Міністерство освіти і науки України

Національний Технічний Університет України

«Київський політехнічний інститут»

*Реферат*

З дисципліни: «Основи проектування гірничих підприємств»

На тему: «Досягнення сейсміки в гірництві»

Виконав:

ст.гр.ОБ-11, ІЕЕ

Павленко М.О.

Київ 2015

Під час проведення вибухів на кар’єрах у геологічному середовищі генеруються потужні техносейсмохвилі. Як правило, безпеку таких вибухів оцінюють за їх механічним впливом на будівлі та споруди з позицій сейсмостійкості. Але не менш важливим є екологічний аспект. Питання руйнування гірського масиву було і залишається однією з найважливіших проблем гірського виробництва. На даний час вибухові роботи є домінуючим методом відділення гірської породи від масиву. Сейсмічні коливання розповсюджуються на значні відстані від місць проведення вибухових робіт, тому будівлі й споруди, що потрапляють у зону сейсмічних коливань, будуть піддаватися регулярним струсам. Унаслідок такого впливу можливі деформації укосів, які мають недостатній запас стійкості, розрідження водонасичених пісків, що може призвести до руйнівних наслідків.

Фундаментальні положення про виникнення і розповсюдження сейсмічних хвиль викладені в роботах Г.А. Гамбурцева, Б.Д. Дерягіна, М.А. Садовського, С.В Медведєва та інших. Для оцінювання наслідків землетрусів при вибухах С.В. Медведєв

запропонував шкалу сейсмічної інтенсивності, що враховує меншу тривалість сейсмічних коливань і повторюваність хвиль, зіставних між собою по величині, а також високу частоту коливань при вибухах порівняно із землетрусами . Як вважають Ю.І. Немчинов, Н.Г. Мар’єнков, О.М. Рижов, провідна роль науки у цій галузі полягає в успішному впровадженні нових технологічних процесів на відкритих і підземних гірських роботах . Цим обґрунтований науковий інтерес до питань фізики дії вибуху в гірських породах, визначення оптимального асортименту вибухових речовин, дослідження динамічного впливу вибухів на будівлі.

Формуванню фізики вибуху в наукову дисципліну передували експериментальні дослідження в області дії вибуху в гірських породах і вибухового перетворення. Перша формула визначення величини заряду вибухових речовин була запропонована в 1628 у Франції інженером А. Девіль. 100 років потому французький генерал Б. Белідора вперше сформулював основи теорії вибухового руйнування. У 1866 російський військовий інженер М. М. Фролов запропонував форму для визначення показника викиду (величина воронки викиду і т.п.), засновану на принципі геометричної подоби. У 1869 ця формула була уточнена російським військовим інженером М. М. Борескова (формула Борескова), який раніше (1864) відкрив явище кумуляції енергії вибуху. У 1880 російський учений І. М. Чельцов вирішив загалом завдання оцінки працездатності вибухових речовин і роботи вибуху. Він запропонував науково обгрунтований метод оцінки повної роботи газоподібних продуктів вибуху. У 1881 П. Е. М. Бертло і П. Вьель (Франція) зробили фундаментальне відкриття, вказавши на існування вибухової хвилі, в якій спостерігалися великі значення тиску і температури, а швидкість її поширення залишалася постійною і досягала декількох тисяч м / с. У 1889 російський учений В. А. Міхельсон першим звернув увагу на аналогію між поширенням детонації і ударної хвилі. Вивчаючи детонацію, як процес поширення хімічної реакції, він вивів формулу швидкості детонації і заклав основи кількісної теорії поширення детонаційної хвилі, яка тепер відома як гідродинамічна теорія детонації. Теоретичне рішення задачі поширення детонації належить С. Чепмену (Великобританія, 1889) і Е. Жуге (Франція), який увійшов в історію як творці теорії плоскої детонаційної хвилі. Роботи Міхельсона, Чепмена і Жуге заклали фундамент термодинамічної теорії детонації, найбільш повно розвиненою через 50 років в працях радянського вченого К. І. Щолкіна. У цій теорії істотна роль відводиться тепловим факторам, зокрема теплопровідності. У 1920 англійський учений А. А. Гріффітс прийшов до висновку, що причиною руйнування середовища при вибуху служать мікротріщини, існуючі в середовищі. Радянський учений А. Ф. Іоффе, який працював в 1924 зі зразками кам'яної солі, і англійський учений Е. Орован (1933), який вивчав міцність на розтягування листової слюди, оцінили вплив структурних дефектів на характер руйнування крихких матеріалів. Перша загальна теорія регулювання дроблення гірських порід вибухом розроблена в 1935 радянським вченим М. В. Мачинського, згідно з яким дроблення визначається трьома головними факторами: дією хвилі стиснення, наявністю слабких місць в породі і швидкістю поширення в ній тріщин. При цьому Мачинский розглянув спільна дія системи точкових і лінійних зарядів, приділяючи особливу увагу визначенню оптимальної відстані між зарядами.

Радянський учений Н. Н. Семенов в 1928 створив кількісну теорію теплового самозаймання, яка дозволила визначити межі теплового і ланцюгового виникнення вибуху та умови взаємозв'язку цих двох механізмів. Встановивши зв'язок між швидкістю горіння і характеристиками горючої суміші, радянські вчені Я. Б. Зельдович і Д. А. Франк-Каменецький розробили теорію горіння газів (1938), яка, як показав А. Ф. Бєляєв, застосовні і до горіння конденсованих вибухових речовин . Найбільш повно теорія горіння газів розроблена Зельдовичем, згідно з яким локальне підпалювання газової суміші може за певних умов призвести до вибуху. Пізніше радянські вчені К. К. Андрєєв і Бєляєв розглянули умови переходу повільного горіння в повноцінний вибух. У 1940 радянським фізиком Ю. Б. Харитоном розроблена теорія детонаційної здатності вибухових речовин, яка визначає умови стійкості детонації. Завдяки цьому, вдалося пояснити загасання детонації і оцінити значення граничного діаметру, при якому вона ще може поширюватися, і зробити висновок, що швидкість хімічного перетворення при детонації не нескінченна, а має певні кінцеві значення, і всяка система, здатна до екзотермічного перетворенню, в принципі взривоспособна. Харитоном, зокрема, визначено принцип, який пов'язує вибухову здатність речовин зі швидкістю хімічної реакції у фронті вибухової хвилі. Він встановив, що виникнення вибуху при ударі пов'язано з впливом мікроскопічних областей розігріву. У 40-х рр. Ф. П. Боуден встановив, що виникнення вибуху при ударі проходить кілька стадій і є досить складним процесом. Зельдович (1940) і американські учені Дж. Нейман (1942) і У. Дерінг (1943), досліджуючи незалежно один від одного вплив кінцевої швидкості реакції на детонацію, показали наявність підвищеного тиску на початку зони реакції. Ці дослідження розширили уявлення про структуру ударних хвиль і ролі фізико-хімічних перетворень при ударному стисненні, створили основи одновимірної теорії детонаційної хвилі.

Інтенсивні теоретичні дослідження зони фізико-хімічних перетворень в ударних хвилях почалися з кінця 40-х рр. (Зельдович і Г. Паттерсон). Ряд теоретичних і експериментальних робіт був присвячений визначенню товщини фронту ударної хвилі (Л. Томас і П. Ліббі, США; М. Мордух, CCCP, та ін.).

У 1943 Г. І. Покровським (CCCP) була висловлена ​​ідея про гідродинамічної кумуляції енергії вибуху, яка була розроблена у вигляді теорії в 1945 М. А. Лаврентьєвим (CCCP) і незалежно Дж. Біркгофом (США). На основі гідродинамічної теорії Лаврентьєв визначив швидкість, товщину і довжину кумулятивного струменя, а також швидкість і глибину проникнення вихідної струменя в тверде тіло, розташоване на шляху її руху. У 1948 американські вчені Р. Курант і К. Фрідріхс опублікували роботу з дослідження механізму ударних хвиль в твердих тілах. Теорію підводного вибуху детально розробив в 1948 Р. Х. Коул (США), який досліджував особливості поширення ударних хвиль у воді, явища кавітації і пульсації газового міхура навколо точки вибуху, закони загасання ударних хвиль у воді.

Фундаментальні результати експериментальних досліджень детонації конденсованих вибухових речовин отримані А. Н. Дрёміним. У 1952 Бєляєв та М. А. Садовський показали, що брізантние характеристики вибухових речовин, обумовлені головною частиною імпульсу вибуху і пов'язані з щільністю вибухових речовин і швидкістю його детонації, зумовлюють регулювання ступеня дроблення породи тільки в безпосередній околиці заряду. Загальна дія вибуху, що виявляється в руйнуванні твердих середовищ на більш значних відстанях від заряду, пропорційно повного імпульсу вибуху і безпосередньо не залежить від швидкості детонації. Тому для регулювання дроблення великих обсягів гірських порід необхідно не підвищення пікового тиску, а збільшення тривалості впливу вибуху на породу. У середині 50-х рр. Покровським була запропонована одна з перших концепцій розрахунку руйнування гірських порід при вибуху. Згідно з його уявленням, в деякій околиці місця вибуху середу переходить в пластичний стан. Слідом за цією областю слід зона трещинообразования, в якій діють розтягують напруги. Грунтуючись на загальній якісної картині руйнування і простих розрахункових схемах, Покровський запропонував ряд зручних формул, які знайшли широке застосування у вибуховій справі у великому діапазоні зміни властивостей гірських порід і параметрів зарядів. У 1956 на основі подібних же принципів японські дослідники (кума Хино та ін.) Сформулювали теорію і принципи розрахунку свердловинних зарядів. Дослідження механізму вибуху і його дії в середовищі дозволили науково обгрунтувати застосування зарядів вибухових речовин з повітряним проміжком і радіальними зазорами для регулювання дроблення порід вибухом (Н. В. Мельников, Л. Н. Марченко, 1937-58, CCCP). У 1959 радянським ученим Г. П. Демидюк було показано, що збільшення частки енергії вибуху, що витрачається на дроблення гірських порід, пов'язане зі зміною щільності заряджання і геометрією розташування зарядів вибухових речовин.

При дослідженні параметрів дії вибуху в грунтах і гірських породах широко використовувалися фізико-математичні моделі ідеальної нестисливої ​​рідини, коли сам вибух вважається миттєвим. При цьому розподіл імпульсів тиску і швидкостей в просторі відразу після вибуху визначається з рішення крайової задачі для рівняння Лапласа. Такий фізико-математичний підхід розвивали Лаврентьєв і О. Є. Власов (1945). У 1957 Х. А. Рахматулін (CCCP) запропонував модель "пластичного газу", що є деяким узагальненням моделі ідеальної стисливої ​​рідини і дає ідеалізований опис властивостей ґрунтів. Відповідно до цієї моделі однозначна залежність між тиском і щільністю газу при навантаженні (дотичні напруження не враховуються) замінюється при розвантаженні інший закономірністю (у простому випадку приймається, що в умовах розвантаження щільність залишається постійною). У роботах компанійців (1956), Н. В. Зволинський (1960), А. Я. Сагомоняна (1961) в аналогічних одновимірних задачах враховувалися також дотичні напруження (з умовою пластичності Прандтля). У середині 50-х рр. значну увагу було приділено вивченню можливості застосування ядерних вибухів в мирних цілях. Відомий французький військовий інженер К. Ружерон в книзі "Використання енергії термоядерного вибуху" (1956) розглянув як фізичні аспекти ядерного вибуху, так і можливі напрямки його мирного використання у гідротехнічному будівництві, поповненні енергетичних запасів, у хімічній та гірничодобувної промисловості, а також його вплив на зміну клімату планети. Одночасно така ж постановка проблеми пропонувалася і Покровським (1956). Створена в 1946 Комісією з атомної енергії США (з 1975 Управління з енергетичних досліджень і розробок) науково-технічна програма проведення ядерних і хімічних вибухів в мирних цілях ("Плаушер") дозволила в наступні роки отримати унікальні експериментальні дані по оцінці дії ядерних вибухів в гірських породах, результати яких узагальнені в наукових працях К. Лемпсона (1954), С. Ф. Клаузена (1962), Е. В. Карпентера (1962), Т. Гінзбурга (1966), К. Гербера (1967) та інших американських учених . У 1957 в CCCP виконана серія експериментальних досліджень вибухової дії зарядів (маса до 1000 т) на викид і сейсмічного ефекту підземних вибухів (В. Н. Родіонов, А. Н. Ромашов, Б. Г. Рулев, Є. І. Шемякін). У цей період також удосконалюються методи і розробляються нові технічні засоби ведення вибухових робіт в гірничій справі і будівництві (Г. Латан, 1960, і Д. Харцт, 1962, ФРН; М. Лоісон, 1962, Франція; Р. С. Карлсон, 1962 , Канада; Д. С. Райнхардт, 1962, США; Л. Дон Літ. 1963, Великобританія; У. Лангефорс і Б. Кільстрем, 1964, Швеція). У роботах Шемякіна (1959, 1962), С. С. Григоряна (1959-1967) і Родіонова (1962) розроблялися моделі деформування і руйнування гірських порід в околиці заряду. У 60-і рр. в CCCP на основі моделі ідеальної нестисливої ​​рідини Власов і С. А. Смирнов побудували (1962) розрахункову схему дроблення гірських порід вибухом зосереджених і подовжених зарядів, що дозволяє визначити межі та обсяг зони дроблення, характер розподілу крупності дроблення, імовірнісний гранулометричний склад роздробленого матеріалу, оцінити тривалість процесу дроблення. Було використано введене Власовим уявлення про критичної швидкості руйнування, згідно з яким розмір утворюються при вибуху шматків породи такий, що різниця швидкостей двох сусідніх шматків дорівнює деякої критичної величиною, постійною для кожного матеріалу. Ці розрахунки дозволили отримати опис загального характеру дроблення породи при вибуху, що важливо для гірничодобувної промисловості. Згодом засноване на цій схемі напрямок теоретичних досліджень отримало значний розвиток у працях Н. Б. Іллінського і його колег. Великий внесок у розвиток методології досліджень в галузі фізики вибуху, розробку і використання різних фізичних моделей дії вибуху в середовищі внесли Л. Д. Кларк і С. С. Салнья (1964, США), що вивчили механізм руйнування гірських порід в залежності від швидкості детонації; І. Хок (1965, США), який досліджував дію вибуху і ударних хвиль в різних гірських породах; Ю. Слободзіньскій (ПНР, 1966), який виконав дослідження по оптимізації параметрів вибухових робіт на кар'єрах.

У 60-і рр. розвивається і удосконалюється запропонований в CCCP К. А. Берліним в 1934 спосіб короткозамедленного підривання, що дозволяє регулювати процес дроблення порід. У розробку цього методу (раціональний вибір просторового розташування та схем розстановки і ініціювання зарядів, розрахунок часу уповільнення) найбільший внесок зробили також радянські вчені М. Р. Друкований, Ф. І. Кучерявий, Є. Г. Баранов (1962), Н. Г . Петров, Е. І. Єфремов, В. М. Комір (1964) і пізніше В. Н. Мосінец і Б. Н. Кутузов. У 1960 Лаврентьєв, В. М. Кузнєцов і Е. Н. Шер поставили завдання про направленому викиді грунту вибухом і дали її витончене рішення як деякої оберненої задачі гідродинаміки. Це рішення знайшло експериментальне підтвердження для м'яких ґрунтів. На його основі були запропоновані способи масових вибухів на викид за допомогою системи подовжених зарядів, розташованих відповідним чином в підземних виробках. При використанні камер збільшеного об'єму для підвищення ефективності дії вибуху було визнано доцільним заповнювати їх водою. У 1963 Покровський, І. С. Федоров і М. М. Докучаєв запропонували здійснювати спрямований викид шляхом створення додаткових вільних поверхонь, порожнин або воронок в заданій стороні викиду. Лаврентьєв, Шер і Кузнецов (1964) встановили, що для цієї мети можна використовувати також нерівномірний розподіл заряду вибухових речовин по глибині свердловин (товщина шару вибухових речовин повинна лінійно зростати з глибиною). Радянський учений А. А. Чернігівський (1976) розробив варіант цього способу на основі застосування спеціальної системи плоских і клиноподібних зарядів. Найбільш потужний спрямований вибух на викид був проведений в Медео в 1966 (маса вибухових речовин 5294 т), коли в результаті вибуху була утворена Протиселева гребля. При цьому за кілька секунд до основного вибуху (масою близько 3700 т) були здійснені вибухи 4 допоміжних зарядів (загальна маса близько 1600 т), що створили штучну допоміжну вільну поверхню, що забезпечує спрямований викид породи. У 1962-65 в роботах радянський учених Е. І. Андріанкіна, В. П. Корявова, О.-Х. М. Алієва, Григоряна, Родіонова, А. Б. Багдасаряна при вирішенні сферически симетричної задачі про вибух в тендітному тілі було введено уявлення про хвилю руйнування, що розділяє два можливих стану середовища (зруйноване і незруйнованими).

Експериментальні дослідження процесу руйнування в ближній зоні камуфлетного вибуху виконані Григоряном, В. Д. Алексеєнко, А. Ф. Новгородова, Г. В. Риковим (1960, 1963), В. В. Адушкін і А. П. Сухотина (1961), М. В. Гоголєвим і В. Г. Миркін (1963), А. Н. Ханукаева, В. А. Боровікова (1963).

Розвиток уявлень про механізм руйнування гірських порід вибухом в 60-70-і рр. пов'язане з розробкою нових способів і засобів реєстрації процесів руйнування, параметрів полів напруг і швидкості розвитку тріщин в масиві. Проблема загасання ударних хвиль у м'яких водонасичених грунтах була досліджена радянським ученим Г. М. Ляховим (1961), сейсмічних хвиль - В. Н. Миколаївським (1962). Використовувалося уявлення про грунті як трикомпонентної середовищі: твердому тілі, пори якого заповнені рідиною і (або) газом. У роботах Григоряна (1956-67) сформульовані механічні та термодинамічні гіпотези, що відображають специфічні властивості ґрунтів і гірських порід, і на цій основі побудовано моделі для м'яких ґрунтів і твердих крихко руйнуються гірських порід, що описують процеси деформування, руйнування і руху розглянутих середовищ при довільних зовнішніх впливах. З використанням цих моделей Григоряном та іншими вченими вирішене ряд завдань про дію вибуху в грунтах і гірських породах. Зокрема, їм були дані рішення задач про дію вибуху зосередженого заряду в безмежних масивах м'якого грунту і скельної породи, а також заряду на поверхні цих середовищ. Отримано кількісні дані про зміну параметрів вибухових хвиль з відстанню (максимальних напружень, швидкостей, залишкових і повних деформацій, зсувів, характерних часів дії хвилі і т.д.), про динаміку розширення порожнини і меж областей руйнувань і пластичних деформацій, про характер руйнувань в цих областях. Розгорнуті більш глибокі дослідження процесів розвитку тріщин в гірських породах під дією вибуху (США - Х. К. Каттер і С. Ферхёрст, 1970, Д. Р. Грін, 1971). В 1965-66 Л. І. Седовим і Садовським виведений основний закон подібності при вибуху, що дозволило порівнювати вибухи різної природи (хімічні, ядерні, вулканічні та ін.). Покровським і Федоровим в 1969 на основі законів енергетичного, кінематичного та динамічного подоби різних вибухів запропоновані поправки до формули Борескова для розрахунку величини особливо великих зарядів.

В кінці 60-х - початку 70-х рр. на основі дослідження процесів формування, поширення, відбиття і заломлення хвиль напружень в гірських породах створені різні методи управління енергією вибуху шляхом зміни порядку ініціювання та конструкції зарядів (У. Б. Морі, Канада; Р. Шоу та Г. Г. Райт, 1969, Великобританія; Ю. Броханек, 1969, ЧССР). Великий внесок у цю область внесли також Т. С. Атчісон (1968, США), який виділив основні чинники, що визначають процес руйнування гірських порід вибухом, і розробив фізичні основи методів руйнування масивів гірських порід, що враховують конструкцію зарядів, наявність і кількість вільних поверхонь, і А. Н. Браун (1968, ПАР), який створив відомий метод "postsplitting" - т.зв. гладкостінних або контурного підривання. Проводилися поглиблені дослідження сейсмічної дії вибуху, стосовно до вибухів хімічних вибухових речовин в працях Б. Дж. ГРІНЛЕНД і Дж. Д. Ноулса (1970, США), до ядерних вибухів - Д. Дж. Корбішлі (1970, США).

У наступні роки Т. Р. Буткович (1971, США) оцінено вплив міститься в гірських породах води на ефекти підземних ядерних вибухів, Р. А. Мюллером і Дж. Р. Мерфі (1971, США) вивчені сейсмічні характеристики підземних ядерних вибухів, Ф . Хольцер (1971, США) досліджені ефекти руху грунту при ядерних вибухах, що виникають при цьому пошкодження будівель і споруд та розроблено методику прогнозування таких ушкоджень. У CCCP одна з перших робіт по захисту споруд від сейсмічної дії вибуху виконана Лаврентьєвим, Кузнєцовим і Шером (1962), що запропонували використовувати захисні екрани з бульбашок повітря у воді.

Шляхом узагальнення теоретичних досліджень створюються нові методи і засоби вибухових робіт, а також впроваджуються нові Грубодисперсні вибухові речовини. Найбільш значні дослідження в цей період за кордоном виконані американським вченим М. А. Куком і шведським дослідником Р. Густафссон, книга якого з техніки вибухових робіт (1973) отримала міжнародне визнання. У CCCP в ці роки отримані кількісні закономірності про поширення хвиль напружень в гірських породах, що враховують їх залежності від акустичних властивостей гірських порід (Ханукаев, Боровиков, 1962, 1974), визначено зв'язок часу детонації заряду з часом протікання хвильових процесів в середовищі (Баранов, 1971 ), вивчені різні форми прояву дії вибуху в залежності від міцності середовища, її дефектності, енергії вибухових речовин і форми заряду (Родіонов, 1968, 1971). Роботи, що відзначають істотну роль газоподібних продуктів в процесі руйнування гірських порід з'явилися значно пізніше, ніж описують хвильовий дію. Одна з перших робіт про Розклинювальні дії газоподібних продуктів вибуху належить Демидюку (1960). Велике значення продуктам детонації, їх Розклинювальні дії відводять шведські вчені Лангефорс і Кільстрем (1968), К. Юхансон і П. Персон (1973), радянський учений Комір (1972) та ін.

Подальшим кроком у вивченні механізму руйнування гірських порід вибухом з'явилися дослідження Комір і Єфремова (1978, 1984, 1987), що дозволили експериментально оцінити частку хвиль напружень і газоподібних продуктів вибуху в загальній роботі вибухового дроблення. Виявлено вплив умов навантаження і деформації на поведінку тендітних, квазікрихкого, квазіпластічних, пластичних і в'язкопластичних гірських порід, розроблені методи прогнозування кількісних і якісних факторів їх руйнування, сформульований загальний енергетичний закон дроблення гірських порід вибухом (Мосінец, 1976).

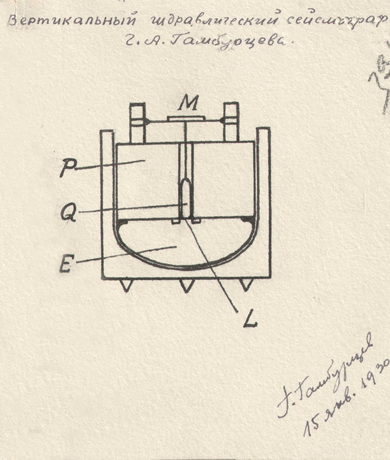
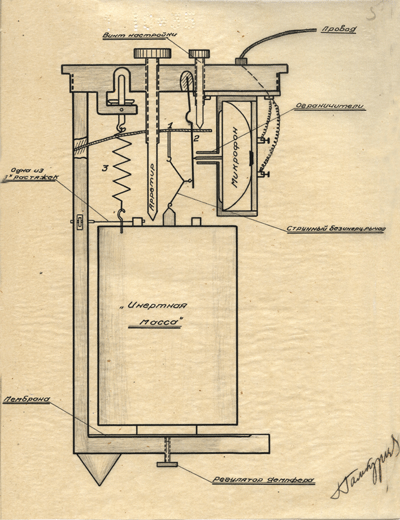
В кінці 70-х - 80-і рр. І. Ф. Медведєвим, А. Б. Абрамовим, А. П. Нефедова (1975), С. А. Ловом (1982), Н. Г. Григоряном (1985) виконані дослідження з використання вибухових кумулятивних струменів металу для перфорації обсадних труб при видобутку нафти і газу та дробленні негабариту. У 80-і рр. на основі накопичених експериментальних даних при спрямованих вибухах на викид Ромашова отримані більш точні формули для розрахунку зарядів великих підземних вибухів, що враховують вплив сили тяжіння.

У CCCP дослідження з фізики вибуху проводяться в ИФЗ Академії Наук CCCP, ІПКОН Академії Наук CCCP, Інституті гідродинаміки і ИГД CO Академії Наук CCCP, Інституті геотехнічної механіки Академії Наук УРСР, Інституті фізики і механіки гірських порід Академії Наук Киргизької CCP, галузевих НДІ, а також в університетах і гірських вузах. Проблеми фізики вибуху висвітлюються в спеціальному журналі "Фізика горіння і вибуху" (видається CO Академії Наук CCCP з 1965, 6 разів на рік), а також в періодично видаваних (з 1932) Центральним правлінням HTO "Гірське" збірниках "Вибухова справа". З проблем фізики вибуху з 50-х рр. систематично проводяться національні та міжнародні симпозіуми і конференції.

* *Найвизначніший вчений в галузі геофізики* - Григорій Олександрович Гамбурцев- один із засновників геофізичних методів дослідження Землі та розвідки родовищ корисних копалин (у тому числі нафти, газу, уранових руд), теоретик, експериментатор, конструктор і винахідник. Його ім'ям названі підлідні гори в Центральній частині Східної Антарктиди (Гамбурцеві гори), гряда і депресія в Тимано-Печерському нафтогазоносній басейні (Вал Гамбурцева), геофізичне науково-дослідне судно («Академік Гамбурцев»).

З 1921 по 1932 рр. Г.А. Гамбурцев займався питаннями оптики, гравіметрії, комплексними геофізичними дослідженнями в районі Курської магнітної аномалії. У 1932-1948 рр. він займався сейсморазведкой - апаратурними, методичними, інтерпретаційними питаннями, викладав сейсморозвідку в Московському державному геологорозвідувальному інституті (МГРІ), написав відомий підручник «Сейсмічні методи розвідки». Г.А. Гамбурцев розробив нові конструкції сейсмографів і створив їх теорію. Він запропонував також новий сейсмічний метод (кореляційний метод заломлених хвиль) для розвідки корисних копалин і сейсмічний метод глибинного зондування земної кори. Вів дослідження з вишукування методів прогнозу землетрусів: створив програму досліджень, в якій проблема прогнозу розглядалася як комплексна, що включає фундаментальні дослідження будови Землі в сейсмічно активних і спокійних районах, фізики вогнища, сейсмічності, сейсмічного режиму, сейсморайонуванні, геологічних та фізичних умов виникнення землетрусів, довгострокових і короткострокових провісників.

## «Сейсмограф». 1930 г. «Сейсмограф». 1935 г.

*Відмінні ознаки нової системи 1935р були*:

Замість масляного загасання автором введено повітряне загасання

Вертикальні переміщення вантажу передаються на мембрану мікрофона за допомогою розробленого Г.А. Гамбурцевим «струнного безінерційного важеля».

Мікрофон забезпечений обмежувачем, предохраняющем від занадто великих тисків.

Сейсмограф надавалася циліндрична форма, що дозволяє футляр приладу у вигляді склянки. Циліндрична форма футляра дозволяє занурювати сейсмограф в неглибокі (0,5 м) свердловини для запобігання від вітру і звукових хвиль і для кращого контакту приладу з грунтом. ***Сейсмічна розвідка*** (сейсморозвідка) - група методів розвідувальної геофізики, заснована на спостереженні процесів розповсюдження штучно порушуваних пружних хвиль. Використовується для вивчення будови земної кори, пошуків і підготовки до розвідувального буріння нафтоносних структур та ін. Основні методи сейсмічна розвідки: відбитих хвиль (МОВ) і заломлених хвиль (МПВ), що використовують відмінність пружних властивостей і щільності гірських порід. Застосування відбитих сейсмічних хвиль запропоновано американським ученим Р. Фессенденом в 1913 р, незалежно радянським інженером В. С. Воюцкая в 1923 р, але внаслідок значних технічних труднощів вперше реалізовано в 1928-1930 рр. Найпростіший варіант використання заломлених хвиль по методу Л. Мінтропа (німецький геофізик) (1919 р) застосовувався з 1922-1923 рр .; в сучасному вигляді запропонований в 1939 р радянським геофізиком Г. А. Гамбурцевим.

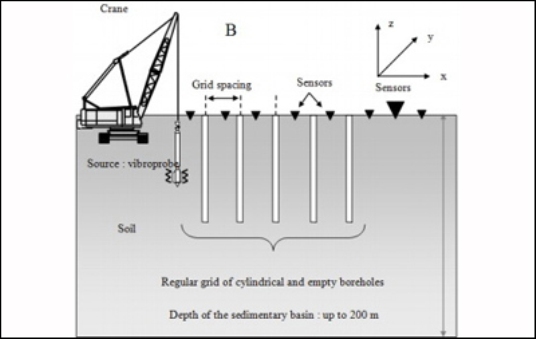
Спільно зі співробітниками МГРІ Г.А. Гамбурцев розвинув метод відпрацьовано-дені хвиль і довів його до стану промислового методу. Він запропонував і разом з найближчими співробітниками Ю.В. Різниченко, І.С. Берзон, А.М. Епінатьевой та ін. Розробив і впровадив у промисловість кореляційний метод заломлених хвиль, потім методи високочастотної і низькочастотної сейсміки, методи поперечних і обмінних хвиль, сейсмічного просвічування, метод ДСЗ, сейсмоакустические методи. У філії РГАНТД у м Самарі зберігаються заявочні матеріали на винаходи Г.А. Гамбурцева, що стосуються сейсмічної розвідки. Так, в 1936 р Г.А. Гамбурцевим був запропонований «Спосіб сейсмічної розвідки за допомогою відбитих хвиль». А.с. 50338 НКТП. Г.А. Гамбурцев запропонував запис пружних коливань виробляти так, як записуються звукові коливання в знімальної апаратури звукового кіно. На одній стрічці повинна була вироблятися одночасний запис свідчень 5-6 сейсмографів. Така сейсмограмі придатна для подальшого лабораторного виділення тих чи інших частот коливань ґрунту (фільтрації).

**Шляхи захисту споруд:**

В 2013р французькі вчені навчилися відражати сейсмічні хвилі від будівель, використовуючи для цього принцип створення плащів-невидимок.

Результати першого польового випробування такої системи описані в препринті, викладеному в архіві Корнельського університету.

Система, розроблена вченими, була побудована і випробувана на півдні Франції. Вона складається з матриці свердловин, що йдуть на глибину до 200 метрів. З однієї зі сторін матриці в глибині породи розміщувалася вібропроба, яка випромінює сейсмічні (вони ж - акустичні) хвилі з частотою в 50 Гц. З іншого боку, де повинна була знаходитися будівля, були встановлені датчики вібрацій.



Принцип будови такої системи автори запозичили у дослідників світлових метаматеріалів. Ці матеріали за рахунок своєї структури володіють незвичайними властивостями. Наприклад, за рахунок точного управління їх структурою вчені можуть створювати плащі-невидимки, - пристрої, в яких світло огинає приховуваний об'єкт.

Випробування показало, що використання сейсмічного плаща-невидимки дозволяє практично повністю відобразити акустичні хвилі і захистити таким чином будівлю. Недолік системи полягає в тому, що при її будівництві сусідні будівлі будуть приймати на себе відбиті хвилі. В якості наступного кроку вчені розглядають можливість не відражати сейсмічні хвилі, а поглинати їх в системі.