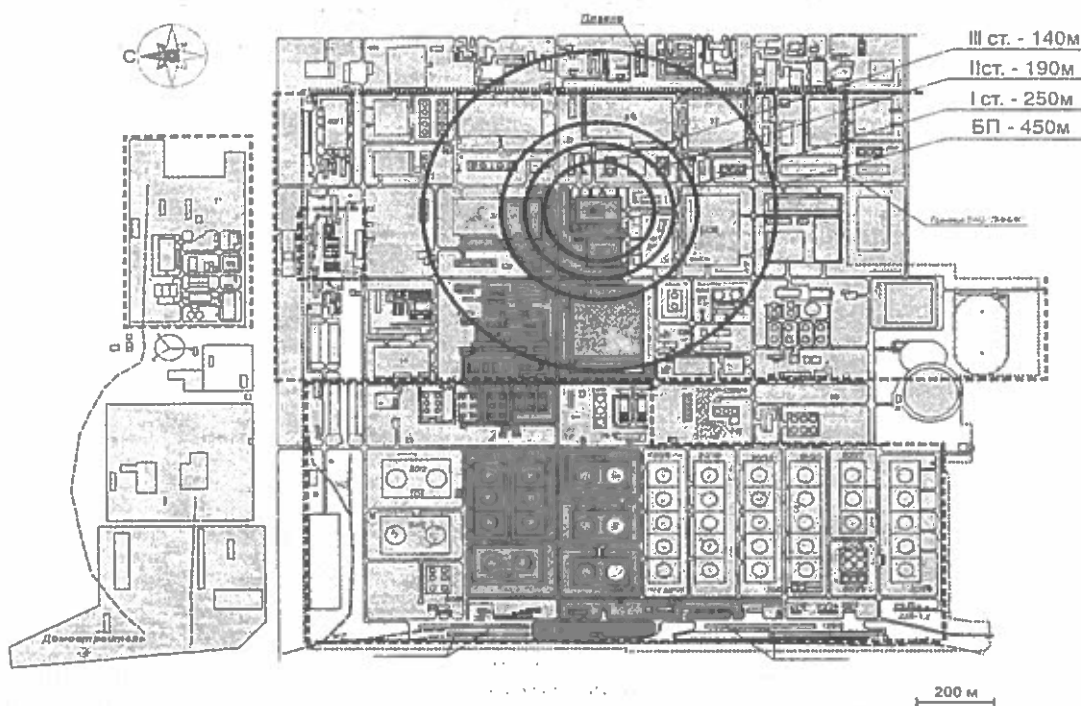


Рис.4. Зони дії уражувальних факторів вогненної кулі при розгерметизації реактора на дільниці каталітичного риформінгу нафтопереробного підприємства

Як показано на рисунку, опіки I ступеня можуть бути отримані персоналом дільниці каталітичного риформінгу на відстані 250 м від епіцентра пожежі, II ступеня на відстані 190 м, на відстані 140 м можливе смертельне ураження персоналу. Безпечна відстань становить 450 м. Всього постраждалих 105 осіб, в тому числі смертельно уражених – 2 особи.

Висновок. У роботі проведено аналіз можливих аварійних ситуацій і аварій на ділянці риформінгу нафтопереробного підприємства, зокрема, утворення можливої вибухонебезпечної зони, вибухи парогазових хмар, згорання хмари у вигляді «вогненної кулі», пожежі розливу і розповсюдження хмар токсичних речовин. Обчислено зони дії уражувальних факторів вибуху, «вогненної кулі» та вибухонебезпечної зони.

Список літератури:

1. Леффер Уильям Л. Переработка нефти. – 2-е изд./ Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. – 224 с.
2. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования.
3. РД 52.04.253-90 Методика прогнозування масштабів забруднення СДОР при аваріях (зруйнування) на ХНО.
4. Методика прогнозування наслідків вилу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті. Наказ МНС №73/82/64/122 від 27.03.01р.
5. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчука и др. – М: Химия, 1990.
6. НАОП 1.3.00-6.01-89 "Рекомендації по визначенню рівня вибухонебезпеки хіміко-технологічних об'єктів та їх протиаварійного захисту".

Н.А. Ференц, канд. техн. наук, доцент, С.А. Емеляненко (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ И АВАРИЙ НА УЧАСТКЕ РИФОРМИНГА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Проведен анализ возможных аварийных ситуаций и аварий на участке риформинга нефтеперерабатывающего предприятия. Установлено, что в технологическом блоке риформирования бензиновых фракций возможные выбросы веществ, которые приводят к образованию возможной взрывоопасной зоны, взрыву парогазовых облаков, сгорания облака в виде «огненного шара», пожаров разлива и распространения облаков токсичных веществ. Вычислены зоны действия поражающих факторов аварий при разгерметизации реактора на участке каталитического риформинга.

Ключевые слова: риформинг, прогнозирование, авария, взрыв, огненный шар, взрывоопасная зона

N.A.Ferents, Candidate of Science (Engineering), associate professor, S.A.Emelyanenko (Lviv State University of Life Safety)

PROGNOSTICATION OF POSSIBLE EMERGENCY SITUATIONS AND FAILURES ON AREA OF HYDROFORMER OIL REFINERY

The analysis of possible emergency situations and failures is conducted on the area of hydroformer oil refinery. It is set that in the technological block of hydroformer petrol factions possible troop landings of matters, which result in formation of possible explosive area, explosion of gaseous-vaporous clouds, combustion of cloud as a «fiery bullet», fires of overflow and distribution of clouds of toxic matters. The areas of action of striking factors of failures are calculated during destruction of reactor on the area of catalytic hydroformer.

Key words: hydroformer, prognostication, failure, explosion, fiery bullet, explosive area