1. **СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ І ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ СЕЙСМОЕФФЕКТА ВИБУХА В АНІЗОТРОПНИХ МАСИВАХ ПОРІД**
   1. **НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЙМОБЕЗПЕЧНОГО ВЕДЕННЯ ВИБУХОВИХ РОБІТ**

В даний час для вирішення однієї з головних, в розвитку гірничої сейсміки, проблеми прогнозування сейсмічної небезпеки вибуху є використання методу академіка М.А.Садовского, який в подальшому знайшов експериментальний розвиток в роботах В.В. Бойко, мол. В.В. Бойко, О.О. Вовк, В.Д. Воробйов, Е.І. Єфремов,, Н.В. Зуєвська, В.Г. Кравець, Н.С. Ремез, В.Д. Петренко, В.С. Самедов, О.М. Терентьєв, С.В. Зайченко, П.Й. Федоренко, А.В. Шапурін, В.Т. Трофимов, М.О. Цитович, С.О. Жуков, О.М. Шашенко та інших дослідників.

Наукові положення чинних методик розрахунку сейсмобезпеки параметрів вибуху основані на дотриманні принципу геометричної та енергетичної подібності вибухів зосереджених зарядів в безмежному пружному середовищі. Все різноманіття умов ведення вибухових робіт і фізико-механічних властивостей гірських масивів при цьому враховуються, отриманими для конкретних родовищ, відповідною кількістю значень емпіричних коефіцієнтів, що входять в рівняння, що відображають зв'язок швидкості коливань середовища, маси заряду і відстані. Незважаючи на їх об'єктивний підхід до питання безпеки проведення підривних робіт, стосовно тих об’єктів, де ці дослідження проводилися, вони не можуть повною мірою переноситься на кар'єри. Це пов'язано з неоднаковими сейсмоанізотропним проявом масових вибухів не тільки в залежності від географічного району знаходження кар'єра, але і в залежності від положення охоронних об'єктів по відношенню до кар'єрного поля, що не знайшло відображення в існуючих дослідженнях. До теперішнього часу для кар'єрів України, розташованих в основному в густо-забудованих районах, немає єдиної наукової методології по сейсмобезпеці ведення вибухових робіт, що призводить до значних помилок у визначенні допустимого рівня сейсмічності на охоронні об'єкти різного призначення. Через це проведення вибухових робіт вимагає постійних сейсмічних спостережень практично по кожному вибуху з подальшим коректуванням допустимої маси заряду ВР.

У реальних умовах на промисловий вибух як джерело сейсмічних коливань прямо або опосередковано впливає багато факторів як внутрішнього характеру (тип ВР, її маса, конструкція, форма окремих частин і всього заряду у блоці, що підривається, схеми ініціювання та ін.), так і зовнішнього (гірничо-геологічні властивості ґрунтового масиву, фізико-механічні властивості порід, що підриваються, наявність вільної поверхні, лінії найменшого опору, глибина закладання зарядів та ін.).

Важливим фактором, що впливає на інтенсивність джерела сейсмічних коливань, є властивості самої ВР. Цей вплив проявляється в розподіленні витрат енергії вибуху на подрібнення гірської породи і збудження сейсмічних коливань, зміни часу дії вибуху на навколишнє середовище та частотного складу коливань.

Поглинання енергії хвилі напружень у зоні подрібнення визначається формою імпульсу, оскільки залежить від амплітуди впливу і характеризується селективним поглинанням частотних складових спектру вибухового імпульсу. У роботах Сафронової Н.І. [ ] проведена спроба дослідити форму імпульсу напружень та її зміни в процесі розповсюдження. Аналіз спектрів показує, що при віддаленні від місця вибуху спектр зміщується в сторону низьких частот, а ширина спектру звужується. Аналіз отриманих залежностей ослаблення складових енергетичного спектру у відповідності з амплітудою складової спектру та її частотою показує, що при збільшенні амплітуди складової енергетичного спектру на певній частоті на вході поглинання даної складової відбувається більш інтенсивніше. Таким чином, оскільки високочастотні складові найбільш швидше затухають у ближній зоні вибуху, то чим менше енергії припадає на долю високочастотних складових у процесі переломлення детонаційної хвилі, тим менше енергії в ближній зоні. При чому, слід відмітити, що чим вища частота складової, тим менша відстань, на якій вона затухає.

Для зниження частки високочастотних складових у спектрі, що визначається крутизною наростання переднього фронту хвилі, необхідно знизити швидкість прикладання навантаження та збільшити час дії імпульсу детонаційної хвилі. Суттєвий вплив тривалості вибухового навантаження на частотний розподіл енергії вибухового впливу в гірському масиві підтверджується роботою [ ] Нагорного В.П. та ін. Однак зниження частки високочастотних складових у спектрі визначається також частотними характеристиками масиву. У той же час ВР з більш високою швидкістю детонації генерують коливання, в спектрі яких переважають більш високі частоти, на які припадає основна частина енергії. Тому при виборі типу ВР необхідно враховувати вимоги до подрібнення порід, а також поглинаючі властивості масиву порід для різних фаз частотного спектру.

У роботі Нагорного В.П. наведені результати теоретичного дослідження циклічної дії групи сферичних зарядів на гірську породу. Дослідження проведені з використанням теорії спектрів. Встановлено, що максимальне значення енергії, яка передається гірському масиву, має місце на частоті повторення імпульсу і тим чіткіше, чим більше зарядів у групі. При цьому зі збільшенням кількості зарядів у групі відбувається зсув резонансної частоти максимуму енергії, що може бути використано для підсилення імпульсної дії на гірський масив в умовах. Також була отримана аналітична формула для розрахунку амплітудно-частотних спектрів у гірських породах у залежності від їх фізичних властивостей та параметрів циліндричного заряду ВР. Задача про знаходження амплітудно-частотного спектру сейсмічних хвиль при вибуху сферичного заряду ВР розглядалась також.

Вивченню частотних спектрів коливань, утворених вибухом групи зарядів, присвячено цілий ряд робіт. У них розглядаються питання регулювання сейсмічного ефекту при коротко уповільненому підриванні (КУП). Розрахунок параметрів сейсмічних хвиль промислового вибуху, який являє собою вибух N груп свердловин з уповільненням, особливо великомасштабного вибуху (ВМВ) з урахуванням усіх особливостей і умов проведення вибуху, є дуже складним завданням. Характер коливань, що виникають у процесі вибуху, зазвичай відображає дві фази коливань: першу – вступ (об’ємні хвилі) і головну фазу (поверхневі хвилі). У вказаних роботах на основі припущення про лінійну суперпозицію сейсмічних хвиль від окремих джерел досліджуються спектральні щільності зміщення і швидкості зміщення в залежності від величини інтервалів сповільнення, числа зарядів у групі для імпульсу вигляду  – неповна головна фаза, чи для імпульсу, який являє собою тільки головну фазу, без вступу.

Як показує аналіз сейсмограм, при великомасштабних вибухах, першій фазі властиві аномальні швидкості коливань, що впливає на спектр результуючого сейсмологічного коливання. Тому, при оцінці сейсмічного ефекту ВМВ, на відміну від вибухів середньої потужності, необхідно враховувати першу фазу коливань, які виникають від вибуху. У зв’язку з цим, при вирішенні теоретичної задачі прогнозування амплітудно-частотного спектру на основі додавання коливань, що виникають від одиночних імпульсів, необхідно розглядати дію вибуху в часі, в тому числі і коливання в першій його фазі.

Дослідження показують залежність протікання сейсмічних хвиль від фізико-механічних властивостей порід масиву і від довжини хвилі та характерних розмірів блоку. Тут враховується також лінійна суперпозиція хвиль, але не враховується нелінійна взаємодія між хвилями стиснення від одиничних зарядів. Вважається, що в точку заміру приходять хвилі однакової форми, але з різними амплітудами та періодами, не враховується також форма заряду.

Дослідження вибуху зарядів у свердловинах діаметром 230 мм та 105 мм, що проводились у гранітах, відмічають зниження сейсмічної дії вибуху зі зменшенням діаметру свердловини. Однак, у дослідженні впливу діаметру заряду на коефіцієнт, що характеризує питомий сейсмічний ефект у рівнянні М.А. Садовського, отримані результати, про збільшення рівня сейсмічного впливу зі зменшенням діаметру заряду. Слід відмітити важливість досліджень у даній галузі, оскільки, за останні роки більшість кар’єрів нерудної промисловості України перейшло на використання свердловин малого діаметру – 110–150 мм .

Зменшення впливу властивостей ВР на сейсмічну дію вибуху досягають також завдяки застосуванню зарядів зі змінною щільністю по довжині свердловини, а також з інертними проміжками. Так, дослідження показують, що під час вибуху суцільних однорідних зарядів ВР швидкість сейсмічних коливань частинок ґрунту в основі датчиків у 1,5–2 рази вище, ніж під час вибуху однакових по масі зарядів ВР з повздовжніми порожнинами заповненими інертними матеріалами (повітря, вода, буровий шлам і т.д.). При цьому найбільш високочастотні характеристики сейсмічних коливань зареєстровані під час вибуху суцільних однорідних зарядів ВР без яких-небудь порожнин та інертних проміжків. Вважається, що забивка в меншій мірі ніж діаметр свердловини впливає на сейсмічний ефект вибуху. Особливості впливу оптимальної довжини та геометричної форми забивки на параметри вибуху розглянуті. Суттєвий вплив на сейсмічний ефект вибуху мають також умови закладання заряду. Найбільший сейсмічний ефект спостерігається при вибуху заряду ВР у затисненому середовищі.

Вплив конструкції заряду на спектральні характеристики хвилі напружень під час вибуху в гірських породах розглядався в роботі. Досліджувались закономірності зміни енергетичних спектрів імпульсів хвиль напружень для конструкцій сферичних зарядів з радіальними зазорами, заповненими повітрям, водою та піском, а також зарядів з осьовою порожниною, отримані під час вибуху одиночних зарядів. Аналіз отриманих спектрів, свідчить про те, що використання різних зазорів веде до зміни характеру переломлення ударної хвилі та її трансформації у хвилю напружень. Порівняння енергетичних спектрів імпульсів хвиль напружень для різних конструкцій зарядів показує, що використання водних зазорів веде до підсилення ролі низькочастотних складових спектру. При цьому зміна величини водного зазору веде до суттєвого перерозподілу енергії вибуху, зниження затухання енергії при розповсюдженні хвилі напружень. Вплив симетрії джерела вибуху під час вибуху одиночних та групових свердловинних зарядів на величину інтенсивності об’ємних та поверхневих сейсмічних хвиль у залежності від напрямку профілю вимірів розглянуто також. Показано, що симетрія джерела збурення і його геометричні параметри впливають на спектральну характеристику, швидкість частинок ґрунту та інші параметри руху сейсмічних хвиль. Приведені результати експериментальних досліджень інтенсивності зміщення ґрунту під час вибуху вертикального циліндричного заряду та отримані формули для визначення швидкості зміщення ґрунту під час вибуху подовженого заряду для об’ємної та поверхневої хвиль у різних ґрунтах. При досліджені впливу конструктивних особливостей циліндричного заряду на параметри СВХ розглядається параметр «циліндричності» заряду, тобто відношення довжини заряду до його радіусу. Встановлено, що чим більше «циліндричність» заряду, тим менше його коефіцієнт затухання (а він завжди менший у циліндричного заряду в порівнянні зі сферичним при рівній масі заряду). В іншій роботі цих авторів були проведені експериментальні дослідження величини періоду коливань в об’ємній та поверхневій хвилях під час вибуху циліндричного заряду у різних ґрунтах, які дозволили встановити основний вплив на величину періоду коливань у СВХ радіусу заряду, а не його маси. Запропоновані інженерні формули для розрахунку часових параметрів сейсмічних хвиль під час вибуху циліндричного заряду в залежності від його конструктивних особливостей та відстані, на яку розповсюджується хвиля від місця його вибуху в різних ґрунтах.

Не менший вплив на сейсмічний ефект вибуху, ніж конструкційні особливості зарядів ВР та умови їх закладання, мають властивості порід, що залягають у місці проведення вибухів. Характер впливу даного фактору аналогічний його дії під час землетрусу. Різниця полягає лише в тому, що сейсмічні хвилі, які утворюються під час вибухів, відрізняться від тих, що генеруються під час землетрусів спектральним складом коливань. Зазвичай відмічають більш високочастотний склад спектру сейсмічних хвиль техногенних вибухів. Однією з найбільш важливих властивостей є акустична жорсткість породи. У породах з низьким значенням акустичної жорсткості переважають більш низькі частоти. Розміщення заряду в середовищі з меншою акустичною жорсткістю знижує сейсмічний ефект вибуху. Максимальне затухання швидкості зміщення відбувається в найбільш слабких, порушених породах. І навпаки, кристалічний масив гранітоїдів, складений магматитами та гнейсами добре переносить енергію вибуху з допомогою об’ємних хвиль з малим коефіцієнтом затухання, який знаходиться в оберненій залежності від акустичної жорсткості. При веденні вибухових робіт у скальних породах великий вплив на сейсмічність мають ступінь розвитку і характер тріщин, заповнення їх іншими продуктами, орієнтація в просторі. Особливе значення при розповсюдженні і затуханні СВХ у тріщинуватих масивах має сейсмічна анізотропія масиву. Рихлі відкладення на скельних породах підсилюють сейсмічний ефект вибуху, так як вони є шарами порід з пониженою акустичною жорсткістю і мають більшу в порівнянні з масивом швидкість зміщення і період коливань. У той же час, шар з підвищеною жорсткістю, розміщений на більш слабких породах є провідником для сейсмічних коливань. Високою сейсмічністю володіють глинисті та обводнені ґрунти. Сезонний вплив пір року на дію СВХ розглядається через зміну вологості ґрунту в роботі Воробйова В. Д. Представлена там експериментальна залежність швидкості коливань грунту від вологості останнього в різні пори року має криволінійний характер зростання на відміну від аналогічної залежності для швидкості звуку.

Серед методів зниження сейсмічної дії вибуху окремого розгляду заслуговує короткоуповільнений вибух. Він має переваги в порівнянні з миттєвим підриванням, що пов’язані з можливістю регулювання подрібнення, напрямку зміщення підірваної маси, а також є ефективним способом зниження сейсмічної небезпеки. Особливо важливим є застосування КСВ в умовах промислової і житлової забудови, де використання різних технологічних прийомів дозволяє вести вибухові роботи без збитків для навколишніх об’єктів.

У дослідженнях запропонована модель стохастичного опису типового кар’єрного КСВ. Модель базується на представлені послідовності вибухів окремих ступенів як деякого випадкового процесу з характерними статистичними параметрами сповільнення, обумовленими технічними характеристиками вибухових уповільнювачів. Запропонована модель системи КУП дозволяє розглядати технологічний кар’єрний вибух як деякий аперіодичний імпульсний процес з випадковим тактовим інтервалом. Зіставлення експериментальних даних з реальним тестовим КСВ за запропонованою моделлю підривання на якісному рівні показало гарне співставлення виду спектральної перехідної характеристики системи підривання.

Процес виникнення сейсмічних вибухових коливань при проведенні вибухових робіт у цілому підпорядковується загальним законам, що описують виникнення та розповсюдження сейсмічних хвиль у земній корі під час землетрусів. При промислових вибухах також відмічаються повздовжні, поперечні та поверхневі хвилі, однак хвильова картина сейсмічних коливань, спричинена промисловими вибухами має свої особливості. Промисловий вибух, як джерело сейсмічних коливань має надзвичайно складну структуру. Це пов’язано із застосуванням складних схем ініціювання зарядів; застосуванням КУВ; просторовим розосередженням зарядів. У результаті цих факторів відбувається накладання коливань. При цьому нерідко порушується послідовність приходу в задану точку різних типів хвиль, що ускладнює розшифровку сейсмограм. Гірничо-геологічні умови надзвичайно різноманітні на шляху розповсюдження сейсмічних вибухових коливань від місця вибуху до місця розташування об’єктів, що охороняються. Об’єкти, які охороняються можуть знаходитись у зоні, де СВХ ще повністю не сформувались, що ускладнює оцінку параметрів затухання хвиль, прогнозування їх інтенсивності поблизу промислових та житлових об’єктів.

Таким чином, значення параметрів СВХ залежать від маси заряду, що миттєво підривається, відстані до точки, яка спостерігається, ґрунтоутворюючих умов в епіцентрі та на шляху розповсюдження СВХ, схеми КУВ, розосередженості заряду та його конструкції, в тому числі і від типу ВР.

Отже, аналізуючи вище наведене, для вирішення завдання в умовах «ПАТ Коростенський кар’єр» необхідно виконати роботи, що дозволяють застосувати існуючі методи управління сейсмоанізотропним проявом масових вибухів на даному кар'єрі з нижченаведеними завданнями:

* Районування території в якій розташовується кар'єр і прилегла до нього зона охоронних об'єктів в залежності від анізотропного прояву сполучною їх територію;
* застосувати існуючу методику оцінки сейсмоанізотропного прояву вибуху групових зарядів ВР;
* встановити взаємозв'язок між характером розподілу ізосейсм з анізотропією гірського масиву території, в якій розташований кар'єр-охоронний об'єкт;
* встановити взаємозв'язок технологічних факторів (маса заряду вибухової речовини, інтервалу уповільнення, схема висадження і т.д.) з параметрами зони ізосейсм;
* застосувати існуючі методи розрахунку сейсмобезпеки параметрів вибуху і сейсмозниження способів ведення вибухових робіт, для характерних блоків, на підставі вивчення фізико-технологічних основ управління сейсмоанізотропним проявом масових вибухів на даному кар'єрі;
  1. **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИК ОЦІНКИ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ОБ’ЄКТІВ, ЩО ОХОРОНЯЮТЬСЯ**

Згідно досліджень основними параметрами СВХ є: амплітуда зміщення, швидкості або прискорення коливань, період коливань та їх тривалість. На практиці досліджень для характеристики сейсмічної небезпеки коливань у вибуховій хвилі були спроби використовувати різні параметри - щільність потоку сейсмічної енергії, відносну деформацію та напруження в породах у районі об’єкту, що охороняється, тривалість коливань, спектральний склад коливань, амплітуди швидкості та прискорення зміщення частинок ґрунту. Як показав аналіз досліджень, по щільності потоку сейсмічної енергії та спектрального складу коливань статичного матеріалу накопичено мало, а визначати їх можна тільки інструментальним шляхом у конкретному випадку.

Проте на практиці виникає необхідність саме в методах попереднього розрахунку можливих при вибухах коливань. Для визначення величин деформацій або напруження необхідно попередньо знати швидкість коливань.

Швидкість коливань ґрунту є енергетичною характеристикою інтенсивності хвилі, так як кінетична енергія пропорційна квадрату швидкості коливань. У зв’язку з цим швидкість коливання лінійно пов’язана з деформаціями матеріалу в конструкціях споруджень. Враховуючи останнє, більшість спеціалістів розглядають швидкість зміщення ґрунту в якості основного критерію оцінки сейсмічної дії вибуху, а на території СНД ця характеристика СВХ в даній якості використовується як нормативний параметр. В Україні цей нормативний параметр закріплений державним стандартом ДСТУ 4704:2009 «Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки», хоча для нормування сейсмостійкості споруд, які розміщені в ґрунті нормативним критерієм є допустима відносна пружна деформація гірських порід, в яких містяться об’єкти, що охороняються.

Сейсмічну безпеку будівель та споруд під час технологічних вибухів оцінюють також за результатами порівняння очікуваних параметрів СВХ з допустимими для об’єкту, що охороняється.

Загальним критерієм сейсмічної безпеки будівель і споруд, що охороняються, є допустима швидкість коливань – така швидкість, при якій повністю гарантовано збереження будівель і споруд, а можливі локальні їх деформації не перевищать прогнозованих. Допустима швидкість залежить від конструктивних особливостей, будівельних матеріалів, призначення, фізичного стану і термінів служби будівель і споруд. Вводиться поняття критичної швидкості коливань – це така гранично допустима швидкість, при реалізації якої в масиві порід збереження будівлі може бути гарантоване з імовірністю не вище 0,5. Гранично допустиму швидкість пропонується прийняти в двічі більше допустимої. Ведення підривних робіт можливе лише при допустимій швидкості коливань і тільки в окремих випадках, при аварійних ситуаціях, можна допустити однократне проведення підривних робіт при граничній швидкості коливань. При цьому, в кожному випадку ситуація повинна оцінюватись з урахуванням економічних факторів відновлення будівель та споруд.

Допустима швидкість зміщення визначається різними способами. Найбільш точний спосіб – експериментальний з застосуванням сейсмовимірювальної апаратури, коли безпосередньо визначають появу тих або інших пошкоджень споруди при певних значеннях швидкості зміщення у вибуховій хвилі. Інтерпретація експериментальних досліджень у математичному вигляді здійснюється за допомогою формули, запропонованою розробником наукових основ сейсміки промислових вибухів М.А. Садовським у вигляді залежності швидкості коливань ґрунту від маси заряду та відстані до нього (або так званої приведеної відстані/приведеної маси):

, (1.1)

де  – швидкість коливань частинок ґрунту, см/с;

*К* – коефіцієнт, що враховує властивості гірського масиву в профілі «епіцентр вибуху – пункт спостереження»;

*r -* відстань між пунктом спостереження та місцем вибуху, м;

*Q* – маса вибухового заряду, кг;

*n* – показник степені затухання сейсмічних коливань.

Задавши для *U* величину швидкості коливань, прийняту за допустиму *Uдоп*, по емпіричній залежності (1.1), визначають сейсмічно безпечні відстані або сейсмічно безпечну масу заряду *Q*, що підривається.

У нормативі «Єдиних правил безпеки при вибухових роботах» (ЄПБВР), що тривалий час були єдиним офіційним керівництвом для визначення сейсмічної безпеки будівель та споруд під час вибухових робіт, у формулу визначення безпечної відстані вводяться коефіцієнти, які характеризують властивості ґрунту в основі об’єкту, що охороняється, тип споруди і характер забудови та умови вибуху .

У новому державному стандарті України ДСТУ 4704:2009 «Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки», в якому також використовується формула (1.1) і методика оберненого розрахунку сейсмічно безпечних параметрів ведення вибухових робіт від допустимої швидкості, інтегральний коефіцієнт *К* є результатом добутку коефіцієнтів, які враховують:

- особливості ґрунту, що підлягає висаджуванню (у залежності від міцності);

- особливості ґрунту під фундаментом будівлі (через об’ємну масу ґрунту, який підлягає висаджуванню та швидкість поширення коливань у ньому);

- сезонність робіт за порами року.

Ці особливості стосуються розрахунку швидкoсті коливань ґрунту від вибуху одноразового зосередженого заряду.

Під час визначення швидкості коливань ґрунту за неодночасного висаджування груп розосереджених зарядів ВР коефіцієнт *К* враховує:

* орієнтацію об’єкта відносно блоку, що підривається;
* коефіцієнт ступеня свободи масиву;
* діаметр заряду;
* вплив кількості груп зарядів.

Зрозуміло, що коефіцієнт *К* є інтегральною величиною, що враховує багато факторів – властивості середовища та ВР, спосіб підривання і т.д., тому він справедливий лише для умов, в яких проводились експерименти. Введення нових коефіцієнтів для врахування різних факторів не може охопити усі імовірні умови ведення вибухових робіт і отже, вносить свої неточності в розрахунки. Таким чином своєчасними є спроби отримання узагальнюючих залежностей, з допомогою яких можна замінити емпіричний коефіцієнт *К* параметром, що визначається на основі паспортних фізико-механічних констант (щільність, міцність, коефіцієнт Пуассона, модуль пружності и т.д.) і динамічних характеристиках (швидкість повздовжньої і поперечної хвилі, акустична жорсткість) та має хоча б напівемпіричну структуру. Такі дослідження здійснені в роботах.

Відповідно до згаданого ДСТУ 4704:2009 допустима швидкість сейсмічних коливань ґрунту встановлюється залежно від конструктивних особливостей, типу будівельних матеріалів, призначення, фізичного стану і термінів служби будівель та споруд. Будівлі і споруди, які можуть зазнати впливу СВХ, поділяються на п’ять класів. Тому допустиму швидкість коливань ґрунту під час багаторазових вибухів біля фундаментів будівель і споруд визначають з урахуванням їх класу.

Однак, допустима швидкість коливань частинок ґрунту в основі об’єкту, що охороняється не є єдиним критерієм сейсмостійкості, визнаним науковою громадськістю. Іншим важливим параметром СВХ є спектральний склад коливань, або іншими словами, період сейсмічних коливань, що характерний для максимального сейсмічного навантаження. У контексті сейсмостійкості поверхневих об’єктів, що охороняються важливим є не просто амплітудно-частотна характеристика сейсмічних коливань, а співвідношення періодів коливань ґрунту в основі об’єкту та власних коливань об’єкту, що охороняється.

Сейсмобезпечні відстані для різних *N* (кількість груп зарядів) та *Q* (загальна маса зарядів), зі збільшенням удвічі (оскільки будинки в незадовільному технічному стані) наведено в *табл. 1.1.*

*таблиця 1.1*

**Сейсмобезпечні відстані**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Q*, кг | 4000 | 6000 | 10000 | 12000 | 16000 |
| *R*с × 2, м (*N* = 6 шт.) | 480 | 658 | 660 | 700 | 770 |
| *R*с × 2, м (*N* = 15 шт.) | 398 | 440 | 526 | 550 | 614 |
| *R*с × 2, м(*N* = 20 шт.) | 360 | 400 | 480 | 560 | 570 |

Аналіз наведеної *табл. 1.1*свідчить, що розміри сейсмобезпечної відстані від вибуху незначної загальної маси ВР починається із зони більше ніж 300 м, а якщо прийняти базову серію 16000 кг із застосуванням електродетонаторів короткосповільненої дії (6 ступенів сповільнення), то мінімальний розмір небезпечної відстані становитиме, починаючи з 770 м, а при 20-ти ступенях сповільнення – 570 м. Останнє хоч зменшує розміри безпечної відстані, але змонтувати схему КСВ з інтервалами 20-ти сповільнювачів для блоків, де загальна маса ВР мала, практично неможливо. Це пов'язано з тим, що необхідно застосувати такі пристрої ініціювання зарядів, за яких стане можливим створення після вибуху кожного заряду паузи сповільнення. Такі вимоги може виконати неелектрична система ініціювання типу "Нонель", яка останніми роками широко впроваджується в Україні.

**Висновки до розділу**

Проведений дозволив зробити наступні висновки:

1. Існує не велика кількість досліджень сейсмічного впливу промислових вибухів на об’єкти, що охороняються.

2. Методики розрахунку сейсмічно безпечних параметрів проведення вибухових робіт базуються на модифікованих формулах М.А. Садовського, в яких властивості ґрунту, властивості ВР, умови вибуху враховуються з різними емпіричними коефіцієнтами і з застосуванням так званого «радіусу випромінювання». Це призводить до необхідності визначати такі коефіцієнти експериментально для кожних конкретних умов підривання, що є трудомісткім та вартісним. Тому для врахування властивостей гірничого масиву, детонаційних характеристик ВР, умов вибуху при оцінці його сейсмічного ефекту вибуху доцільно застосовувати математичне моделювання.

3. Існуюча нормативна методика розрахунку допустимої швидкості зміщення ґрунту біля фундаментів будівель враховує лише частотні характеристики системи «ґрунт – споруда», не враховує геометричні параметри та інерційні характеристики об’єкту.

4. Оскільки зміна параметрів вибухових робіт призводить до зміни як сейсмічної дії вибуху, так і впливає на результат корисної дії вибуху, тому в умовах «ПАТ Коростенський кар'єр» необхідно вирішувати ці задачі у взаємозв’язаній постановці.

5. Для вирішення завдання в умовах «ПАТ Коростенський кар’єр» необхідно виконати роботи, що дозволяють застосувати існуючі методи управління сейсмоанізотропним проявом масових вибухів на даному кар'єрі.