

Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Інститут природокористування

Кафедра охорони праці та цивільної безпеки  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавра  
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

Спеціальність 184 «Гірництво»  
(код і назва спеціальності)  
Спеціалізація «Охорона праці»

освітній рівень вища освіта  
(назва освітнього рівня)

кваліфікація Гірничий інженер  
(код і назва кваліфікації)

Кваліфікаційна бакалаврська робота на тему: «Розробка заходів щодо захисту від впливу статичної електрики в гірничих виробках шахти «імені Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»»

виконавець:

студент (ка) IV курсу, групи 184-183-6

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Буряк О.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Муха О.А.			
розділів:				
1-й розділ	Муха О.А.			
2-й розділ	Муха О.А.			
3-й розділ	Муха О.А.			
Рецензент	Саїк П.Б.			
Нормоконтролер	Муха О.А.			

Дніпро

2022

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
охорони праці та цивільна безпека  
(повна назва)  
\_\_\_\_\_ проф. Голінько В.І.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
ступеня бакалавра

студента 184-183-6  
(група)

Буряк О.О.  
(прізвище та ініціали)

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Розробка заходів щодо захисту від впливу статичної електрики в гірничих виробках шахти «імені Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»»

(назва за наказом ректора)

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
1-й розділ	Характеристика гірничого підприємства	04.05.2022
2-й розділ	Встановлення умов для виникнення та накопичення статичної електрики в шахтних умовах. Характеристики статичної електрики Вимоги чинного законодавства	20.05.2022
3-й розділ	Розробка заходів щодо запобігання виникнення зарядів статичної електрики.	01.06.2022

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Муха О.А.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Буряк О.О.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складається з: 65 листів рукописного тексту, 11 рисунків, 1 таблиці, 17 використаних літературних джерел. Демонстраційний матеріал наведений у електронному вигляді у форматі «Презентація Microsoft PowerPoint (.pptx)» (15 слайдів).

Метою кваліфікаційної роботи є розробка заходів щодо захисту від негативного впливу статичної електрики в гірничих виробках, яка потенційно може виникати в процесі діяльності шахтарів та роботи обладнання.

Об'єктом даної роботи є явище виникнення та накопичення статичної електрики на робочих поверхнях та тілі працівників, що може викликати нещасні випадки за певних умов у вибухонебезпечних середовищах.

Предметом роботи є параметри умов праці та технологічні процеси, що виконуються в умовах шахти «імені Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» з метою видобутку корисних копалин.

Практична цінність роботи полягає у розробці низки заходів щодо запобігання виникнення та накопичення статичної електрики для робочих умов шахтарів. Розроблено рекомендації для використання запропонованих заходів.

У вступі подана загальна оцінка небезпеки присутності статичної електрики та її вплив на організм людини та обладнання. Подано актуальність розробки заходів щодо захисту від статичної електрики.

В першому розділі подано загальну характеристику гірничого підприємства, гірничо-геологічні характеристики підприємства. Складено вихідні дані даної кваліфікаційної роботи.

В другому розділі проводився аналіз умов виникнення та накопичення статичної електрики на поверхнях матеріалів. Оцінено вимоги чинного законодавства щодо захисту від статичної електрики в гірничих умовах.

В третьому розділі подано розроблені заходи щодо запобігання виникнення зарядів статичної електрики для умов гірничого підприємства.

**Ключові слова:** статична електрика, безпека праці, захисне заземлення, вибухонебезпечне середовище, антистатичні властивості.

## ЗМІСТ

	ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1	ХАРАКТЕРИСТИКА ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА	
	1.1 Загальні відомості про підприємство.....	6
	1.2 Геологічна характеристика шахтного поля.....	7
	1.3 Гірничотехнічна характеристика шахти.....	11
	1.4 Аналіз стану охорони праці та промислової санітарії.....	18
	1.5 Вихідні дані для роботи.....	23
РОЗДІЛ 2	ВСТАНОВЛЕННЯ УМОВ ДЛЯ ВИНИКНЕННЯ ТА НАКОПИЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ В ШАХТНИХ УМОВАХ. ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ	
	2.1 Умови створення та накопичення статичної електрики в шахтних умовах.....	25
	2.2 Класифікація матеріалів за електростатичними властивостями.....	31
	2.3 Небезпеки від статичної електрики в шахтах.....	35
	2.4 Аналіз вимог законодавства щодо захисту від статичної електрики.....	37
РОЗДІЛ 3	РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЯ ЗАРЯДІВ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ	
	3.1 Загальні положення.....	42
	3.2 Захисне заземлення.....	44
	3.3 Розсіювання заряду шляхом зменшення питомого об'ємного та поверхневого електричного опору	46
	3.4 Нейтралізація заряду на поверхні твердих діелектричних матеріалів.....	50
	3.5 Заходи при пересипці твердих речовин.....	51
	3.6 Захист футерованого та неметалевого обладнання.....	52
	3.7 Відведення заряду, що виникає на людях, пересувних ємностях та апаратах.....	53
	3.8 Відведення статичного заряду від обертових та ремінних передач.....	56
	3.9 Використання матеріалів, що виготовлені з антистатичними властивостями.....	57
	3.10 Прилади контролю статичної електрики.....	58
	ВИСНОВКИ.....	61
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

## ВСТУП

Статична електрика супроводжує людину в процесі її діяльності. Вона може виникати будь-де та будь-коли, навіть тоді, коли ми на це не сподіваємось.

Хоча статичний заряд є цілком безпечним для людини, але такі напруги можуть бути небезпечні для елементів різних електронних приладів. Для деяких виробів мікроелектроніки потенціал в сотні вольт є фатальним. Тому, при роботі з радіоелектронними компонентами рекомендується вживати заходів щодо запобігання накопичення статичного заряду.

Більшість статичних розрядів на робочому місці генерує людина. Вважається, що близько 70 % ушкоджень електронних компонентів статичною електрикою викликані ненадійним заземленням персоналу. Відтак, на всіх підприємствах, що займаються виробництвом та ремонтом сучасної електроніки, повинен застосовуватись антистатичний захист [1].

Наявність електричної статички в шахтних умовах також не є виключенням. Вона провокує виникнення іскор, що можуть призвести до займання горючих частинок в повітрі або газопилоповітряної суміші, що також може спричинити вибух.

Електростатичні небезпеки вважаються категорією технічних небезпек, що виникають при видобутку кам'яного вугілля. Ці небезпеки пов'язані з утворенням надлишкових електричних зарядів, що утворюються в результаті більшості технологічних процесів. Найбільшу небезпеку становлять вироби, що виготовлені з пластмас, які класифікуються як неантистатичні матеріали.

Іншим джерелом небезпеки присутності статичної електрики, крім займання або вибухо потенційних речовин, є вихід з ладу шахтного устаткування.

## РОЗДІЛ 1

### ХАРАКТЕРИСТИКА ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

#### 1.1 Загальні відомості про підприємство

Поле шахти «імені Героїв Космосу» розташоване на території Павлоградського району, села Вербки, в 15 км на північний схід від міста Павлограда, Дніпропетровської області.

Шахта входить в ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», здана в експлуатацію в 1979 році.

Річна потужність по проекту становить 1,5 млн. т. Максимальний видобуток шахти за час експлуатації було досягнуто в 1989 році і склала 1389 тис тонн за 357 робочих днів. Відповідно до «Програми розвитку вугільної промисловості України» та її соціальної сфери по об'єднанню «Павлоградвугілля» виробнича потужність зберігається на рівні 1,2 млн. т./рік.

Найближчими підприємствами є діючі шахти Павлоградська, Благодатна, Тернівська і Західно-Донбаська.

Електропостачання шахти здійснюється від Курахівської ГРЕС через Павлоградську підстанцію 154/35/6 кВ, системи Дніпроенерго.

Джерелом водопостачання є Павлоградський водозабір.

Для потреб шахтного, дорожнього і житлового будівництва район забезпечений глинами, суглинками, а також кварцитами і пісковиками.

До міста Павлограда підведений газопровід від Шебелинського родовища природного газу, за рахунок якого газифікований місто і прилеглі до нього селища.

У географічному відношенні розглянута площа відноситься до степової смуги України і приурочена до басейну річки Самари і її притоків.

Загальна площа шахтного поля складає 50 км<sup>2</sup> при протяжності вугільних пластів із заходу на схід (по простяганню) – 15 км. І ширині з півночі на південь

від 2,1 до 4,5 км. Максимальна глибина від денної поверхні -710 м (абсолютна відмітка, мінус-580м).

По газу шахта віднесена до надкатегорних (відносна метановість 16,0 м<sup>3</sup>/т, абсолютна-36,9 м<sup>3</sup>/хв.).

По фактору вугленосності, тектонічній будові, гідрогеологічних умов і низького ступеня метаморфізму порід, що вміщують, шахта віднесена до групи складних родовищ.

Рельєф місцевості являє собою слабовсхолмлену рівнину порізану долинами річок, балок і ярів із загальним зниженням на південь і південний захід у бік річки Самари.

Клімат району помірно континентальний.

Середньорічна температура повітря коливається від +6,9 до 10 °С, а середня багаторічна становить + 8,6 °С.

Річна кількість опадів коливається від 251 до 760 мм і в середньому становить 479 мм.

Панівні вітри – східний і північно-східний.

## **1.2 Геологічна характеристика шахтного поля**

В геологічній будові шахтного поля приймають участь відкладення нижнього відділу карбону, частково тріасу і юри.

Промислове значення мають 7 вугільних пластів: C<sub>11</sub>, C<sub>10</sub><sup>B</sup>, C<sub>9</sub>, C<sub>8</sub><sup>H</sup>, C<sub>7</sub><sup>H</sup>, C<sub>5</sub>, C<sub>1</sub>.

Для шахтного поля характерно моноклінальне залягання порід з пологим падінням на північ під кутом 2-5°.

Вугільні пласти, які мають промислове значення, приурочені відкладенням Самарської свити C<sub>1</sub><sup>3</sup> нижнього карбону, які представлені аргілітами, алевролітами і пісковиками з численними пластами вугілля потужністю від 0,05 до 1,25 м.

Відкладення тріасу залягають на розмитій поверхні карбону і представлені строкато кольоровими глинами, зеленувато-сірими, слабозцементованими пісковиками. Потужність відкладень від 20 до 30 м.

Юрські відкладення залягають на породах тріасу і представлені зеленувато-сірими аргилітоподібними глинами, пухкими і різнозерністими пісковиками і прошарками дрібнозернистих вапняків. Середня потужність відкладень – 40 м.

Палеогенові відкладення повсюдно залягають на розмитій поверхні юри і тріасу, в місцях відсутності останніх - на породах нижнього карбону. Представлені бучакського дрібнозерністими, рясно обводненими пісками середньої потужності – 15 м і харківськими кварцево-глауконітовими пісками і пісковиками середньо потужності – 18 м.

Відкладення неогену представлені строкато кольоровими глинами, кварцовими дрібно і тонкозерністим пісками, розвиненими тільки на вододілах. Потужність відкладень досягає 30 м.

Четвертинні відкладення мають повсюдне поширення і представлені лесовидними суглинками, червоно-бурими глинами і алювіальними пісками. Потужність відкладень від 5 до 28 м. Потужність відкладень на площі поля становить – 115м.

Однак, за інтенсивністю тектонічної порушеності і умовами залягання вуглевідносячих порід площа шахтного поля може бути розділена на дві нерівні частини: північно-західну (блок № 3 і 3а, західна половина блоку № 1), що характеризується моноклінальним заляганням порід і значною порушеністю, і південно-східну (східна половина блоку №1 і блоку №2), на яких тектонічних порушень, крім граничних скидів, практично не виявлено, але породи карбону, особливо в південній частині, мають пологоволнисте залягання.

Південною межею шахтного поля є Богданівський скид. Простягання скиду північно-західне, падіння площині зміщувача північно-східне під кутом 40-50°, амплітуда зсуву порід від 350 м на південному сході до повного загасання на північному заході. Продовження Богданівської скиду на



південному заході є Вербське скидання з південно-східним простяганням, падіння площині зміщувача - південно-західне і амплітудою - 30 - 85 м.

Північною межею в північно-східній частині поля є Благодатненський скид, що проходить майже паралельно Богданівському на відстані 3,5 км. Падіння його площини до напрямку зміщення північно-східне під кутом 70°, амплітуда 15-30 м.

У межах шахтного поля залягання порід ускладнено наступними скидами: Нижнянським - амплітудою 45-25 м; «А» - амплітудою 10-35 м; I, II, III, IV - амплітудою 5 - 10 м; Поперечним - амплітудою 27 м; Морозовський - амплітудою 10 м; VIII - амплітудою 9 м, і невеликими за протяжності дрібно амплітудними скидами V, VI, VII і IX.

Вугільний пил вибухонебезпечний, породна - силікоzoneбезпечна. Пласти і породи, що є небезпечними за раптовими викидами вугілля і газу, відсутні.

#### *Гідрогеологія родовища*

У межах шахтного поля поширені поверхневі і підземні води.

Поверхневі водостоки впадають в річку Самару, що протікає в 1,2-3 км, від південного кордону ділянки, і в її правий приток - Малу Тернівку, що проходить уздовж північно-східного кордону шахтного поля в 0,4 – 1,2 км.

Ці річки в паводковий період затоплюють велику площу.

В покривних відкладеннях найбільш водоносними є бучакські і тріасового.

Продуктивна товща карбону не виходить під обводнені опади тріасу і відділена від них потужної над вугільної товщею (130-270 м) складається з алеволітів і аргілітів, які є водоупорами. Крім того, через кальматації тріщин в зонах тектонічних порушень глинистим матеріалом, скиди є природними екранами на шляху руху підземних вод і практично виключають взаємозв'язок між водоносними горизонтами карбону і покривних відкладень. Отже, водоприпливи в гірничі виробки будуть формуватися в основному за рахунок

статичних запасів вод вугільних пластів і пісковиків карбону, що надходять по тріщинах в вугіллі вміщують порід і тріщин обвалення.

Слід мати на увазі, що не виключена можливість деякого короткочасного збільшення притоку в гірничі виробки при наближенні їх до тектонічних порушень. Причиною такого збільшення приток можуть бути деякі статичні запаси вод, що скупчилися в тріщинах, менш закольматірованих глинистим матеріалом.

При відпрацюванні пластів  $C_{11}$  і  $C_{10}^B$  максимальний приплив в гірничі виробки складає 300-350 м<sup>3</sup>/год. При відпрацюванні пластів II групи ( $C_9$ ,  $C_8^B$ ,  $C_8^H$ ,  $C_7^H$ ) очікується приплив до 200 м<sup>3</sup>/год, а III групи ( $C_5$ ,  $C_1$ ) - 100 м<sup>3</sup>/год.

Підземні води є високо мінералізованими, дуже жорсткі і відносяться до хлоридно-натрієвих.

Води є вспінюючимися, корозійні, з великою кількістю котельного осаду, мають властивості загальнокислотною, витравлюючою та сульфатною агресіями.

#### *Характеристика вугільних пластів та бокових порід*

Промислове значення мають пласти:  $C_{11}$ ,  $C_{10}^B$ ,  $C_9$ ,  $C_8^H$ ,  $C_7^H$ ,  $C_5$ ,  $C_1$ .

Стійкими по поширенню робочої потужності є пласти:  $C_{10}^B$ ,  $C_9$ ,  $C_7^H$ ,  $C_5$ , та  $C_1$ , пласт  $C_8^H$  - відносно стійкий.

Будова вугільних пластів переважно проста. Вугілля вельми міцні і в'язкі. За класифікацією ІГД ім. Скочинського характеризуються опірністю різанню 250-400 кг/см<sup>2</sup>.

Бічними породами є нестійкі аргіліти і алевроліти з коефіцієнтом міцності по проф. Протодьяконову 1.5-4. Міцність цих порід навіть при незначному зволоженні зменшується в 2-3 рази, вони схильні до пучення.

Вугільний пил - вибухонебезпечний, породна - силіконебезпечна.

Температура гірничих порід до глибини 470 м не перевищує 25 °С, а на глибині 600-650 м складе 30-35 °С

### 1.3 Гірничотехнічна характеристика шахти

#### *Границі та запаси шахтного поля*

Проектом прийняті кордони шахтного поля, що обумовлені розмірами розвіданого Морозовського комплексу ділянок і тектонічними порушеннями:

- на сході – лінія, що проходить крізь точки, що відстають на північний захід в 25 м. від свердловини №1392 і 10 м. від свердловини №14160, спільна з полем шахти Західно-Донбаська №6/42 блок 2;
- на заході - залізнична магістраль Лозова - Синельникове;
- на півдні - Богдановський і Вербське скиди;
- на півночі - лінія, що проходить через свердловини №7431 і №7484 та Благодатненський скид.

У прийнятих межах розміри шахтного поля складають по простяганню 9 км, по падінню від 2,9 км на сході до 5 км на заході. В даний час відпрацьовуються пласти  $C_{11}$ ,  $C_{10}^B$ ,  $C_9$ .

Підрахунок запасів виконаний відповідно з кондиціями, затвердженими протоколом ДКЗ № 848 для цієї шахти, згідно з якими мінімальна потужність робочого пласта прийнята 0.6 м, максимальна зольність 30%.

#### *Технічні показники*

Шахта «імені Героїв Космосу» віднесена до надкатегорійної за газом метаном. Вугільні пласти і вміщують породи (пісковики) не викидонебезпечні і не схильні до гірничих ударів.

За даними вимірів температури в свердловинах геотермічний градієнт на 100 м глибини змінюється від 2,1 °С до 2,7 °С, а геотермічна щабель від 37 до 48 м. Максимальна температура порід на глибині 300 м становить + 26,6 °С.

У проекті будівництва шахти затверджена проектна потужність 1500 тис. т. вугілля в рік. На даний момент шахта вийшла на річну продуктивність 3000 тис. т.

### *Схема розкриття*

Шахтне поле шахти «імені Героїв Космосу» розділене на чотири блоки: блок №1; №2; №3 та №4.

Шахтне поле блоку №1 розкрите двома центрально-здвоєними стволами: головним - діаметром 7,5 м, перетином  $S_{\text{ст}} = 44.2 \text{ м}^2$  та допоміжним - діаметром 6.5 м і перетином  $33.2 \text{ м}^2$ , а також вентиляційної свердловиною діаметром 2.5 м. Стволи блоку №1 пройдені до горизонту 585 м (відмітка мінус 498.7 м). Розробляються пласти розкриті похилими квершлагами і панельними вентиляційним і конвексним штреками на гор. 330 м; 350 м; 370 м; 470 м.

Гор. 350 м. призначений для обслуговування гірничих виробок по пласту  $C_{11}$ , а гор. 370 м. - для обслуговування гірничих виробок по пласту  $C_{10}^B$  і видачі вугілля з пластів  $C_{11}$  та  $C_{10}^B$ .

Горизонт 470 м. є дренажним, на ньому розташований центральний водовідлив шахти.

Горизонт 580 м. призначений для чищення зумпфа головного ствола від розсипаної гірничої маси і породи.

Відповідно до прийнятої схеми розтину пластів навколоствольні двори розташовуються на гор. 350, 370 і 470 м. Навколоствольні двори служать для видачі з шахти породи і вугілля від проведення гірничих виробок, виконання допоміжних операцій по обслуговуванню горизонтів матеріалами і обладнанням. Схеми навколоствольних дворів - челнокова, передбачена можливість обробки як спеціалізованих, так і змішаних складів.

### *Шахтний підйом*

Головний ствол обладнаний двома підйомними установками: двухскіповим вугільним і односкіповим з противагою породним підйомом. Вугільний підйом обладнаний підйомною машиною 2Ц – 4Х1,8 і редукторним від асинхронного двигуна АКН-15-51-16, потужністю 630кВт, 365об/хв. Максимальна швидкість підйому 6,65 м/с. Підйом обслуговує гор. 145м, вантажопідйомність скіпів 6т.

Породний підйом обладнаний підйомною машиною 2Ц-4Х1,8 з скіпом вантажопідйомністю 5,3 т і редукторним від асинхронного двигуна АКН-16-26-20, потужністю 400 кВт, 290об/хв. Максимальна швидкість підйому 5,3 м/с. Підйом обслуговує гор. 145м.

Допоміжний ствол обладнано двоклетьовою підйомною установкою з машиною 2Ц-4Х1,8. Привід редукторний від асинхронного двигуна ДА-213/29-24, потужністю 500кВт, 245об/хв., кліті одноповерхові на одну вагонетку типу ВГ-3,3 в поверсі. Максимальна швидкість підйому 4,4 м/с. Підйоми обслуговують горизонти: 330 м; 350 м; 370 м; 470 м; 585 м.

### *Транспорт*

Виходячи з прийнятої схеми розробки, з урахуванням гипсометрії пласта, на шахті для основного вантажопотоку використовується система повної конвейеризації від очисних вибоїв до завантажувального пристрою головного ствола. При цьому використовуються стрічкові конвеєри 1Л-100У-01, 1ЛУ120. Відкатка породи, доставка обладнання здійснюється акумуляторними електровозами АМ-8Д. Тип вагонетки ВГ-3,3. Похилі виробки, що з'єднують горизонти 330, 350, 370 і 470 м для виконання допоміжних операцій обладнані однокінцевими канатними підйомами за допомогою лебідок. З очисних вибоїв вугілля конвеєрами 2ЛТ80У, 2Л80У транспортується по дільничним збірним штреку і східному (західному) магістральним конвеєрним штреками гор.370 м та гор. 470 м, конвеєром 1ЛУ120, подається на похилий конвеєрний квершлаг і далі транспортується до завантажувального пристрою головного ствола. Матеріали та обладнання до очисному забою доставляються в вагонетках за допомогою однокінцевої відкатки, лебідками ЛВД-34 і ЛВД-28. Від розподільного пункту до лави матеріали доставляються вручну.

Доставка людей по шахті проводиться електровозами АМ-8Д в вагонетках ВЛ-18 згідно «Проекту з безпечного перевезення людей і вантажів з ухилом більше 0,005», гор.350 м і гор.370 м.

### *Споживачі та вимоги до якості вугілля*

Основними споживачами вугілля є теплоелектростанції. Планові норми зольності видобутого вугілля 30,9 %, фактична зольність вугілля, що добувається 32,8 %. Природна зольність вугільних пачок змінюється від 4.9 до 9.5 %.

### *Вентиляція*

Схема вентиляції шахти – центральна, спосіб провітрювання – всмоктуючий.

В якості головної вентиляційної установки використовується відцентровий вентилятор ВРЦД-4.5, встановлений на головному стволі.

В якості приводів служать синхронні електродвигуни потужністю 3050 кВт з числом оборотів – 375 об/хв.

Основні параметри, що характеризують роботу вентиляційної установки, згідно депресійної зйомки, складають:

- $H_v = 520$  даПа;
- $Q_v = 12600$  м<sup>3</sup>/хв.;
- зовнішні підсосі повітря - 3150 м<sup>3</sup>/хв.;
- кількість повітря, що надходить в шахту - 9450 м<sup>3</sup>/хв.;
- аеродинамічний опір шахтної вентиляційної мережі - 0.01676 кц;
- опір зовнішніх підсосів - 0.43816 кц.

Провітрювання виїмкових дільниць здійснюється за возвратноточною схемою типу ІМ-Н-г-пн.

### *Підготовка та послідовність відпрацювання запасів шахтного поля*

Блок №1 шахти «імені Героїв Космосу» по падінню розділений на бремсбергове і уклонне поля і на два крила по простяганню (східне і західне). Протяжність західного крила - 3.5 км, східного - 7.6 км. Через неможливість проведення підготовчих виробок довжиною 2.5 км одним забосм за умовою вентиляції і доставки вантажів до забою є необхідним поділ шахтного поля по

падінню на бремсбергове та уклонне поля (горизонти 370 і 470 м). Такий поділ сприяє прискоренню підготовки виїмкових стовпів, так як підготовчі виробки проходяться зустрічними забоями.

Система розробки погоризонтна з відпрацюванням довгими стовпами по повстанню. Виїмкові стовпи окреслюються виїмковими штреками.

Довжина лави - 180 м. Довжина стовпів коливається від 1000 м до 1600 м. Західне і східне крила відпрацьовуються прямим ходом, тобто від розкривних стволів до кордонів шахтного поля.

На східному і західному крилах шахтного поля пройдені конвеєрні і відкатні магістральні штреки гор. 370 м, призначені для транспортування вугілля, доставки устаткування, матеріалів і вентиляції.

Бортові штреки проходяться з відкатного магістрального штреку, а збірні штреки з конвеєрного магістрального штреку.

Запаси шахтного поля пласта С<sub>9</sub> відпрацьовуватимуться з використанням існуючої мережі капітальних гірничих виробок горизонтів 330, 350, 370, 470, і 585 м.

### *Система розробки*

При відпрацюванні вугільних пластів застосовується система розробки довгими стовпами по повстанню, одинарними лавами через стовп.

Параметри системи розробки:

- середня довжина виїмкового стовпа - 1400 м;
- довжина очисного забою - 170 м;
- тип застосовуваного механічного комплексу – КД-80 та ІМКД-99;
- фактичне навантаження на очисний вибій - 1500 т/добу;
- швидкість посування очисного вибою – 5,6 м/добу;

Спосіб охорони дільничних виробок - проведення їх в присічку до виробленого простору без залишення ціликів вугілля.

Охорона магістральних штреків здійснюється стрічковими ціліками шириною 50 - 80 м, в залежності від глибини розробки.

### *Очисні роботи*

У всіх вибоях використовується механізований комплекс КД-80, що складається з механізованого кріплення КД-80, вузькозахватними комбайна КА-80, забійного конвеєра СП-202 з винесеними на штреки головками і системою подачі комбайна.

Породу з вибоїв підготовчої виробки транспортують в вагонетках ВГ-3.3. Виконання всіх транспортних операцій по виробках виконується електровозами АМ8Д.

Виконання всіх допоміжних операцій по доставці матеріалів та обладнання в очисні вибої здійснюється надпочвенними дорогами типу ДКНІ-1. Для транспортування вугілля по дільничним конвеєрним штреками використовуються конвеєри типу 2ЛТ-80, а по магістральним конвеєрним штреками і квершлягу конвеєра типу – 1Л100У.

У 2018 році середнє добове навантаження, відповідно до звіту, склало 1500 т/добу.

### *Проведення підготовчих виробок*

Проведення підготовчих виробок здійснюється комплексними прохідницькими бригадами за допомогою прохідницьких комбайнів вибіркової дії 4ПП-2 і ГПКС. Виїмка вугілля і породи проводиться окремо.

Доставка вугілля і породи з підготовчого вибою під час проведення виймальних конвеєрного штреку здійснюється стрічковим конвеєром ЛТ-80, а при проведенні бортового штреку – за допомогою одне кінцевий відкатки у вагонетках ВГ-3.3.

В даний час середня швидкість проведення виробки становить – 480 м/місяць.



### *Електропостачання*

Для електропостачання шахти «імені Героїв Космосу» використовується ділянка дволанцюгової ЛЕП 35 кВ від Павлоградської підстанції 154/35/6. Головна знижувальних підстанція розміщується біля промислового майданчика ДВАТ «Шахта імені Героїв Космосу». ГПП 6/0.4 - 0.23 кВ розташована на промисловому майданчику шахти і складається з відкритого розподільного пристрою 6 кВ скомплектованого з тридцяти металевих шаф типу КРУП - 6 серії К-У1.

На підстанції передбачена відкрита установка двох силових трансформаторів 6/0.4 - 0.23 кВ, потужністю по 630 КВА.

У гірничих виробках шахти використовуються мережі напругою - 6 кВ (стаціонарні установки, дільничні і перетворювальні підстанції).

Для живлення всієї підземної навантаження шахти в пристволовому дворі обладнана центральна підземна підстанція (ЦПП).

Від ЦПП напругою 6 кВ живляться:

- двигуни головного водовідливу;
- РПП - 6 кВ №1 - західного крила пл. С<sub>11</sub> і С<sub>10</sub><sup>В</sup>;
- РПП - 6 кВ №2 - східного крила пл. С<sub>11</sub> і С<sub>10</sub><sup>В</sup>;

Пересувні підстанції підключаються до РПП-6 кВ кабелями марки СВН-6000 3Х25. Від пересувних підстанцій при нарузі 660 В по кабелях марки СБН-100 живляться розподільні пункти очисних і підготовчих забоїв, а також двигуни конвєсрних ліній.

Механізми очисних і підготовчих забоїв отримують електроенергію по кабелях марки ГРШЕ-660 і ШРБЕ.

ЦПП і РПП-6 кВ обладнані комірками типу РВД-6.

Розподільні пункти 660 В усіх підстанцій комплектуються з фідерних автоматів типу АФВ і магнітних пускачів у вибухонебезпечному виконанні.

Підземна мережа захисного заземлення виконана шляхом надійного з'єднання корпусів електрообладнання за допомогою металевих оболонок кабелів і спеціальних смуг із заземлювачами.

## 1.4 Аналіз стану охорони праці та промислової середовища

### *Шкідливі виробничі фактори*

При відпрацюванні пластів  $C_{10}^B$ ,  $C_9$  та  $C_{11}$  температура повітря і вологість на робочих місцях не перевищувала допустимих по ПБ і становить:

- вологість – 80 + 90 %;
- температура до 24 °С.

Прогнозна оцінка температури гірничих порід і повітря на весь період гірничих робіт не перевищить допустимих за ПБ.

Шахта віднесена до надкатегорійної за газом метаном. Шкідливих отруйних газів немає.

Розробляються пласти  $C_{10}^B$ ,  $C_9$ ,  $C_{11}$ , що віднесені до II-ої групи за пиловим чинником. Вміст  $SiO_2$  за даними петрографічних досліджень коливається від 5 до 50 %. Вміст пилу в місцях ведення очисних робіт складає – 935-1232 мг/м<sup>3</sup> при ГДК 6 мг/м<sup>3</sup>, підготовчих 845-848 мг/м<sup>3</sup> при ГДК 2 мг/м<sup>3</sup>.

Одним з шкідливих виробничих факторів є шум. Джерелом виробничого шуму є машини і механізми. Шум при веденні гірничих робіт виникає від роботи пневматичних і електричних двигунів, вібрації, при ударах, терті та інших виробничих процесах.

У робочих забоях обмежених стінами бічних порід, що володіють хорошою здатністю відображати, сила шуму в три рази більше ніж в порівняно вільному очисному забої.

Шум на робочих місцях перевищує допустимий рівень широкосмугового шуму в середньому 1,33 рази.

При застосуванні машин і механізмів в очисних і підготовчих вибоях обслуговуючий персонал піддається локальній і загальній вібрації.

Тривалість впливу вібрації відповідає коефіцієнту машинного часу, тобто тривалості роботи механізмів протягом зміни, що в середньому становить 30-35 %.

У технологічних процесах при веденні гірничих робіт радіоактивні елементи не застосовуються. Іонізуючі випромінювання відсутні.

Висота пласта, що виймається, не дозволяє працівникам очисного забою працювати в повний зріст, тому їм приходится працювати в положенні напівсидячи більшість часу трудового процесу.

### *Небезпечні виробничі фактори*

а) газовий режим шахти. Шахта віднесена до надкатегорійної за газом метаном.

Виявлено шарові скупчення метану. Вугільні пласти загрозові по викидах вугілля і газу. Пласти не схильні до самозаймання.

б) обвалення гірничих порід.

Клас порід покрівлі за обваліваністю - II-ої.

Крок обвалюваності безпосередньої покрівлі – 1,0 м.

Крок обвалюваності основної покрівлі – 25 м.

в) гірничі та транспортні машини.

Небезпечні зони при експлуатації машин і механізмів є місця їх радіусу дії.

г) застосування електроенергії.

Потенційною небезпекою для всіх працюючих в шахті є експлуатація електроустаткування і електромереж.

Небезпека підвищується в процесі їх експлуатації, а саме безперервне подвигання очисних і підготовчих робіт вимагає переміщення обладнання і нарощування мереж, до того ж ці роботи необхідно виконувати в обмеженому просторі з можливими обваленнями порід і підвищеною вологістю.

Для забезпечення безпеки праці при експлуатації обладнання в шахті передбачається:

- застосування обладнання в рудниковому вибухобезпечному виконанні;
- застосування кабелю з негорючим покриттям;

- в мережах 6 кВА (в навколоствольних дворах) захист від замикання на землю забезпечується апаратами типу АБС-6;

- в мережах змінного струму напругою 660 В і 127 В застосовуються реле витоку типу АЗАК;

- в мережах постійного струму зарядних пристроїв батарей електровозів є реле температури РКУ-3АР, вбудоване в зарядний пристрій;

- заземлення обладнання і механізмів, а так же металевих частин електрообладнання і трубопроводів, шляхом приспінання їх металевою стрічкою до місцевих заземлень до загальної заземлювальної мережі.

- посудини, апарати, трубопроводи.

При веденні очисних робіт застосовуються насосні станції типу НУМС-30м, НУМС-200С. Робочий тиск в насосних станціях досягає 20 МПа.

ж) затоплення гірничих виробок.

Для запобігання затоплення гірничих виробок передбачається залишення бар'єрних ціликів в пластах, що залягають під або над пластом із затопленими виробками. Головні водовідливні установки на горизонтах: 350 м, 370 м 470м, 585 м мають водозбірники більш ніж з двома виробками, обладнані трьома насосами (один робочий, резервний і один в ремонті).

з) пожежна небезпека.

Категорія шахти з екзогенної пожежонебезпеки - II-а. Проектом передбачається застосування кріплення і затягування гірничих виробок з негорючих матеріалів, а так же застосування в гідросистемах машин і механізмів негорючої рідини. Зберігання машинного масла і інших мастильних матеріалів передбачено в спеціальній закритій ємності в кількості, що не перевищує добового споживання.

### *Противарійний захист*

У разі аварії гірничий диспетчер сповіщає про аварію робочих, що знаходяться на ділянці по телефону.

Шахта обслуговується силами 8ВГРЗ і допоміжної командою шахти, є ділянка ВТБ і служба охорони праці, контроль здійснюється Павлоградською філією Держпраці.

Для запобігання скупченню газів до небезпечних концентрацій, ділянки провітрюються за прямоточною схемою за рахунок загальношахтної депресії.

Штреки закріплені кріпленням КШПУ, згідно розрахунку ВНИМИ, в очисному забої використана кріплення КД-80 (КД-90), вибухові роботи відсутні.

Для ліквідації завалів в лаві проектом передбачено анкерування порід покрівлі.

З метою пожежної безпеки в штреках встановлені на пересипах і приводах стрічкових конвеєрів:

- УВПК-Б1, УПЗ-1-А, зрошення;
- Змонтовано ППС діаметром 4" по (бортовому штреку) і діаметром 6" по збірному штреку, встановлені засоби первинного пожежогасіння.

У кожній зміні є не менше двох робітників-членів ВГК, навчених відповідно до програми протипожежного захисту.

При виникненні аварії техногенного походження змінний ІТП повинен вжити заходів щодо усунення порушень ПБ - при небезпеці люди повинні бути виведені в безпечне місце і повідомити гірничого диспетчера.

Таблиця 1.1 - Перелік дій при протиаварійному захисті

№ зп	Вид аварії	Дії людей
1	2	3
1. 1.1	Пожежа; вибух газу або вугільного пилу. Поява диму.	Необхідно негайно включитися в саморятівник, і рухатися за димом за ходом вентиляційного струменя до найближчих виробках зі свіжим струменем повітря, і запасних виходів. Зміни напрямку вентиляційного струменя свідчить, що сталася пожежа в основних повітроподавальних виробках і ввімкнено загальношахтне реверсування вентиляційного струменя. У цьому випадку рух назустріч реверсованому свіжому струменю повітря, не вимикаючись з саморятувальника, необхідно продовжувати до скіпового ствола.
	1.2. Визначення джерела пожежі, знаходячись зі сторони свіжого струменя повітря.	Необхідно включитися в саморятівник (респіратор) і почати гасіння первинними засобами пожежогасіння. При горінні електропускової апаратури, силових кабелів, необхідно відключати електроенергію на аварійних агрегатах.
2.	Обвалення	Люди, захоплені обваленням, повинні вжити заходів щодо визволення постраждалих, які перебувають під завалом; встановити характер обвалення і можливість безпечного виходу через купольну частину виробки. Якщо вихід неможливий, слід встановити додаткове кріплення і приступити до розбирання завалу. У разі, коли це неможливо, чекати приходу рятувальників, подаючи сигнали за кодом ударами по металевих (твердим) предметах: при обваленні в підготовчих виробках, (*) крім числа захоплених завалом людей (1-а група сигналів передається відповідним числом одиночних ударів з інтервалом 1-2с), необхідно передати інформацію про відстань між завалом і забосм (2-а група сигналів, що подаються через 10-15с після першої), причому кожен сигнал цієї групи подається з інтервалом 5-7с, а кожен удар повинен відповідати відстані 10 м. (*) У разі, коли захоплені обваленням люди знаходяться в тупиковій частині виробки, необхідно роз'єднати трубопровід стисненого повітря і встановити в 5-10м від забосу перемичку для запобігання надходження метану, при цьому люди повинні знаходитися між перемичкою і завалом.
3.	Затоплення водою, замульованість пульпою, інше	Необхідно взяти саморятівник і виходити на вищерозміщений горизонт по найближчих виробках, або до стовбура по ходу руху води (пульпи).

Продовження табл. 1.1

1	2	3
4.	Загазованість.	<p>Необхідно включитися в ізолювальний саморятівник, вийти з загазованих виробок, відключити ел. енергію і поставити знак, який забороняє вхід у виробки (захрестити виробку).</p> <p>При проникненні в гірничі виробки сильнодіючих отруйних речовин провітрювання і подачу стисненого повітря в вироблення припинити після виведення людей.</p>
5.	Ураження електричним струмом	<p>Відключити ел. енергію на ділянку.</p> <p>Викликати ВГРЗ та швидку допомогу.</p> <p>Заходи надання першої допомоги залежать повністю від того стану, в якому знаходиться потерпілий, у свідомості після звільнення його від струму, краще за все до прибуття лікаря ніяких дій не робити.</p> <p>Якщо ж потерпілий без свідомості, але дихання і пульс стійкі, то його укласти, розстебнути одяг, забезпечити спокій, піднести до носа нашатирний спирт і негайно викликати лікаря. У разі неритмічного дихання потерпілому роблять штучне дихання. Навіть при відсутності ознак життя треба негайно викликати лікаря і до його приходу робити штучне дихання, а при відсутності пульсу одночасно і масаж серця.</p>
5.	При нещасному випадку (травмування шматками породи, що обвалилися, рухомі механізми, локомотивного транспортом та ін.)	<p>Направити до місця нещасного випадку для надання першої допомоги:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Чергового фельдшера підземного пункту;</li> <li>• Членів ВГК з найближчих робочих точок.</li> </ul> <p>Викликати на шахту реанімаційно-протишокову групу ВГРЗ та швидку допомогу.</p> <p>Повідомити про нещасний випадок головному інженеру шахти, заступнику директора з охорони праці та начальнику дільниці. Забезпечити готовність засобів механізованого перевезення людей (пасажирські вагонетки, канатні і монорейкові дороги, кліті) для негайної доставки реанімаційно-протипожежної групи і її повернення на поверхню з потерпілим.</p>

### 1.5 Вихідні дані для роботи

Згідно вище наведеної інформації щодо аналізу стану охорони праці, промислової гігієни на робочих місцях, ергономіки робочих місць, а також технології видобутку вугілля, використовуваної техніки встановлено, що існують на робочих місцях небезпечні та шкідливі фактори. Ці фактори можуть призводити до виникнення професійних захворювань. Запобігання та боротьба

з професійними захворюваннями є достатньо дослідженими, тому існують розроблені заходи, на які виділяється фінансування згідно планів та графіків розвитку підприємства.

Проте існують небезпечні фактори, які можуть стати причиною призупинки ведення робіт, пошкодження обладнання, та навіть групового нещасного випадку або смерті працівників.

Це такі небезпечні фактори як скупчення метану, електричне обладнання, допоміжні роботи з використанням ріжучих інструментів (болгарки або різак), що створюють іскри, а також статична електрика, що є виробляється під час діяльності людини, обладнання та фізичних процесів, які проходять в шахтних умовах.

Для розробки та пропонування можливих дієвих заходів щодо захисту від впливу статичної електрики в гірничих виробках в кваліфікаційній роботі передбачається:

1. Провести аналіз щодо небезпек, які створює статична електрика в шахтних умовах для процесу видобутку вугілля.
2. Розглянути умови створення та накопичення статичної електрики в різних умовах.
3. Розглянути вимоги чинного законодавства щодо визначення та контролювання статичної електрики в шахтних або вибухонебезпечних умовах.
4. Запропонувати найбільш придатні заходи для запобігання або зменшення накопичення статичної електрики в гірничих виробках.



## **РОЗДІЛ 2 ВСТАНОВЛЕННЯ УМОВ ДЛЯ ВИНИКНЕННЯ ТА НАКОПИЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ В ШАХТНИХ УМОВАХ. ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ**

### **2.1 УМОВИ СТВОРЕННЯ ТА НАКОПИЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ В ШАХТНИХ УМОВАХ**

#### **2.1.1 Умови виникнення заряду статичної електрики та оцінка небезпеки його накопичення**

Обладнання та матеріали, що використовуються при видобутку вугілля, повинні відповідати вимогам щодо їх антистатичних, негорючих/важкозаймистих та нетоксичних властивостей. Оскільки вони можуть стати джерелом займання метану від електростатичного розряду. Антистатичний характер використовуваних матеріалів та обладнання однозначно не зрозумілий та не може бути визначений як постійна величина.

Виникнення заряду статичної електрики може відбуватися при деформації, подрібненні (розбризуванні) речовин, відносному переміщенні двох тіл, що знаходяться в контакті, шарів рідких або сипких матеріалів, при інтенсивному перемішуванні, кристалізації, випаровуванні речовин.

Можливість накопичення небезпечної кількості статичної електрики визначається як інтенсивністю виникнення, так і умовами стікання заряду.

Інтенсивність виникнення заряду в технологічному обладнанні визначається фізико-хімічними властивостями речовин, що переробляються, та матеріалів, з яких виготовлено обладнання, а також параметрами технологічного процесу.

Процес стікання заряду визначається в основному електричними властивостями речовин, що переробляються, навколишнього середовища та матеріалів, з яких виготовлено обладнання.

За відсутності необхідних умов стікання заряду відбувається його накопичення, яке може призвести до:

- безпосереднього впливу на людину (дія електростатичних полів та іскрових розрядів);
- шкідливого впливу на технологічний процес чи матеріали, що переробляються.

Ступінь електризації поверхні речовин вважається безпечним, коли виміряне максимальне значення поверхневої щільності заряду, напруженості або потенціалу на будь-якій ділянці цієї поверхні не перевищує гранично допустимого значення для даної зарядженої речовини, навколишнього середовища та середовища, яке може проникнути до об'єкта.

При заданих тиску і температурі гранично допустимим вважається таке максимальне значення щільності заряду, напруженості поля або потенціалу, за якого виконується умова електростатичної іскробезпеки.

Статична електрика виникає у разі порушення внутрішньоатомної або внутрішньомолекулярної рівноваги внаслідок придбання або втрати електрона. Зазвичай атом знаходиться в рівноважному стані завдяки однаковому числу позитивних і негативних частинок – протонів і електронів. Електрони можуть легко переміщуватись від одного атома до іншого. При цьому вони формують позитивні (де відсутній електрон) або негативні (одиначний електрон чи атом з додатковим електроном) іони. Коли відбувається такий дисбаланс, виникає статична електрика.

За джерелами виникнення основні причини появи статичної електрики можна поділити на наступні класи:

1. Контакт між двома матеріалами та їх відділення один від одного (включаючи тертя, намотування / розмотування і пр.).
2. Швидкий температурний перепад (наприклад, в момент приміщення матеріалу в духову шафу).
3. Радіація з високими значеннями енергії, ультрафіолетове випромінювання, рентгенівські X-промені, сильні електричні поля (непересічні для промислових виробництв).

4. Різальні операції (наприклад, на розкроювальних верстатах або паперорізальних машинах).

5. Наведення (викликане статичним зарядом виникнення електричного поля) [2].

Поверхневий контакт і поділ матеріалів, можливо, є найбільш поширеними причинами виникнення статичної електрики на виробництвах. Статичний заряд генерується в процесі переміщення відносно один одного різних матеріалів. В шахтних умовах тертя може виникати при русі конвеєрних стрічок, пересипанні та русі матеріалів по конвеєрним стрічкам, рух повітря та часток пилу по вентиляційних рукавах. Цей процес не є цілком зрозумілим, але найбільш правдиве пояснення появи статичної електрики в даному випадку може бути отримане проведенням аналогії з плоским конденсатором, в якому механічна енергія при поділі пластин перетворюється в електричну:

В результаті  $U = U_0$  (початкова напруга (кінцева відстань між пластинами/початкова відстань між пластинами)). Коли одна рухома складова (конвеєрна стрічка, пил у повітрі, рухомі матеріали) торкається статичної частини (вентиляційний рукав, привід та станина конвеєра), то невеликий заряд, що перетікає від матеріалу до статичної частини, провокує дисбаланс. У міру того, як матеріал долає зону контакту зі статичною частиною, напруга зростає так само, як у випадку з конденсаторними пластинами в момент їх поділу.

Практика показує, що амплітуда сумарної напруги обмежена внаслідок електричного пробоя, що виникає в проміжку між сусідніми матеріалами, поверхневої провідності та інших факторів. При русі рухомого матеріалу можна чути слабе потріскування або спостерігати іскріння. Це відбувається в момент, коли статичний заряд досягає величини, достатньої для пробоя навколишнього повітря. До контакту зі статичною частиною рухома частина з точки зору електрики є нейтральною, але в процесі переміщення і контакту з поверхнями, що подають потік електронів, які спрямовуються на рухому

частину, вона заряджається негативним зарядом. Якщо вал металевий і заземлений, його позитивний заряд швидко спадає (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Розподіл типу зарядів в залежності від матеріалу

Велика частина устаткування має багато валів або статичних частин, тому величина заряду і його полярність можуть часто змінюватися. Найкращий спосіб контролю статичного заряду - це його точне визначення на ділянці безпосередньо перед проблемною зоною. Якщо заряд нейтралізований занадто рано, він може відновитися до того, як рухомий матеріал досягне цієї проблемної зони.

Якщо матеріал є провідником, заряд передається на землю і не створює проблем. Якщо ж матеріал є ізолятором, заряд не зможе передаватись, і

виникають складнощі. Іскровий розряд виникає в тому випадку, коли напруга накопиченого заряду досягає граничного порогу.

Струмове навантаження - заряд, що був генерований, наприклад, в процесі переміщення рухомого матеріалу по конвеєрній стрічці. Струм заряду заряджає конденсатор (об'єкт) і підвищує його напругу  $U$ . У той час як напруга підвищується, струм тече через опір  $R$ . Баланс буде досягнутий в момент, коли струм заряду буде дорівнювати струму, циркулюючому по замкнутому контуру опору. (Закон Ома:  $U = I * R$ ).

Якщо об'єкт має здатність накопичувати значний заряд, і якщо має місце висока напруга, статична електрика призводить до виникнення таких серйозних проблем, як іскріння, електростатичне відштовхування / притягання або електричного ураження персоналу.

## **2.1.2 Характеристики статичної електрики**

### **Електростатичне тяжіння / відштовхування**

Це, можливо, найбільш широко поширена проблема, вона проявляється в тому, що матеріали самостійно змінюють свою поведінку - склеюються між собою або, навпаки, відштовхуються, прилипають до обладнання, притягають пил, неправильно поведуть себе в русі по конвеєрних стрічках або повітропроводах та ін.

Інтенсивність прояву цього ефекту безпосередньо пов'язана з амплітудою статичного заряду і відстанню між об'єктами, що притягуються або відштовхуються. Притягання і відштовхування відбувається в напрямку силових ліній електричного поля. Якщо два заряди мають однакову полярність – вони відштовхуються, якщо протилежну – притягуються. Якщо один з об'єктів заряджений, він буде провокувати притягання, створюючи дзеркальну копію заряду на нейтральних об'єктах.

## **Типи розряду**

Існує три основних типи – *іскровий*, *кистьовий* і *ковзний кистьовий* розряди. Коронний розряд в даному випадку до уваги не береться, оскільки він відрізняється невисокою енергією і виникає досить повільно. Коронний розряд найчастіше безпечний, його слід враховувати тільки в зонах дуже високої пожежо- та вибухонебезпечності, крім того для його створення необхідне створення відповідних параметрів навколишнього середовища (вологість та температура повітря), достатня відстань між сторонами та наявність джерела фокусування енергії (голка, стрижень), які мають бути якнайменшого розміру.

### ***Іскровий розряд***

В основному він виникає від ізолюваного об'єкта, що помірно проводить електричний струм. Це може бути тіло людини, деталь машини чи інструмент. Передбачається, що вся енергія заряду розсіюється в момент іскріння. Якщо енергія запалювання (МЕЗ) вище точки спалаху пожежо- або вибухонебезпечних речовин, може статися займання. Енергія іскри розраховується наступним чином:  $E$  (у Джоулях) =  $1/2 C \cdot U^2$ .

### ***Кистьовий розряд***

Кистьовий розряд виникає, коли загострені частини деталей устаткування концентрують заряд на поверхнях діелектричних матеріалів, ізоляційні властивості яких приводять до його накопичення. Кистьовий розряд відрізняється більш низькою енергією у порівнянні з іскровим і, відповідно, представляє меншу небезпеку відносно займання.

### ***Ковзний кистьовий розряд***

Ковзний кистьовий розряд відбувається на стрічкових або плоских матеріалах (конвеєрна стрічка або вентиляційний рукав) з високим питомим опором, що мають підвищену щільність і різну полярність зарядів із кожної сторони стрічки. Таке явище може бути спровоковано тертям або розпиленням порошкового покриття або пилу. Ефект порівняємо з розрядкою плоского конденсатора. Він може представляти таку ж небезпеку, як іскровий розряд.

### **Джерело і енергія розряду**

Величина і геометрія розподілу заряду є важливими факторами. Чим більше об'єм тіла, тим більше енергії воно містить. Гострі кути підвищують потужність поля і підтримують розряди.

### **Потужність розряду**

Якщо об'єкт, що має енергію, не дуже добре проводить електричний струм, наприклад, людське тіло, опір об'єкту буде послаблювати розряд і знижувати небезпеку. Для людського тіла існує емпіричне правило: вважати, що будь-які розчинники з внутрішньою мінімальною енергією займання менше 100 мДж можуть займатися, незважаючи на те, що енергія, яка міститься в тілі, може бути вище в 2-3 рази.

### **Мінімальна енергія займання МЕЗ**

Мінімальна енергія займання розчинників і їх концентрація в небезпечній зоні є дуже важливими чинниками. Якщо мінімальна енергія займання нижче енергії розряду, виникає ризик загоряння.

## **2.2 КЛАСИФІКАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ ЗА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

В електростатиці матеріали поділяються на основі їх електростатичних властивостей. Ці класи поділу залежать від сфери застосування - вони відрізняються для електроніки, вибухобезпечності та інших областей.

Використовуючи критерій поверхневого опору, матеріали поділяли на такі категорії: електростатично провідні (включаючи екрануючі матеріали), електростатично розсіювальні та ізоляційні (рис. 2.2).

Під час оцінки здатності до електризації слід проаналізувати трибоелектричні ряди; тобто розташування матеріалів на основі полярності та величини електричного заряду, що утворюється при використанні методів контактного тертя. Деякі матеріали легше втрачають електрони, а інші легше їх накопичують.

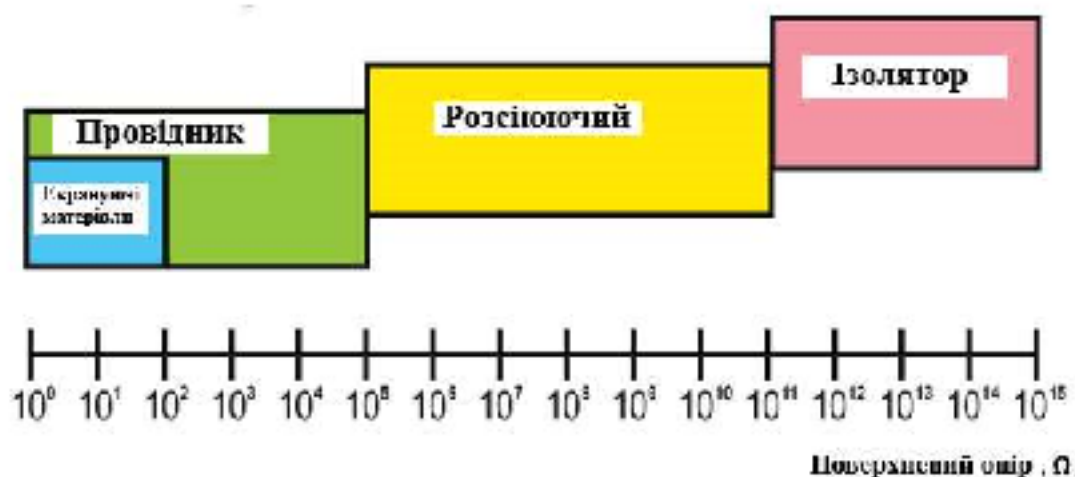


Рис. 2.2 Класифікація матеріалів за поверхневим опором

Найпоширенішим методом електризації є електризація через контакт і тертя, також званий контрактним тертям або методом точки контакту. У місці контакту двох тіл відбувається електронний обмін - так званий подвійний шар. Після того, як тіла розділені, на одному з них виникне надлишок електронів (негативні заряди), а на іншому – нестача електронів (позитивні заряди). Кількість генерованих надлишкових зарядів залежить від властивостей поверхні, типу матеріалу та периметрів навколишнього середовища.

Відповідно до принципу трибоелектричного ряду, матеріали віддають або отримують електрони залежно від їх спорідненості до електронів під час поділу, що призводить до електричного дисбалансу в матеріалах (перевищення електронів в одному і нестача в іншому)..



Подібне відбувається через контакт, електризація через тертя відноситься до трибоелектричного ряду. У результаті механічного тертя і між двома тілами відбувається перенесення електричних зарядів; це призводить до їх електризації з надлишковим електричним зарядом. Вивчаючи знаки електричного заряду при електризації методами контактного тертя, можна зробити висновок, що в багатьох випадках знак заряду залежить від методу електризації. Не проводилося жодних досліджень щодо впливу електризації через тертя на електризацію через контакт або навпаки (включаючи поділ і удар). Електризація шляхом розриву контакту є формою електризації через тертя

### **Дія статичної електрики на організм людини**

#### **Електричний удар**

Питанню ризику статичного удару в умовах промислового підприємства приділяється все більше уваги. Це пов'язано з істотним підвищенням вимог до гігієни і безпеки праці.

Електричний удар, спровокований статичною електрикою, в принципі не представляє особливої небезпеки. Він просто неприємний і часто викликає різку реакцію.

Розглянемо загальні причини статичного удару.

Якщо людина перебуває в електричному полі і тримається за заряджений об'єкт, наприклад, за намотувальну бобіну для плівки, можливо, що її тіло зарядиться.

Заряд залишається в тілі оператора, якщо він знаходиться у взутті на ізолюючій підшві, до того моменту, поки він не торкнеться до заземленого устаткування. Заряд переходить на землю і уражує людину. Таке відбувається і в тому випадку, коли оператор торкається до заряджених об'єктів або матеріалів через ізолююче взуття, тоді заряд накопичується в тілі. Коли оператор чіпає металеві деталі обладнання, заряд може спровокувати електричний удар.

При переміщенні людей по синтетичним килимовим покриттям виникає статичний заряд при контакті між килимом і взуттям. Електричні удари, які отримують водії, залишаючи свою машину, провокуються зарядом, що виник між сидінням і їх одягом в момент підйому. Вирішення цієї проблеми – доторкнутися до металевої деталі автомобіля, наприклад, до рами дверного отвору, до моменту підйому з сидіння. Це дозволяє заряду безпечно переходити на землю через кузов автомобіля і його шини.

### **Електричний удар, спровокований обладнанням**

Такий електричний удар можливий, хоча відбувається значно рідше, ніж удар, спровокований матеріалом.

Якщо рухома привід або ролики конвеєра, або вентиляційний рукав має значний заряд, трапляється, що пальці оператора концентрують заряд до такої міри, що він досягає точки пробоя і відбувається розряд. Крім цього, якщо металевий незаземлений об'єкт знаходиться в електричному полі, він може зарядитися наведеним зарядом. З причини того, що металевий об'єкт є струмопровідним, рухливий заряд розрядиться в людини, яка торкається об'єкта.

Накопичення нерухомих зарядів призводить до виникнення статичної електрики. Всі ми з ним добре знайомі і самі накопичуємо заряд, коли ходимо по паркету, розчісуємося, надягаємо синтетичний одяг.

Ці прояви, можна сказати, перетворюють нас в невеликі заряджені конденсатори, готові до розряду. Звичайно, іскри від людини не такі потужні, як блискавка. Ми відчуваємо лише легкі уколи, коли торкаємося один одного або знімаємо куртку.

Є небезпека і при роботі з діелектричними легкозаймистими атмосферами і сипкими матеріалами: достатньо невеликого розряду, щоб спалахнула пожежа.

### **2.1.4 Ризик виникнення пожежі**

Ризик виникнення пожежі не є спільною проблемою для всіх виробництв. Але вірогідність спалаху дуже велика на підприємствах, де є легкозаймисті речовини або наявні пожежовибухонебезпечні атмосфери.

У небезпечних зонах найбільш поширеними джерелами займання є незаземлені обладнання та рухливі провідники. Якщо на операторі, що знаходиться в небезпечній зоні, надіте взуття на підшві, що не проводить струм, то існує ризик, що його тіло буде генерувати заряд, здатний спровокувати спалах розчинників. Незаземлені провідні деталі машин також становлять небезпеку. Все, що знаходиться в небезпечній зоні повинно бути добре заземлено.

Здатність розряду спровокувати загоряння залежить від багатьох змінних факторів:

- Типу розряду;
- Потужності розряду;
- Джерела розряду;
- Енергії розряду;
- Наявності легкозаймистою середовища (парів або аерозолів, пилу або горючих рідин);
- Мінімальної енергії займання (МЕЗ) легкозаймистою середовища.

### **2.3 НЕБЕЗПЕКИ ВІД СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ В ШАХТАХ**

Закордонними авторами було проаналізовано та структуровано поділ за напрямками виникнення небезпек від статичної електрики. Основою для аналізування була наукова літератури, чинні стандарти європейського законодавства.[3-4]

Небезпеки, пов'язані зі статичною електрикою, можна виділити в контексті таких областей:

- безпека та комфорт людини,

- елементи електронної промисловості та промислового виробництва, сприйнятливі до розрядів типу ESDS (обладнання, чутливе до електростатики),
- промисловість,
- вибухонебезпечні середовища, включаючи підземні вугільні шахти,
- операційні.

Перша зона безпеки – це безпека та комфорт людини. Комфорт не регулюється ані законодавством, ні стандартами – не визначено жодних критеріїв чи методів перевірки електростатичних властивостей. Носіння взуття або одягу з ізоляційними або розсіювальними матеріалами залежить тільки від конкретної людини. Що стосується цієї сфери, то людина часто електризується; Як правило, виникають електростатичні розряди, які, як наслідок, супроводжуються нещасними випадками (у тому числі смертельними). Як приклад, ми можемо вважати, що травми кінцівок, що виникають у результаті наповнення, є наслідком безумовного рефлексу після розряду з тіла людини на металеві поручні (людина в інтуїтивному взутті електризується під час ходьби).

Друга зона безпеки охоплює захист електронних пристроїв та пристроїв, сприйнятливих до електростатичних розрядів. Це область, багата стандартами (серія стандартів EN 61340 та IEC 61340). На жаль, ця сфера не врегульована законодавством; тобто впровадження стандартів не є обов'язковим, а натомість є проявом доброї волі з боку виробника або бажання інвестувати в антистатичний захист. Однак виробники та клієнти все частіше вимагають від своїх постачальників впровадження рішень із серії стандартів EN 61340 та IEC 61340, оскільки таким чином вони можуть гарантувати якість та довговічність своєї продукції (наприклад, виключаючи виникнення електростатичні розряди від одягу працівника на електронну систему). Пошкодження електронної системи є прихованою несправністю, яка з'являється лише під час роботи та інакше неможливо виявити під час виробництва.

Електронні компоненти можуть бути пошкоджені в результаті потенційного розряду 50 В. У електронній промисловості застосування

стандартів, що описують ці методи тестування та контролю, не є ні обов'язковим, ні законом. Все частіше застосування цих стандартних вимог компаніями, що займаються електронікою, є результатом необхідності забезпечення якості продукції та продукції.

Третя зона небезпеки охоплює промисловість, зокрема сфер, пов'язаних з небезпечними та легкозаймистими матеріалами. З точки зору електростатичного захисту, безпека праці людини регулюється європейським законодавством директивою щодо безпеки машин. Вимоги, визначені в ньому, стосуються захисту від надмірної електризації в зонах, сприйнятливих до ризиків, спричинених електростатичними зарядами.

Четверта зона небезпеки стосується вибухонебезпечних зон. Це найбільш обмежувальна сфера, і визначені для неї антистатичні параметри впливають з директив Європейського Союзу, розпоряджень компетентних міністрів та стандартів, які складають імплементацію актів. Контроль електростатичних властивостей матеріалів, оцінка та сертифікація необхідні, якщо зазначені матеріали будуть використовуватися у вибухонебезпечних зонах.

## **2.4 АНАЛІЗ ВИМОГ ЗАКОНОДАВСТВА ЩОДО ЗАХИСТУ ВІД СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ**

### *Європейське законодавство*

Директива щодо машин 2006/42/ЕС вимагає від виробників машин розробляти та впроваджувати машини та пристрої для запобігання та зменшення накопичення небезпечних електростатичних зарядів або мати системи для розрядження електричних навантажень.

Директива АTEX 2014/34/EU має на меті гармонізувати правила країн-членів Європейського Союзу щодо електричного та неелектричного обладнання та захисних систем, призначених для використання у потенційно вибухонебезпечних середовищах. Норми, що містяться в цьому положенні, стосуються безпеки та захисту життя. Директива вимагає запобігання вибухам

шляхом застосування відповідних заходів для запобігання утворенню електростатичних зарядів, здатних викликати небезпечні розряди.

Директива ATEX USERS 1999/92/EC має на меті встановити мінімальні вимоги до безпеки та захисту здоров'я працівників у місцях, де може виникнути вибухонебезпечна атмосфера, а також накласти конкретні зобов'язання на роботодавця в цій сфері. Обов'язком роботодавця є оцінка ризику та вжиття технічних заходів для усунення та мінімізації загрози, зокрема. Запобігання займання полягає в розгляді можливості електростатичного розряду в місцях, де працівники або робоче середовище можуть бути джерелами або носіями напруги.

Директива про засоби індивідуального захисту 2016/425 [5] спрямована на гармонізацію вимог до засобів індивідуального захисту та методів оцінки відповідності в країнах-членах ЄС. Директива вимагає, щоб засоби індивідуального захисту, призначені для використання в потенційно вибухонебезпечних середовищах, не могли бути джерелом іскри або електричної дуги, викликаних електризацією. Директива визначає заходи захисту у потенційно вибухонебезпечних середовищах, як антистатичні продукти на весь період їх застосування (тобто незмінні параметри). Захисні заходи повинні бути виготовлені з матеріалів, які не становлять загрози з точки зору статичної електрики.

Технічний звіт CLC/TR 50404 був підготовлений на основі мандату Європейської Комісії. Звіт містить низку важливої практичної інформації, пов'язаної із впровадженням заходів антистатичного захисту. Звіт містить детальну інформацію про безпечне використання більшості широко використовуваних матеріалів і виробів у гірничих та потенційно вибухонебезпечних зонах. Технічний звіт має багато зв'язків з науковими публікаціями, а також результатами експериментальної роботи.

Закон про геологічне та гірничодобувне право визначає відповідного міністра економіки як відповідального за визначення детальних вимог до роботи окремих типів гірничих підприємств у сфері охорони праці.

### *Законодавство України*

До 2008 року використовувався ГОСТ 12.1.018-93 «Пожаровзрывобезопасность статического электричества». В даному ГОСТ були викладені усі вимоги до обладнання та методи його випробувань щодо захисту від пожеж та вибухів від статичної електрики.

Головними законодавчими та регулюючими документами зараз в Україні є Технічні регламенти. Серед Технічних регламентів можна визначити такі, що стосуються захисту від статичної електрики. Отже, якщо в ГОСТ уся інформація (вимоги та методи випробувань) була викладено в одному документі, то зараз необхідні вимоги рознесені за напрямками та сферами застосування. Тому один тип та модель обладнання може підпадати під дію одного чи декількох Технічних регламентів. Серед таких можна виділити:

- **Технічний регламент засобів індивідуального захисту [6]** в якому у Додатку II пункт 16 «ЗІЗ для використання у потенційно вибухонебезпечних середовищах» визначено наступне «...ЗІЗ, призначені для використання у потенційно вибухонебезпечних середовищах, повинні бути розроблені та виготовлені так, щоб вони не стали можливим джерелом електричної, електростатичної електродуги або електродуги, що виникає в результаті удару або іскри, здатних спричинити займання вибухонебезпечної суміші...»;

- **Технічний регламент обладнання та захисних систем, призначених для застосування в потенційно вибухонебезпечних середовищах [7]**, в додатку 2 пункт «Небезпеки, пов'язані із статичною електрикою» підпункт 1.20 визначено наступне «...Відповідні заходи повинні бути вжиті для запобігання утворенню електростатичних зарядів, здатних викликати небезпечні розряди...».

Згідно Правил безпеки у вугільних шахтах [8-10] визначено, що все використовуване обладнання повинно бути заземлене. Конвеєрні стрічки повинні мати опір  $3 \cdot 10^8$  Ом. Щодо повітропроводів, то «...У шахтах, небезпечних за газом та пилом, поодинокі металеві повітропроводи та

пневматичні вентилятори підлягають заземленню для захисту від накопичення статичної електрики...».

Окремо можна виділити стандарт ДСТУ EN ISO 80079-36 [11], який стосується великої частки обладнання, що використовується у вугільних шахтах – це неелектричне устаткування, тобто обладнання, яке може виконувати свою цільову функцію механічним шляхом.

Згідно цього стандарту усе обладнання поділено на 3 групи:

#### I група обладнання

Обладнання з площею непровідної поверхні, що проектується в будь-якому напрямку більше ніж  $10000 \text{ мм}^2$  (для EPL Ma і Mb), має бути сконструйовано таким чином, щоб за нормальних умов використання, технічного обслуговування та очищення уникати небезпеки займання через електростатичні заряди.

#### II група обладнання

Обладнання групи II, де частини схильні до електростатичного заряду, має бути сконструйовано таким чином, щоб за умов використання, обслуговування та очищення уникати займання внаслідок електростатичних зарядів.

#### III група обладнання

Для обладнання Групи III кистьові розряди не запалюють вибухонебезпечну пилову атмосферу, а отже, немає обмежень на товщину або площу поверхні таких покриттів за умови, що кистьові розряди, що поширюються, не можуть виникати.

Важливими елементами для аналізування та правильного чіткого розуміння є використовувані формулювання та значення термінів [12-13]. В Україні впроваджені нормативні та законодавчі документи, що стосуються статичної електрики, проте їх мало й потребують перегляду.



## 2.5 ПРОМІЖНІ ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ

1. Статична електрика є невід'ємною частиною нашого життя, вона супроводжує нас в процесі життєдіяльності, а також в робочих процесах. Виникнення статичної електрики та процес накопичення статичного заряду ще не вивчено досконало, є тільки теорія.

2. Статичні заряди, що накопичуються на поверхні матеріала, можуть стати причиною ураження людини, виводу з ладу обладнання, пожежі або вибуху, за певних умов.

3. Основним джерелом виникнення статичної електрики є взаємодія та фізичний рух часток (пил, вугілля, деталі обладнання) як в повітрі, так й між собою. Необхідною умовою накопичення статичної електрики є наявність ізолюваного непровідного джерела, де ця енергія може збиратись.

4. В чинному законодавстві України приділяється мало уваги цій проблемі на відміну закордонних країн.

Тому, є необхідним розробити заходи щодо запобігання накопичення статичної електрики.

## РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЯ ЗАРЯДІВ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ

Запобігання високоефективним механізмам генерації заряду (що призводять до поширення кистьові розрядів на непровідних шарах і покриттях) є головною метою із запобігання виникнення зарядів статичної електрики.

Кистьові розряди вважаються ефективним джерелом займання для вибухонебезпечних атмосфер. Вони можуть виникати в результаті високоефективного заряджання непровідних шарів і покриттів на металевих поверхнях. Поширювані кистьові розряди можна запобігти в обладнанні, переконавшись, що напруга пробою на шарах становить менше 4 кВ або виключивши будь-який зарядний механізм, сильніший, ніж ручне натирання поверхонь.

Для обладнання групи III кистьові розряди, що розповсюджуються, можна також запобігти, переконавшись, що товщина непровідного шару перевищує 8 мм.

Електропровідним вважається обладнання, в якому поверхні, що мають контакт із речовинами (сировини, напівпродуктів, готовою продукцією), що переробляються, виготовлені з матеріалів з питомим об'ємним електричним опором не більше  $10^5$  Ом•м.

Антиелектростатичним вважається обладнання, в якому поверхні, що мають контакт із речовинами, переробляються, виготовлені з матеріалів з питомим об'ємним електричним опором не більше ніж  $10^8$  Ом•м.

Діелектричним вважається обладнання, в якому поверхні, що мають контакт із речовинами, переробляються, виготовлені з матеріалів з питомим об'ємним електричним опором понад  $10^8$  Ом•м.

### 3.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Для запобігання можливості виникнення небезпечних розрядів з поверхні обладнання, речовин, що переробляються, а також з тіла людини необхідно

передбачати, з урахуванням особливостей виробництва та заходи, які можуть забезпечити відведення заряду:

- зниження інтенсивності генерації заряду статичної електрики;
- відведення заряду шляхом заземлення обладнання та комунікацій, а також забезпечення постійного електричного контакту із заземленням тіла людини;
- відведення заряду шляхом зменшення питомого об'ємного та поверхневого електричного опору;
- нейтралізація заряду шляхом використання різних засобів захисту від статичної електрики.

Для зниження інтенсивності виникнення заряду:

- скрізь, де це технологічно можливо, горючі/вибухонебезпечні гази повинні очищатися від зважених рідких та твердих частинок, рідини – від забруднення нерозчинними твердими та рідкими домішками;
- скрізь, де цього не вимагає технологія виробництва, має бути виключено розбризкування, дроблення, розпилення речовин;
- швидкість руху матеріалів в апаратах та магістралях не повинна перевищувати значень, передбачених проектом.

Зниження чутливості об'єктів, навколишнього середовища та такого, що надходить ззовні, до запалювання впливу розрядів статичної електрики слід забезпечити регламентуванням параметрів виробничих процесів (вологості та дисперсності аерозолів, тиску та температури середовища та ін.), що впливають на максимальну енергію розряду, та флегматизацію горючих середовищ.

У разі, коли неможливо забезпечити стікання виникаючих зарядів, для запобігання займанню іскровими розрядами статичної електрики середовища всередині апаратів при транспортуванні легкозаймистих рідин, пневмотранспортуванні горючих дрібнодисперсних і сипучих матеріалів, продуванні обладнання при запуску і т.п. систем із надлишковим тиском або

інертних газів для заповнення апаратів, ємностей, закритих транспортних систем або іншими способами [14].

### 3.2 ЗАХИСНЕ ЗАЗЕМЛЕННЯ

Згідно ПБ розділ VIII Заземленню підлягають металеві частини електротехнічних пристроїв, що не перебувають під напругою, але які можуть опинитися під напругою у випадку пошкодження ізоляції, а також трубопроводи, сигнальні троси, вентиляційні труби, розміщені у виробках, у яких є електричні установки та проводки.

У шахтах, небезпечних за газом та пилом, поодинокі металеві повітропроводи та пневматичні вентилятори підлягають заземленню для захисту від накопичення статичної електрики.

У підземних виробках шахт повинна монтуватися загальна мережа заземлення, до якої мають приєднуватися всі об'єкти, що підлягають заземленню відповідно до вимог чинного законодавства (рис 3.1) [15].

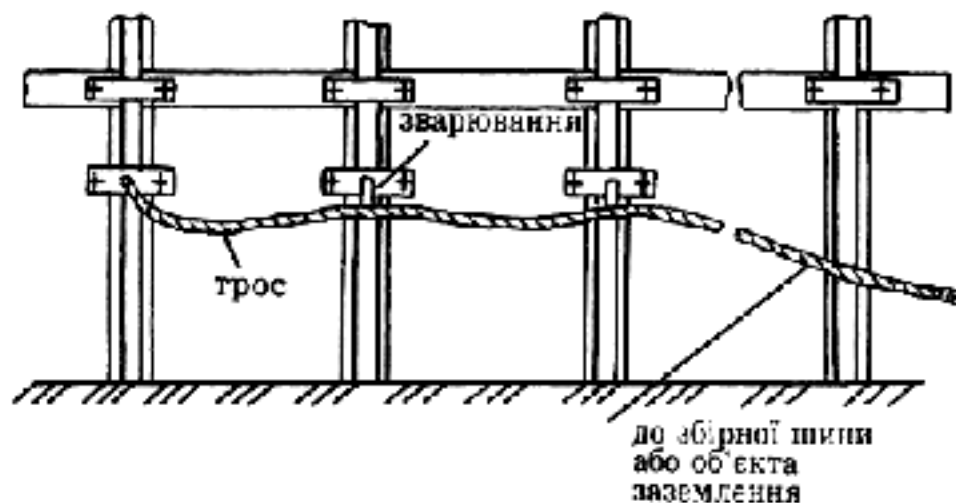


Рис. 3.1. Приклад облаштування місцевого заземлювача з використанням гнучкого з'єднувального провідника (троса)

Загальна мережа заземлення повинна створюватися шляхом безперервного електричного з'єднання між собою всіх металевих оболонок та заземлювальних жил кабелів незалежно від величини напруги із приєднанням їх до головних та місцевих заземлювачів.

Головні заземлювачі в шахтах повинні влаштовуватися в зумпфах або водозбірниках (рис. 3.2).

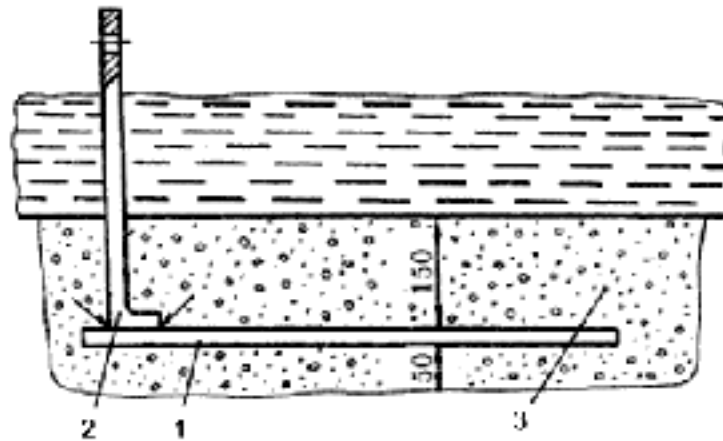


Рис. 3.2. Схема розташування заземлювача у стічній канаві:

1 - заземлювач; 2 - заземлювальний провідник; 3 - дрібна порода або пісок

Для місцевих заземлень мають влаштовуватися штучні заземлювачі у водовідвідних канавках або в інших придатних для цього місцях.

Заземлення корпусів пересувних машин, вибійних конвеєрів, апаратів, встановлених у привибійному просторі, та світильників, приєднаних до мережі гнучкими кабелями, а також електрообладнання, встановленого на платформах, що пересуваються коліями (за винятком пересувних підстанцій), повинне здійснюватися за допомогою з'єднання їх із загальною мережею заземлення за допомогою заземлювальних жил живильних кабелів.

Для пересувних машин і вибійних конвеєрів повинен передбачатися безперервний контроль заземлення. Такі машини, призначені для шахт, небезпечних за газом та пилом, повинні мати іскробезпечні схеми неперервного контролю заземлення. Дозволяється застосування схем управління з використанням заземлювальної жили силового кабелю, попередній контроль цілісності якої здійснюється іскробезпечними колами перед подаванням напруги на машину. Загальний перехідний опір мережі заземлення, виміряний біля будь-яких заземлювачів, не повинен перевищувати 2 Ом.

### 3.3 РОЗСПЮВАННЯ ЗАРЯДУ ШЛЯХОМ ЗМЕНШЕННЯ ПИТОМОГО ОБ'ЄМНОГО ТА ПОВЕРХНЕВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ

У тих випадках, коли заземлення обладнання не запобігає накопиченню небезпечної кількості статичної електрики, потрібно вживати заходів для зменшення питомого об'ємного або поверхневого електричного опору матеріалів, які накопичують статичну електрику, за допомогою використання зволожувальних пристроїв або антиелектростатичних речовин.

Для зменшення питомого поверхневого електричного опору діелектриків рекомендується збільшувати відносну вологість повітря до 55-80% (якщо це допускається умовами виробництва). Для цього потрібно застосовувати загальне або місцеве зволоження повітря в приміщенні за постійного контролю його відносної вологості.

Спосіб зменшення питомого поверхневого електричного опору шляхом підвищення відносної вологості повітря та створення тим самим адсорбованого шару вологи на поверхні матеріалу не є ефективним у випадках, коли:

- коли матеріал, електризується, гідрофобний;
- коли температура матеріалу, електризується, вище температури навколишнього середовища;
- коли час руху матеріалу в зоні впливу зволожуючого повітря менший, ніж час утворення адсорбованої вологої плівки;
- коли температура повітря в робочій зоні вища за температуру, при якій плівка вологи може утриматися на матеріалі.

Для місцевого збільшення відносної вологості повітря у зоні, де відбувається електризація матеріалів, рекомендується:

- подача в зону водяної пари (при цьому електропровідні предмети, що знаходяться в зоні, мають бути заземлені);
- охолодження поверхонь, що наелектризувалися, до температури на 10°C нижче температури навколишнього середовища;
- розпилення води;

- вільне випаровування води з великих поверхонь.

Для загального збільшення вологості в приміщенні може бути використана система вентиляції припливу з промиванням повітря в зрошувальній камері (рис. 3.3).



Рис. 3.3 Приклад типової схеми роботи установки для зволоження повітря

Для зменшення питомого поверхневого електричного опору, у випадках, коли підвищення відносної вологості навколишнього середовища є неефективним, можливо додатково рекомендувати застосування антиелектростатичних речовин.

Нанесення їх на поверхню матеріалів, що електризуються, може здійснюватися зануренням, просоченням або напиленням з подальшим сушінням, обтиранням поверхні виробу тканиною, яка просякнута антиелектростатичним розчином.

Введення поверхнево-активних речовин та інших антиелектростатичних добавок і присадок допустиме лише в тих випадках, коли є дозвіл органів санітарного нагляду та застосування не тягне за собою порушення технічних вимог, що пред'являються до продукції, що випускається (рис. 3.4).



Рис. 3.4 Антистатический аэрозоль Kontakt Chemie ANTISTATIK 100 (приклад)

### **АНТИСТАТИЧНА ОБРОБКА**

Антистатична обробка (тобто застосування антистатичних властивостей до матеріалу) — це процедура, заснована на зміні електричних властивостей виробу, що реалізується з метою збільшення швидкості розсіювання заряду (відведення), зменшення здатності до електризації або збільшення розсіювання заряду (відведення) швидкість і зниження здатності до електризації.

Деякі антистатики (наповнювачі), додані з метою надання певних властивостей (наприклад, кольору), мають антистатичні властивості та



впливають на зміни електричних властивостей модифікованого матеріалу, але вони не обробляються антистатичними агентами (у той час як їх використання не обробляється, є антистатичною обробкою).

З точки зору електростатичних властивостей матеріали поділяються на екрануючі, провідні, дисипативні та ізоляційні. Поверхневий питомий опір є критерієм для цього поділу. У зв'язку з вищесказаним, антистатичну обробку можна розглядати як процедуру, засновану на зміні питомого опору матеріалу (тобто його зміна з дисипативного/розсіюючого на провідний, з ізоляційного на дисипативний або з ізоляційного на провідний). Електрична ємність також впливає на швидкість розсіювання заряду; однак, наприклад, антистатична обробка не визначається як зміна електричної ємності продукту, оскільки важко модифікувати та контролювати електричну ємність пластмас. Крім того, не існує визначених стандартних методів вимірювання електричної потужності продукції. Додавання металевих елементів до виробу, наприклад, змінює не тільки його електричну ємність, але й питомий опір.

Якщо припустити, що антистатично оброблений матеріал ізольований, то загальний електростатичний заряд, що створюється на матеріалі, залишиться на ньому. Від питомого опору матеріалу залежить, чи електростатичний заряд розсіюється по всій поверхні або об'єму матеріалу, чи залишається на місці свого утворення (накопичення). Розподіл поверхневого заряду на ізольованому матеріалі має велике значення, оскільки він визначає величину електричного заряду на його поверхні. Електричний потенціал наелектризованого об'єкта і, отже, енергія електростатичного розряду залежать від електричної ємності продукту незалежно від величини накопиченого на ньому електростатичного заряду.

За допомогою поділу антистатичної обробки визначено шість методів реалізації антистатичної обробки пластмас (рис. 3.5)



Рис. 3.5 Схема реалізації методів антистатичної обробки

### 3.4 НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ ЗАРЯДУ НА ПОВЕРХНІ ТВЕРДИХ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

У випадках, коли небезпечний вплив електризації обмежується будь-яким місцем або невеликою кількістю місць у технологічному процесі, або коли не можна досягти відведення заряду статичної електрики за допомогою більш простих засобів, рекомендується здійснювати нейтралізацію шляхом іонізації повітря безпосередньої близькості від поверхні зарядженого матеріалу. З цією метою можуть бути використані нейтралізатори статичної електрики.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики у вибухонебезпечних приміщеннях всіх класів слід застосовувати радіоізотопні нейтралізатори, якщо вони не заборонені іншими нормативними документами. Їх встановлення та експлуатація здійснюється відповідно до вимог інструкцій, до яких додаються (рис. 3.6).

Вибір необхідного типу радіоізотопних нейтралізаторів здійснюється згідно з галузевими методиками та рекомендаціями.

У всіх випадках, коли дозволяє характер технологічного процесу та конструкція машин, слід застосовувати індукційні нейтралізатори.

Для нейтралізації заряду статичної електрики у важкодоступних місцях, мають складну конфігурацію, змінюють безупинно геометричні розміри, тобто, там, де неможливе встановлення нейтралізаторів в безпосередній близькості від

зарядженої поверхні, слід застосовувати аеродинамічні нейтралізатори з примусовою подачею іонів струменем повітря.



Рис. 3.6. Нейтралізатор статичної електрики лінійного типу IZS40/41/42

У випадку, коли цей спосіб нейтралізації застосовується у вибухонебезпечному приміщенні, іонізатори (крім радіоізотопних) повинні бути вибухозахищеними або розташовуватися в сусідніх приміщеннях, що не є вибухонебезпечними.

У випадку, коли на зарядженому матеріалі існують як позитивно, так і негативно заряджені ділянки, або коли знак заряду невідомий, необхідно застосовувати іонізатори, що забезпечують утворення повітряного потоку як позитивних, так і негативних іонів.

Коли матеріал заряджений переважно зарядом одного знака, бажано забезпечити уніполярну іонізацію повітряного потоку (іонами протилежного знака). У цьому випадку ступінь іонізації повітряного потоку зменшується повільніше, ніж за біполярної іонізації, що дозволяє встановлювати іонізатор на більшій відстані.

### **3.5 ЗАХОДИ ПРИ ПЕРЕСИПЦІ ТВЕРДИХ РЕЧОВИН**

Величина поверхневого електричного опору матеріалів конвеєрних стрічок не повинна перевищувати  $3 \cdot 10^8$  Ом.

Для запобігання вибухам пилу від іскрових розрядів необхідно:

- уникати утворення вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей;
- не дозволяти падіння та скидання пилу, утворення клубів пилу та його завихрення;
- очищати систематично обладнання та будівельні конструкції у приміщеннях від пилу, що осів у терміни, встановлені чинними нормами та правилами.

### **3.6 ЗАХИСТ ФУТЕРОВАНОГО ТА НЕМЕТАЛЕВОГО ОБЛАДНАННЯ**

У разі використання антиелектростатичного та діелектричного неметалічного обладнання не допускається наявність у них металевих частин та деталей, що мають опір щодо землі понад 100 Ом.

Зовнішня поверхня діелектричних трубопроводів, якими транспортуються речовини та матеріали з питомим об'ємним електричним опором понад  $10^5$  Ом•м, повинна металізуватися або фарбуватися електропровідними емалями та лаками. При цьому повинен бути забезпечений електричний контакт між електропровідним шаром та заземленою металевою арматурою.

Наприкінці гнучких повітропроводів повинні навішуватися труби із жорсткого матеріалу довжиною не менше 2 м або акумулятори вентиляційних труб або повинні вставлятися жорсткі розпірні кільця (не менше двох), що забезпечують нормальний переріз вихідного отвору труби. Гнучкий повітропровід повинен присднуватися до ВМП за допомогою металевого перехідного патрубка довжиною не менше 1 м.

Величина поверхневого електричного опору матеріалів вентиляційних труб не повинна перевищувати  $3 \cdot 10^8$  Ом.

Неметалічні антиелектростатичні та діелектричні смності та апарати повинні покриватися зовні (а коли дозволяє середовище, що є в апараті, то і всередині) електропровідними лаками та емалями за умови забезпечення надійного їх контакту із заземленою металевою арматурою.

Наприклад емаль ОС-92-04 або промислова антистатична електропровідна фарба ЗИПСИЛ 950 АСК, або її налоги

Надійний контакт електропровідного покриття із заземленням може бути забезпечений шляхом фарбування суцільним шаром електропровідної емалі всіх внутрішніх та зовнішніх поверхонь апаратів (ємностей) з установкою під опори заземлених металевих (або електропровідних неметалевих) прокладок.

При неможливості покриття суцільним шаром внутрішньої та зовнішньої поверхонь апарату заземлення внутрішнього електропровідного шару допускається шляхом застосування додаткових електродів або провідників.

Для відведення статичної електрики від речовин, що знаходяться в середині діелектричного обладнання та здатні накопичувати заряди при контактному чи індуктивному впливі від наелектризованої поверхні цього обладнання, допускається введення не менше двох заземлених електродів, стійких до даного середовища.

### **3.7 ВІДВЕДЕННЯ ЗАРЯДУ, ЩО ВИНΙΚАС НА ЛЮДЯХ, ПЕРЕСУВНИХ ЄМНОСТЯХ ТА АПАРАТАХ**

Пересувні апарати та судини, особливо для транспортування діелектричних горючих та легкозаймистих рідин, слід виконувати з електропровідних матеріалів. Транспортуватися по цехах підприємства вони повинні на металевих візках з коліщатами з електропровідних матеріалів, причому повинен бути забезпечений контакт судини або апарату з корпусом візка.

При транспортуванні вибухонебезпечних речовин, що електризуються, на візках або електрокарах з неелектропровідними покришками коліс допускається забезпечення контакту візка або електрокари із землею та електропровідною підлогою за допомогою приєднаного до корпусу ланцюжка з міді або іншого металу, який не дає механічної іскри має таку довжину, щоб кілька кілець при транспортуванні постійно знаходилися на землі або на підлозі (рис. 3.7).

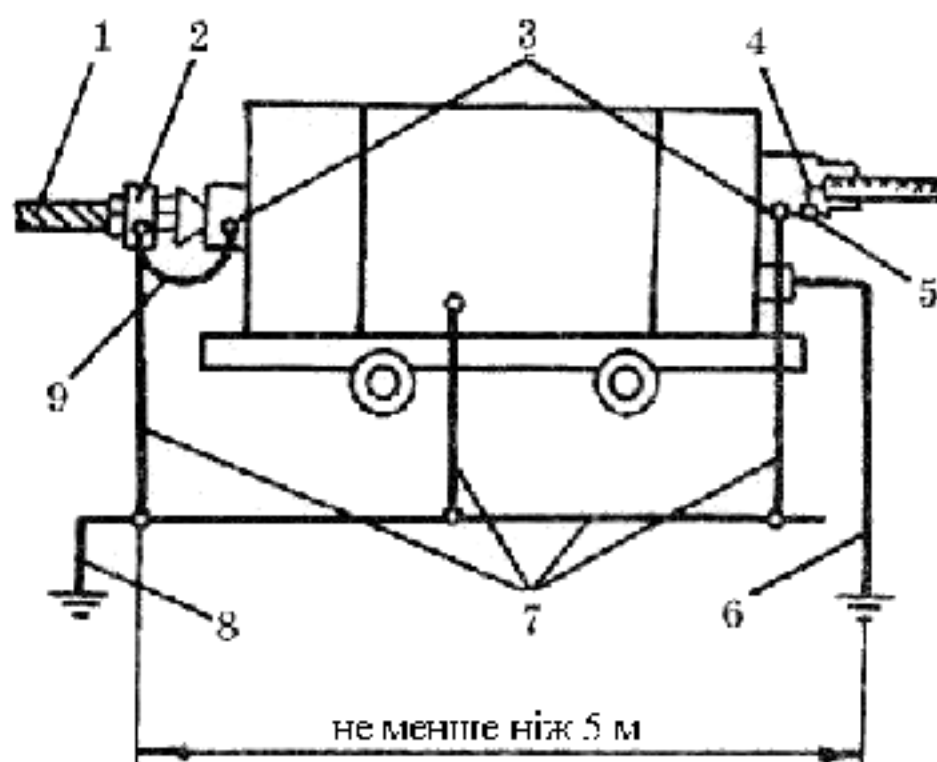


Рис. 3.7 Схема заземлення пересувної трансформаторної підстанції:  
 1 - броня кабелю; 2 - хомут; 3 - зовнішні заземлювальні затискачі; 4 -  
 заземлювальна жила гнучкого кабелю; 5 - внутрішній заземлювальний  
 затискач; 6 - додатковий заземлювач вбудованого реле захисту від витoku  
 струму на землю; 7 - заземлювальні провідники; 8 - місцевий заземлювач; 9 -  
 перемичка

Для запобігання небезпечним іскровим розрядам, що виникають внаслідок накопичення на тілі людини заряду статичної електрики при контактному або індуктивному впливі наелектризованого матеріалу або елементів одягу, електризуються при терті один об одного, у вибухонебезпечних виробництвах необхідно забезпечити стікання цього заряду в землю.

Основним методом виконання цієї вимоги є забезпечення електростатичної провідності підлоги та використання антиелектростатичного взуття.

У зв'язку з великим поширенням одягу з синтетичних матеріалів, який сильно електризується під час руху і призводить до швидкого накопичення

заряду на тілі людини, прилаштування заземлених рукояток, перил, риштування слід розглядати як додатковий засіб відведення заряду з тіла людини.

Антиелектростатичні властивості взуття визначаються вітчизняними та міжнародними стандартами на це взуття.

В окремих випадках для надання взуття антиелектростатичних властивостей допускається прошивати або пробивати підошву електропровідними матеріалами, які не дають механічної іскри, та утворюються устілки.

Використання шкарпеток із вовняної та синтетичної пряжі не допускається, тому що вони перешкоджають стоку заряду з тіла людини.

У випадку, коли працівник виконує роботу в неелектропровідному взутті сидячи, заряд статичної електрики, що накопичився на його тілі, рекомендується відводити за допомогою антиелектростатичного халата в поєднанні з електропровідною подушкою стільця або за допомогою електропровідних браслетів, які легко знімаються, з'єднаних із землею через опір -  $10^7$  Ом.

Для забезпечення безперервного відведення заряду з тіла людини, з пересувних судин та апаратів у вибухонебезпечних приміщеннях підлога повинна бути електростатично провідною.

Примітки:

1. Покриття підлоги вважається електростатично провідним, коли електричний опір між металевою пластиною площею  $20 \text{ см}^2$ , покладеної на підлогу і притиснутою до неї силою 5 кгс, і контуром заземлення не перевищує  $10^6$  Ом.

2. Розсіююча підлога - це підлога, яка характеризується електричним опором від  $10^6$  Ом до  $10^9$  Ом.

3. Астатична підлога - це підлога, яка характеризується електричним опором понад  $10^9$  Ом і в якій зведено до мінімуму виникнення зарядів при



розподілі контакту поверхонь або при терті з іншим матеріалом, а саме підшви взуття або коліс.

### **3.8 ВІДВЕДЕННЯ СТАТИЧНОГО ЗАРЯДУ ВІД ОБЕРТОВИХ ТА РЕМІННИХ ПЕРЕДАЧ**

Здатні електризуватися або заряджатися від наелектризованого матеріалу електропровідні частини машин та апаратів, що обертаються та контакт яких із заземленим корпусом може бути порушено завдяки наявності шару мастила у підшипниках або застосуванню діелектричних антифрикційних матеріалів, повинні мати спеціальні пристрої для забезпечення надійного заземлення. Слід уникати застосування у вибухонебезпечних приміщеннях підшипників або вкладишів до них із неелектропровідних матеріалів.

Наприклад змащувачі ЕПС-90, ЕПС-98, ЕПС-250.

Найкращим засобом для забезпечення контакту в електропровідних підшипниках є застосування електропровідних мастил.

Наприклад ЕПС-98, ЕПС-150, ЕПС-250, ЕПС-90, ЕПС-98ВТ.

У випадку, коли немає можливості забезпечити відведення заряду від обертових, простіше методами, допустиме застосування нейтралізаторів.

У вибухо- та пожежонебезпечних цехах рекомендується безпосередньо з'єднувати електродвигун з виконавчим механізмом або використовувати редуктори та інші типи передач, що виготовляються з металу та забезпечують електричний контакт осі двигуна та виконавчого механізму.

При необхідності застосування ремінних передач вони і всі частини установки повинні виготовлятися з матеріалів, що мають питомий об'ємний електричний опір не більше  $10^5$  Ом • м, зокрема антиелектростатичні клинові ремені, а вся установка (огорожу та інші металеві предмети поблизу пасу) повинна заземлюватися.

У разі використання ременів, виготовлених із матеріалів з питомим об'ємним електричним опором понад  $10^5$  Ом • м, слід застосовувати один із засобів запобігання небезпечній електризації:



- збільшення відносної вологості повітря в місцях розташування ремінної передачі не менше ніж до 70%;
- електропровідні покриття (мастила) пасів;
- в особливих умовах - іонізація повітря за допомогою нейтралізаторів встановлених з внутрішньої сторони ременя, якомога ближче до точки його сходу зі шківів.

Потрібно вживати заходів щодо недопущення забруднення ременів олією та іншими рідкими та твердими речовинами, які мають питомий об'ємний опір понад  $10^5$  Ом•м.

Забороняється мастило ременів каніфоллю, воском та іншими речовинами, які збільшують поверхневий опір у вибухонебезпечних приміщеннях усіх класів.

### **3.9 ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИГОТОВЛЕНІ З АНТИСТАТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

Більшість пластмас не відповідає законодавчим вимогам щодо їх антистатичних властивостей. Вироби, виготовлені з пластмас, мають властивість електризуватися, накопичуючи надлишки електричних зарядів; це призводить до небезпеки електростатичного розряду, який може стати джерелом займання у вибухонебезпечній атмосфері.

Проте пластмаси, які класифікуються як електричні ізолятори, стають все більш поширеними у при видобутку корисних копалин у шахтах у порівнянні з антистатичними матеріалами через їх нижчу вартість виробництва. З метою відповідності вимогам законодавства та зниження електрифікаційної здатності пластмас їх піддають антистатичній обробці; тобто поліпшення їх антистатичних властивостей. Антистатична обробка – це процедура, заснована на зміні електростатичних властивостей виробу з метою збільшення швидкості розсіювання (відведення) його заряду та зниження його електрифікаційної здатності.

Найчастіше антистатична обробка матеріалів виконується для того, щоб змінити їх питомий опір (яке є основним матеріалом для оцінки електростатичних властивостей периметра), а також змінити класифікацію матеріалів - з дисипативної на провідну або з інтуїтивної на дисипативну. На основі їх поверхневого та об'ємного питомого опору матеріали класифікуються на провідні, дисипативні або інтуїтивно зрозумілі. Перші два види розжарюють антистатиком; тобто вони не зазнають постійної електризації і не накопичують заряди на своїх поверхнях. Існують різні способи реалізації антистатичної обробки.

Тобто за можливості переходити в процесі роботи на використання обладнання, яке виготовлено з матеріалів з антистатичними властивостями.

### 3.10 ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ

Для постійного контролювання рівня статичної електрики при проведенні робочого процесу можуть використовуватись персональні датчики (рис. 3.8 та 3.9).



Рис. 3.8 Вимірювач статичного поля FMX-003 фірми Simco Ion (Нідерланди)

Це зручний кишеньковий вимірювач, що дозволяє проводити вимірювання та зберігати в пам'яті приладу показники полярності та напруженість електричного поля. Правильна відстань виміру визначається за допомогою двох інтегрованих світлодіодів. Корпус приладу, виконаний з пластику, що проводить електрику, має з боку заземлення, що забезпечує точність вимірювань. Унікальний двоколірний дисплей відображає отриману в ході вимірювань інформацію як цифровому, так і графічному вигляді. Рівень заряду акумулятора також відображається на дисплеї [16].



Рис. 3.9 Вимірювач статичного поля EFM-022 (Німеччина)

Elektrofildmeter EFM 022 дуже зручний у використанні завдяки своїй компактній конструкції та одній операційній кнопці.

Це прилад, за допомогою якого на регульованій відстані (відстань між об'єктом вимірювання та вимірювальним електродом) можна вимірювати потенціал об'єкта у вольтах. Таким чином, за допомогою приладу здійснюється локалізація та вимірювання електростатичних зарядів та полів обох полярностей на поверхні різних матеріалів.

Є 5 варіантів виміру відстаней, що дозволяє проводити оптимальні виміри приладом навіть у «проблемних» зонах [17].

### **Висновки за розділом**

В даному розділі було визначено напрямки для запобігання накопичення статичної електрики. Запобігання високоефективним механізмам генерації заряду (що призводять до поширення кистьові розрядів на непровідних шарах і покриттях) є головною метою із запобігання виникнення зарядів статичної електрики.

Визначено головних 8 напрямків із запобігання накопичення статичної електрики.

Основними та найбільш прийнятними заходами є обов'язкове захисне заземлення обладнання; впровадження заходів при пересипці твердих речовин, що базуються зменшенні тертя між рухомими частинками; використання електропровідних мастил та змащувачів; використання антистатичних фарб та емалей та перехід на обладнання з антиелектростатичними властивостями.

Інші запропоновані заходи можуть бути використовуваними, але в залежності від умов на конкретних робочих місцях.

## ВИСНОВКИ

Навколишнє середовище, що оточує та взаємодіє з людиною містить ще не вивчені до кінця фізичні явища. Одним з таких явищ є статична електрика. Вона виникає невідомим чином й так само зникає.

Проте вже досліджено деякі процеси цього явища. Встановлено, що абсолютно безпечних процесів, де б не було статичної електрики не існує. Наявність статичної електрики може приводити до негативних явищ або впливу на людину.

Тому, можна виокремити наступні висновки:

1. Статична електрика є невід'ємною частиною нашого життя, вона супроводжує нас в процесі життєдіяльності, а також в робочих процесах. Виникнення статичної електрики та процес накопичення статичного заряду ще не вивчено досконало, є тільки теорія.

2. Статичні заряди, що накопичуються на поверхні матеріала, можуть стати причиною ураження людини, виводу з ладу обладнання, пожежі або вибуху, за певних умов.

3. Основним джерелом виникнення статичної електрики є взаємодія та фізичний рух часток (пил, вугілля, деталі обладнання) як в повітрі, так й між собою. Необхідною умовою накопичення статичної електрики є наявність ізолюваного непровідного джерела, де ця енергія може збиратись.

4. В чинному законодавстві України приділяється мало уваги цій проблемі на відміну закордонних країн.

5. Для запобігання виникненню або усунення наявної статичної електрики на обладнанні або в процесі роботи можна використовувати заходи, що поділено на 8 напрямків.

6. Основними та найбільш прийнятними заходами є обов'язкове захисне заземлення обладнання; впровадження заходів при пересипці твердих речовин, що базуються зменшенні тертя між рухомими частинками; використання

електропровідних мастил та змащувачів; використання антистатичних фарб та емалей та перехід на обладнання з антиелектростатичними властивостями.

7. Використання заходів зі зволоження або осушення повітря, використання іонізуючих нейтралізаторів та антистатичних аерозолів може бути використовуване, але ці заходи повинні розроблятися під конкретні умови.

8. Використання індивідуальних датчиків статичної електрики персоналом шахти може бути контрольним заходом.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – Статична електрика [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0)
2. Сологуб В. Статична електрика. Прояви, захист, використання / В. Сологуб. – К: ТОВ "Видавництво "КЛІО"", 2015. – 216 с. – ISBN 978-617-7023-19-6
3. Kedzierski P. Review of electrostatic hazards in hard coal mining / P. Kedzierski // Mining – informatics, automation and electrical engineering. Scientific and technical journal AGH. No. 2 (534), 2018. 17-23 pp.
4. IEC 61340-5-1:2016. Electrostatics - Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena - General requirements. Publication date 2016-05-27, Ed. 2.0. IEC International Electrotechnical Commission, 40p. Режим доступу до ресурсу: <https://webstore.iec.ch/publication/24958>
5. REGULATION (EU) 2016/425 OF EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL of 9 March 2016 on personal protective equipment and repealing Council Directive 89/686/EC. Official Journal of the European Union of 31.3.2016.
6. Технічний регламент засобів індивідуального захисту: Постанова Кабінету Міністрів України від 21.08.2019 р. №771 [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771-2019-%D0%BF#Text>
7. Технічний регламент обладнання та захисних систем, призначених для застосування в потенційно вибухонебезпечних середовищах: Постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2016 № 1055 [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1055-2016-%D0%BF#Text>
8. Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони



праці та гірничого нагляду №62 від 22.03.2010 «Про затвердження Правил безпеки у вугільних шахтах». Зареєстровано в Мініюсті 17.06.2010 р. за № 398/17693. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0398-10>.

9. Збірник інструкцій до Правил безпеки у вугільних шахтах [Текст]. Т. 1. – К.: Мінпаливенерго, 2003. – 480 с.

10. Збірник інструкцій до Правил безпеки у вугільних шахтах [Текст]. Т. 2. – К.: Мінпаливенерго, 2003. – 416 с.

11. ДСТУ EN ISO 80079-36:2017 (EN ISO 80079-36:2016, IDT; ISO 80079-36:2016, IDT). ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІ СЕРЕДОВИЩА. ЧАСТИНА 36. НЕЕЛЕКТРИЧНЕ УСТАТКОВАННЯ ДЛЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ АТМОСФЕР. ОСНОВНИЙ МЕТОД І ВИМОГИ. [Чинний від 2017-07-26 Наказ від 25.07.2017 № 1924]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 96 с.

12. Технічний регламент безпеки машин: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.01.2013 р. №62 [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-%D0%BF#Text>

13. ДСТУ 7302:2013. Статична електрика. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2014-01-01 наказ № 1231 від 2013-10-14]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. 23 с.

14. НПАОП 0.00-1.29-97. Правила захисту від статичної електрики: Наказ Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 22.04.97 р. № 103 [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: [https://dnaop.com/html/1272/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F\\_0.00-1.29-97](https://dnaop.com/html/1272/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.00-1.29-97)

15. Інструкції з облаштування, огляду й вимірювання опору шахтних заземлень: Наказ Міністерства Надзвичайних Ситуацій України від 12.12.2012 р. № 1403 [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://ips.ligazakon.net/document/view/RE22550?an=1>

16. Пристрій для вимірювання статичного поля. Режим доступу до ресурсу: <https://pechatnick.com/news/ystroistvo-dlya-izmereniya-staticheskogo-elektrichestva>



17. Пристрій для вимірювання статичного поля. Режим доступу до ресурсу: <https://statiki.net/articles/izmerenie-statiki/kak-izmerit-staticheskoe-elektrichestvo-na-proizvodstve>