

УДК 614.842

Т.М. Скоробагатько, М.В. Білошицький, канд. хім. наук, доц., І.Г. Маладика, канд. тех. наук, доц.

КАТЕГОРУВАННЯ ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ ТА ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Розглянуто технологічну схему виробництва біодизельного палива. Наведено вибухопожежонебезпечні властивості речовин, які обертаються у технологічному процесі. Визначено категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою будівель та приміщень типового підприємства з виробництва біодизельного палива. Обґрунтовано заходи зниження категорій за вибухопожежною та пожежною небезпекою характерних виробничих приміщень.

Ключові слова: технологічний процес, вибухопожежонебезпека, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою, критерії віднесення, заходи.

T. Skorobagatko, M. Biloshitskiy, Cand. of Sc. (Chem.). Docent, I. Maladika, Cand. of Sc. (Eng.), Docent

CATEGORIZATION BY EXPLOSION AND FIRE HAZARD VENTURES OF MANUFACTURING BIO DIESEL FUEL

A technological scheme for manufacturing of bio diesel fuel is considered. Explosion and fire hazard indices of the substances being handled with in the technological process are indicated. Categories on explosion and fire hazard of the buildings and rooms of a typical enterprise for the manufacturing of bio diesel fuel are determined.

Keywords: technological process, explosion and fire hazard, explosion categories and fire hazard, criteria for the classification.

Сучасні технологічні процеси виробництв, що пов'язані зі зберіганням, переробкою і отриманням широкого спектру речовин та матеріалів, мають різну вибухопожежну і пожежну небезпеку. Знання цих небезпек дозволяє завчасно розробляти заходи із попередження виникнення вибухів і пожеж, забезпечувати безпеку людей і сприяти зменшенню матеріальних втрат у разі їх виникнення [1].

Раціональний вибір заходів із забезпечення пожежної безпеки виробничих і складських приміщень, зовнішніх установок – актуальне і складне завдання. Його вирішення базується на оцінці вибухопожежної і пожежної небезпеки конкретних технологічних процесів виробництв, приміщень і будинків, у яких вони розміщені, а також зовнішніх установок.

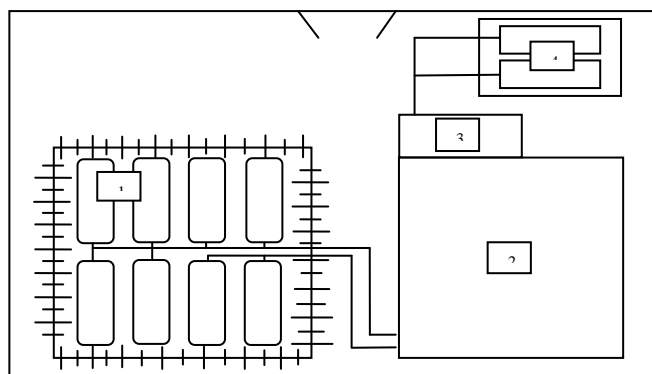
На теперішній час в Україні методика визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою регламентована НАПБ Б.03.0022 [2]. Відповідно до цього нормативного документа під час класифікації приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою враховується агрегатний стан та вибухопожежонебезпечні властивості речовин і матеріалів, що в них обертаються, умови проведення технологічного процесу, наявність технічних засобів контролю і захисту, найнесприятливіший варіант аварії тощо.

Враховуючи те, що створення підприємств з виробництва біодизельного палива для України є інноваційним напрямком виробничої сфери діяльності, метою даної роботи є класифікація за вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщень, будинків та зовнішніх установок типового підприємства з виробництва біодизельного палива з урахуванням особливостей його технологічного процесу.

Об'єктом досліджень був технологічний процес виробництва біодизельного палива, предметом досліджень – чинники, що впливають на категорії за вибухопожежною та

пожежною небезпекою приміщень та будівель в яких цей технологічний процес відбувається.

Типове підприємство для якого було проведено розрахунки спроектовано відповідно до вимог [3-5]. Орієнтовна продуктивність підприємства складає 2000 м³ біодизельного палива в рік. На його технологічній площадці розміщені: виробнича будівля, що складається з двох основних виробничих приміщень (перше приміщення – це реакторне відділення, в якому у реакторах змішується розчин каталізатору з рапсовою олією і отримана суміш відстоюється; друге приміщення – це приміщення з отримання розчину каталізатору), а також відкритий склад біодизельного палива і гліцерину та підземний склад метанолу. Схематично розміщення будівель на технологічній площадці підприємства наведено на рис. 1.



- 1 - відкритий склад біодизельного палива та гліцерину;
- 2 - основна виробнича будівля з приміщенням реакторного відділення;
- 3 - приміщення приготування каталізатора;
- 4 - підземний склад метанолу.

Рисунок 1 – Схема розміщення будівель на технологічній площадці типового підприємства з виробництва біодизельного палива

Технологічний процес даного підприємства полягає у наступному. Спочатку у приміщенні (3) готується розчин каталізатора шляхом розчинення гідроксиду калію (KOH) в метиловому спирті (CH₃OH). Метиловий спирт до цього приміщення по мережі трубопроводів подається з підземного складу (4). Після чого отриманий розчин каталізатора змішується з рапсовою олією в приміщенні (2). Суміші дають відстоятися для розділення отриманого гліцерину і біодизельного палива. Далі гліцерин і біодизельне паливо по окремим трубопроводам відкачуються в ємності для зберігання на відкритому складі готової продукції (1).

У табл. 1 наведено деякі пожежонебезпечні властивості горючих речовин, які обертаються у технологічному процесі підприємства.

Таблиця 1 – Деякі пожежонебезпечні властивості горючих речовин, які обертаються у технологічному процесі підприємства з виробництва біодизельного палива

Найменування показника, розмірність	Біодизельне паливо [6] (дані визначені експериментально)	Рапсова олія [7]	Метиловий спирт [8]	Гліцерин [8]
Нижча теплота згорання, МДж/кг	37,8	37,3	23,8	16,1
Температура спалаху у закритому тиглі, °С, не менше	120,0 (145,0)	198,0	6,0	198,0
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С, не менше	(164,0)	225,0	8,0	200,0
Температура займання, °С, не менше	(194,0)	230,0	13,0	203,0
Температура самозаймання, °С, не менше	(228,0)	318,0	440,0	400,0

За результатами аналізу технологічного процесу, який відбувається на підприємстві, аналізу пожежонебезпечних властивостей речовин, які в ньому обертаються, можливих варіантів аварій, а також проведених розрахунків значень критеріїв, згідно з якими приміщення будівлі чи зовнішньої установки підприємства відносяться до відповідних категорій за вибухопожежною та пожежною небезпекою, отримано наступні результати.

Приміщення реакторного відділення площею 216 м², об'ємом 1290 м³. Витрата вхідної сировини в приміщенні становить: рапсова олія – 800 кг/год; метанол – 194 кг/год; гідроксид калію (КОН) – 6 кг/год. Розрахункова потужність – 900 кг продукції за 1 год.

Для цього приміщення можливі чотири варіанти розрахункової аварії (разгерметизації), за яких до нього будуть надходити горючі речовини:

- 1) аварія трубопроводу закачування каталізатора в реактор;
- 2) аварія трубопроводу закачування рапсової олії в реактор;
- 3) аварія реактора;
- 4) аварія ємностей розділення біодизельного палива та гліцерину.

У результаті варіантів аварій 2 та 4 у приміщення потраплять горючі речовини (рапсова олія, суміш біодизельного палива з гліцерином, гліцерин, біодизельне паливо). Усі ці горючі речовини мають високі (вище 120 °С) температури займання і за робочих температур (менше 38 °С) горюче середовище не утворюють. Відповідно, за такого варіанту розрахункової аварії, приміщення реакторного відділення відноситься до категорії В – пожежонебезпечне.

Якщо ж відбудеться 1 або 3 варіант розрахункової аварії, то у приміщення реакторного відділення може надійти метанол, який має властивість випаровуватися та утворювати вибухонебезпечне горюче середовище.

Розрахунок значення надлишкового розрахункового тиску вибуху у приміщенні реакторного відділення у випадку розливу метанолу проводили за формулою:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_o) \frac{m \cdot z \cdot 100}{V_{\text{вільн.}} \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot C_{\text{ст.}} \cdot K_n}, \quad (1)$$

де P_{\max} - максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі, кПа;
 P_o - початковий тиск, кПа;
 m - маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення, кг;
 z - коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху;
 $V_{\text{вільн.}}$ - вільний об'єм приміщення, м³;
 $\rho_{\text{г.п.}}$ - густина пару до вибуху при початковій температурі T_o , кг·м³;
 $C_{\text{ст.}}$ - стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об);
 K_n – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщень й не адіабатичність процесу горіння.

За результатами розрахунку надлишковий тиск вибуху для пожежі розливу метанолу у приміщенні реакторного відділення складає 46,5 кПа, що перевищує 5 кПа, а також враховуючи, що метанол класифікується, як горюча легкозаймиста особливо небезпечна речовина, відповідно до табл. 1 [2], приміщення реакторного відділення відноситься до категорії А - вибухопожежонебезпечне. Згідно з вимогами [2] для приміщення реакторного відділення приймається найнесприятливіший варіант розрахункової аварії.

Приміщення приготування каталізатора (приміщення розчинення гідроксиду калію в метанолі) має площу 22,9 м² і об'єм 114 м³. У цьому приміщенні кожної години розчиняється 6 кг гідроксиду калію (КОН) в 194 кг метанолу (СН₃ОН).

Розрахункова аварійна ситуація може статись, коли відбувається розгерметизація

ємності для приготування каталізатору та метанол виливається на підлогу приміщення, випаровується, а утворене пароповітряне горюче середовище від джерела запалювання займається і вибухає.

Розрахунок надлишкового тиску вибуху ΔP для пожежі проливу метанолу проводили за формулою (1).

За результатами розрахунку надлишковий тиск вибуху для пожежі розливу метанолу у приміщенні приготування каталізатора складає 55,6 кПа, що значно перевищує 5 кПа, приміщення приготування каталізатора відноситься до категорії А - вибухопожежонебезпечне.

Розрахунки по приміщенню реакторного відділення та приміщенню приготування каталізатора проведені за умови, що в них були відсутні аварійна вентиляція та засоби обмеження площі розливу (випаровування) рідких речовин.

З метою визначення умов технологічного процесу за яких приміщення реакторного відділення та приготування каталізатору можливо віднести до більш безпечної категорії за вибухопожежною чи пожежною небезпекою, коли надлишковий розрахунковий тиск вибуху пароповітряної суміші у зазначених приміщеннях буде нижчим за 5 кПа, проведено відповідні розрахунки, при цьому критерієм який змінювався було визначено масу парів легкозаймистих та горючих рідин, що потрапляли в результаті розрахункових аварій до приміщень.

На графіках наведених на рис. 2 та рис. 3 представлено як змінюється надлишковий розрахунковий тиск вибуху пароповітряної суміші в залежності від маси парів легкозаймистих та горючих рідин, що потрапляють в результаті розрахункових аварій до відповідних приміщень.

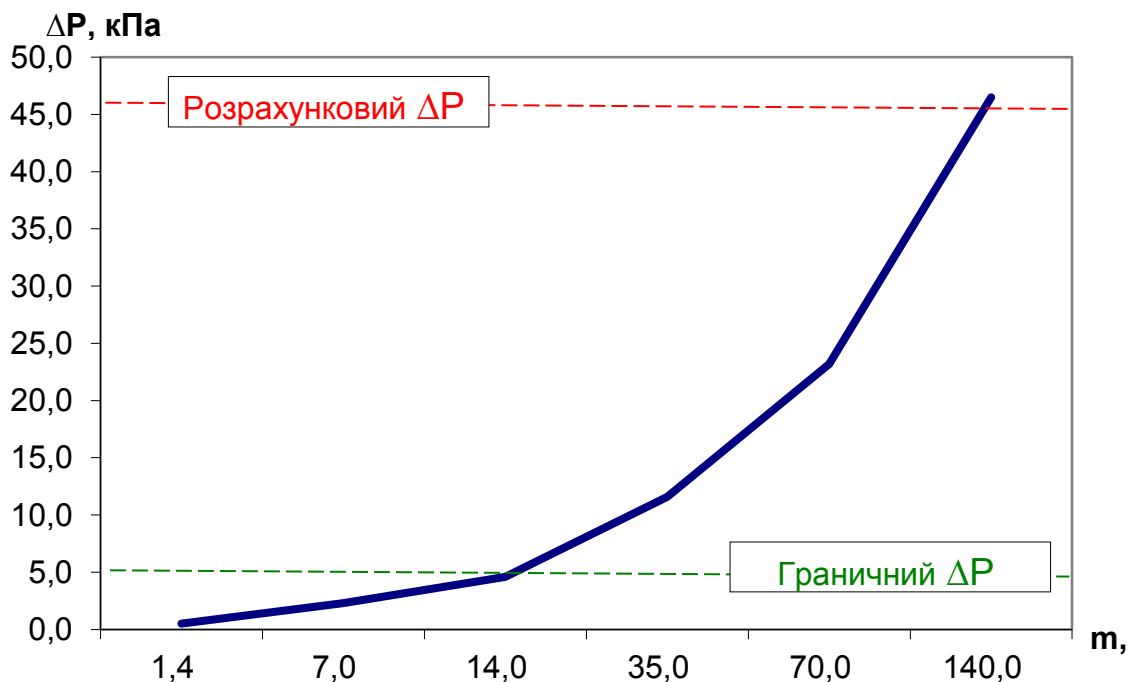


Рисунок 2 – Дані розрахунку надлишкового тиску вибуху у приміщенні реакторного відділення

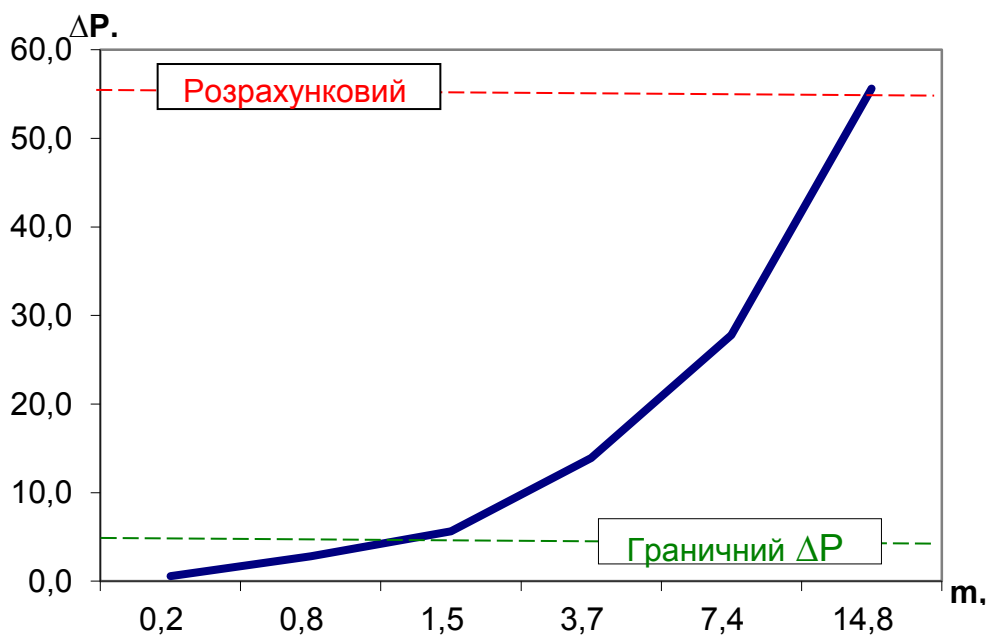


Рисунок 3 – Дані розрахунку надлишкового тиску вибуху у приміщенні приготування каталізатору

Аналіз рис. 2 та рис. 3 свідчить про таке. Для того, щоб знизити категорію приміщення реакторного відділення та приміщення приготування каталізатору з А - вибухопожежонебезпечне до В - пожежонебезпечне необхідно зменшити кількість парів, що випаровуються і утворюють вибухонебезпечне горюче середовище при можливих аваріях.

Так, для приміщення реакторного відділення зменшення кількості парів можна досягти зменшенням площі випаровування шляхом встановлення на технологічній площадці ємкості з бортиками певної висоти, у якій у випадку аварії буде знаходитись розлита рідина та не буде розтікатися по всій площі підлоги приміщення. При площі такої площадки близько 20 м^2 кількість парів буде складати 13 кг, а надлишковий розрахунковий тиск вибуху в приміщенні буде сягати лише 4,3 кПа. Відповідно в даному приміщенні для зниження категорії достатньо тільки зменшити площу випаровування легкозаймистих та горючих рідин. На практиці можна комбінувати такими заходами, як площа випаровування і аварійна вентиляція.

Для приміщення приготування каталізатору зменшення кількості парів можна досягти аналогічним способом як і для приміщення реакторного відділення з додатковим передбаченням аварійної витяжної вентиляції. При площі площадки близько 4 м^2 та наявності аварійної витяжної вентиляції з кратністю повітряобміну 2 за годину, за умови розміщення пристроїв для видалення повітря з приміщення у безпосередній близькості від місця розрахункової аварії, маса парів буде складати 0,8 кг, а надлишковий розрахунковий тиск вибуху в приміщенні буде сягати лише 3,2 кПа.

Відкритий склад біодизельного палива та гліцерину, в якому знаходиться вісім резервуарів по 100 м^3 кожен, у двох з яких зберігається гліцерин, у інших - біодизельне паливо. Резервуари мають прямокутну форму розмірами $12 \times 3 \times 2,8 \text{ м}$. Площадка резервуарів обвалована. Розміри обвалування: довжина 33 м, ширина 21 м, площа 693 м^2 .

Розрахункова аварійна ситуація може статись у результаті руйнування резервуару з гліцерином або резервуару з біодизельним паливом, або руйнування трубопроводів обв'язки і виливання горючих рідин на площадку.

Для того, щоб відбувся спалах пароповітряної суміші парів гліцерину з повітрям, необхідно, щоб концентрація парів гліцерину в суміші з повітрям була рівна значенню нижньої концентраційної межі займання. Згідно з довідником [8], це значення становить

2,6 % (об) і досягається за температури гліцерину 182 °С. За нормальних технологічних умов виробництва температура гліцерину в резервуарах для зберігання і на площадці обмеженій обвалуванням, в разі руйнування резервуару і виливання гліцерину назовні, не досягне таких значень, тобто вибухонебезпечне пароповітряне середовище за нормальних умов роботи не утвориться.

Для того, щоб утворилося горюче середовище із парів біодизельного палива з повітрям, необхідно його нагріти до температури понад 120 °С [6], що, аналогічно як і для гліцерину, за нормальних технологічних умов виробничого процесу є неможливим. Тобто зовнішня установка (площадка для зберігання гліцерину та біодизелю) не відноситься до категорії Б₃. Для того, щоб віднести цю установку до категорії В₃, необхідно розрахувати інтенсивність теплового випромінювання від вогнища пожежі на віддалі 30 м від зовнішньої установки.

Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання q для пожежі проливу біодизельного палива проводили за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi, \quad (1.2)$$

де E_f - середньо поверхнева густина теплового випромінювання полум'я, кВт·м⁻²;

F_q - кутовий коефіцієнт опромінення;

ψ - коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу.

За результатами розрахунку інтенсивність теплового випромінювання для пожежі розливу біодизельного палива на віддалі 30 м від вогнища пожежі складає 5,4 кВт/м², що перевищує 4 кВт/м², тому відповідно до табл. 6 [2] відкритий склад біодизельного палива і гліцерину відноситься до категорії В₃ - пожежонебезпечний.

Склад метанолу представляє собою дві підземні ємності об'ємом по 25 м³ кожна. Склад огорожено сітчастою захисною огорожею. Резервуари обладнані зливними пристроями, трубопроводами для зливання і забору метанолу, дихальними клапанами та вогнеперешкоджувачами. Подання метанолу в виробничу будівлю здійснюється за допомогою насоса, що розміщений біля ємностей.

Враховуючи, що температура спалаху метилового спирту є нижчою за 28 °С і ця речовина класифікується як горюча легкозаймиста особливо небезпечна, то відповідно до табл. 6 [2] склад метанолу відноситься до категорії А₃ - вибухопожежонебезпечний. Розрахунок щодо можливості зниження категорії не проводився.

Висновки. За результатами проведених аналітичних досліджень, було визначено категорії за вибухопожежною та пожежною безпекою виробничих приміщень, будівель та зовнішніх установок типового підприємства з виробництва біодизельного палива, а також розглянуто та обґрунтовано технічні заходи, що дозволять знизити наслідки ймовірних аварій на зазначеному виробництві.

Такі заходи дозволять економічно-обґрунтовано підійти до вибору систем протипожежного захисту на підприємствах з виробництва біодизельного палива.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Посібник щодо застосування НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою / [Шкоруп О.І., Сізіков О.О., Куликівський В.С. та інші]. – К.: ЗАТ “ВПОЛ”, 2009. – 188 с.
2. НАПБ Б.03.0022-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.
3. СНИП 02.09.02-85 Производственные здания.

4. ВБН В.2.2-58-1-94 Проектирование складов нефти и нефтепродуктов с давлением насыщенных паров не выше 93,3 кПа.
5. ВНТП 20-91 Нормы технологического проектирования предприятий по производству растительных масел.
6. ДСТУ 6081:2009 Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги.
7. Девянін С.Н. Рослинні олії і палива на їх основі для дизельних двигунів / Марков В.А., Семенов В.Г. – Х.: Нове слово, 2007. – 254 с.
8. Баратов А.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2 книгах; кн. 1 / Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. – М.: Химия, 1990. – 496 с.

