**Ремез Наталя Сергіївна. Деформування вибухом грунтів зі змінною в'язкістю з урахуванням їх взаємодії з перешкодами та елементами конструкцій: дис... д-ра техн. наук: 05.15.09 / НАН України; Інститут гідромеханіки. - К., 2004.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Ремез Н.С. Деформування вибухом ґрунтів зі змінною в'язкістю з урахуванням їх взаємодії з перешкодами та елементами конструкцій. - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 -механіка ґрунтів та гірських порід. - Інститут гідромеханіки НАН України, Київ, 2004.  Здійснено розвиток моделі ґрунту як твердого пористого багатокомпонентного в'язкопластичного середовища зі змінною в'язкістю і встановлено межі її застосування. Отримані основні закономірності формування хвильових процесів у ґрунтах зі змінною в'язкістю при наявності в них перешкод і елементів конструкцій під дією вибухових і ударних навантажень, що дозволяє розробляти науково обґрунтовані методики розрахунку раціональних параметрів зарядів при проведенні підривних робіт у різних галузях народного господарства та при виконанні спеціальних робіт поблизу різних перешкод, елементів конструкцій і споруд. Подальший розвиток одержав чисельний метод скінченних різниць стосовно до розв'язання початково-крайових задач, що дозволило в рамках єдиного підходу об'єднати високу ефективність чисельних процедур з фізичною наочністю отриманих результатів. На основі розв'язку задач про взаємодію ударних хвиль з елементами конструкцій у ґрунтових середовищах установлені та обгрунтовані нові фізичні ефекти: явища відколу ґрунту від конструкцій і між шарами шаруватої оболонки, наявність точок "пучності" у системі "оболонка-підкріплюючий елемент", відхилення від симетричності форми хвилі при ініціюванні детонації з торця циліндричного заряду скінченної довжини. Розроблені авторкою методики, алгоритми та програми розрахунків динамічної поведінки грунтів і розміщених у них перешкод і елементів конструкцій пройшли успішне випробування і впровадження. | |
| |  | | --- | | Дисертаційна робота є закінченою науковою працею, в якій розв'язана важлива науково-прикладна проблема динамічного деформування ґрунтів та гірських порід зі змінною в'язкістю з урахуванням їх взаємодії з перешкодами та елементами конструкцій, забезпечуючи високий рівень наукового обґрунтування та безпечне застосування технологій підривних робіт поблизу різних перешкод і елементів конструкцій.  Основні наукові та практичні результати, висновки й рекомендації, які отримані при виконанні досліджень і впровадженні результатів дисертації:   1. Аналітичний огляд відомих джерел показав, що одним із перспективних напрямків підвищення економічної ефективності технологій створення нових властивостей і розробки ґрунтів та гірських порід є використання енергії вибуху хімічних ВР. Проте широке застосування таких технологій, у тому числі й при виконанні спеціальних робіт поблизу різних перешкод і будівель стримується, оскільки відомі обґрунтування зон впливу дії вибуху та параметрів підривних робіт базуються на спрощених модельних уявленнях про поведінку ґрунтів і їх взаємодію з перешкодами та елементами конструкцій: неврахування змінності в'язкості ґрунту під час процесу деформування; неврахування зв'язаності полів термодинамічних параметрів ґрунтів і навколишніх споруд; у багатьох важливих практичних випадках застосування вибуху спостерігається неодновимірність руху середовища, що не враховується в розрахунках; немає обґрунтувань нелінійних ефектів - великих зсувів елементів конструкцій, порушення цілісності середовища, відриву ґрунту від конструкцій тощо. Відсутність розв'язків відповідних складних початково-крайових задач з урахуванням цих властивостей і ефектів унеможливлювало створення науково обґрунтованих методик розрахунку параметрів динамічного стану ґрунтів, елементів конструкцій і сейсмобезпечних параметрів підривних робіт поблизу різних перешкод і будівель. Зазначені складні теоретичні та прикладні питання в єдиному комплексі відображають суть даної проблеми. 2. Здійснено розвиток моделі ґрунту як твердого пористого багатокомпонентного в'язкопластичного середовища зі змінним коефіцієнтом об'ємної в'язкості при динамічних навантаженнях. Установлено якісні та кількісні відмінності в динамічному деформуванні ґрунтів, досліджуваних у рамках моделей зі змінним і постійним коефіцієнтом в'язкості. Для одного і того ж самого значення коефіцієнта в'язкості в середовищі з постійною в'язкістю максимальна об'ємна деформація більша, а залишкова деформація менша, ніж у середовищі зі змінною в'язкістю. Час запізнювання максимуму деформації стосовно максимуму тиску в середовищі зі змінним коефіцієнтом в'язкості значно більший, що й обумовлює появу значних залишкових деформацій. Втрати енергії в середовищі зі змінною в'язкістю, що йдуть на стиск, значно більші. Зі збільшенням швидкості навантаження відбувається зменшення і, як наслідок, зменшення значень і . 3. Уперше сформульовано та розв'язано клас осесиметричних одновимірних і двовимірних задач нестаціонарної взаємодії ґрунтів зі змінною в'язкістю з неоднорідностями й елементами конструкцій при одночасному врахуванні нелінійних факторів: ударні хвилі великої інтесивності в середовищах; багатокомпонентний склад, в'язкопластичні властивості ґрунту; скінченні прогини і необоротні формозміни елементів конструкцій; ускладнені контактні умови на нестаціонарних областях; зв'язаність полів динамічних величин взаємодіючих середовищ. 4. Здійснено модифікації відомих різницевих схем, що розширюють їхні можливості для чисельного розв'язання одновимірних і двовимірних нелінійних зв'язаних задач нестаціонарної взаємодії ударних хвиль з елементами конструкцій і навколишніми та внутрішніми ґрунтовими середовищами. Розроблено нові чисельні методики й алгоритми, адаптовані до особливостей розглянутого класу задач, що забезпечують одержання розв'язків в рухомих областях з виділенням контактних границь і виконання розрахунків як на гладких плинах, так і на розривах. Запропоновано ефективну методику перерахування різницевої сітки при наявності виродження осередків внаслідок великих деформацій. 5. Уперше отримані нові розв'язки задач про взаємодію ударних хвиль з однорідними, шаруватими і мерзлими ґрунтами під час камуфлетних вибухів сферичних і циліндричних зарядів з комплексним урахуванням нелінійних ефектів: змінного коефіцієнта об'ємної в'язкості, вільної пористості, шаруватості ґрунту, уведення четвертого компонента (льоду). Теоретично встановлено, що введення змінної в'язкості приводить до зменшення відстані поширення фронту хвилі під час вибухів зарядів різної симетрії, причому з віддаленням від заряду сильніше проявляється відставання фронту в порівнянні з фронтом хвилі для моделі з постійною в'язкістю. На однакових відносних відстанях у ґрунті з постійною в'язкістю максимальні тиски в 1.1…2.1 разу більші, а й у 1,02…1.33 разу менші, ніж у ґрунті зі змінною в'язкістю, причому зі збільшенням ці розбіжності збільшуються. Хвиля напружень у середовищі зі змінною в'язкістю згасає швидше внаслідок значних енергетичних втрат, зв'язаних з деформуванням середовища.   Показано, що використання моделі ґрунту зі змінною в'язкістю під час вибухів зарядів дозволяє правильно описувати основні закономірності відбиття і заломлення хвиль у шаруватому ґрунтовому масиві, а при введенні в рівняння стан четвертого компонента (льоду) - високошвидкісні динамічні процеси в мерзлому і талому ґрунтах.   1. Уперше в результаті чисельного розв'язання задач про вибухи циліндричних зарядів ВР у ґрунті поблизу нерухомої перешкоди й у циліндричній оболонці з пористим ґрунтовим заповнювачем доведено, що спостерігаються “відкольні” явища, які проявляються в появі від'ємних тисків, зменшенні щільності ґрунту, утраті його міцнісних властивостей, відриві ґрунту від конструкції. Установлено, що збільшення 1веде до більш інтенсивного розмивання ударних хвиль, до збільшення тривалості наростання й спадання тиску, зменшення його амплітуди, до зменшення величини і кількості повторних піків, збільшення часу дії відколів і їхньої кількості. Виявлено, що найбільша амплітуда коливань досягається при відбитті хвилі від мідної, потім від алюмінієвої оболонок, найменша – від перешкоди; найбільше розущільнення ґрунту спостерігається при відбитті хвилі від нерухомої перешкоди. Установлено, що, незважаючи на різницю величин початкової щільності ґрунту (близько 20%), у результаті ударного впливу в обмеженому об'ємі різниця величин кінцевих щільностей не перевищила 5%, що може бути використано в практиці технологій створення різних пористих багатокомпонентних матеріалів з новими фізико-хімічними властивостями методом вибухового впливу у вибухових камерах. Показано, що наявність пористого ґрунтового заповнювача значно знижує параметри ударних хвиль під час вибуху заряду ВР у товстостінній оболонці і дозволяє уникнути руйнування навіть при близькому розташуванні її до заряду. 2. Уперше розв'язані задачі про нестаціонарну взаємодію продуктів детонації з твердим пористим багатокомпонентним в'язкопластичним середовищем зі змінним коефіцієнтом об'ємної в'язкості під дією вибуху циліндричного заряду скінченної довжини при миттєвій хвильовій детонації і при реальній детонації при ініціюванні заряду в центрі одного з торців. Установлено закономірності зміни напруженно-деформованого стану продуктів детонації і ґрунту в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту і геометричних розмірів заряду. Зі зменшенням вільної пористості ґрунту фронт ударної хвилі поширюється швидше, і зі збільшенням часу ця розбіжність збільшується. У напрямку радіальної координати відбувається випереджений розвиток фронту, тобто циліндричний фронт вироджується у сферичний. Простежено вплив відношення довжини заряду до його радіуса: чим менше це відношення, тим швидше відбувається трансформація циліндричного фронту у сферичний. 3. Розроблено методику чисельного розв'язання у зв'язаній постановці двовимірних нелінійних задач нестаціонарної взаємодії тонкостінних гладких і підкріплюючих елементів конструкцій зі стисливими середовищами. Методики ґрунтуються на варіаційно-різницевому методі розв'язання задач динаміки в'язкопластичного середовища й оболонкової конструкції у рухливих сітках. Запропоновано різницеві співвідношення для апроксимації диференціальних рівнянь руху елементів конструкцій і середовищ. 4. Проведено дослідження реакції пружнов'язкопластичної з лінійним кінематичним зміцненням циліндричної гладкої і підкріпленої шпангоутами оболонки, що описується в рамках теорії Тимошенка, жорстко затисненої на кінцях, на дію розподіленого ударного навантаження, прикладеного до її поверхні. Установлено, що прогини в підкріпленій оболонці в різні моменти часу менше прогинів гладкої оболонки на 11…25%. Збільшення кількості підкріплюючих елементів (від одного до п'яти) веде до зменшення величини прогинів системи в 1.4..1.9 разів. Уперше встановлено, що в системі «оболонка – підкріплюючі елементи» існують певні точки, при розміщенні в яких ребра спостерігається збільшення прогину системи. При незначному зсуві розташування ребра спостерігається зменшення прогинів. Ці точки є точками «пучності» системи. Цей факт переконливо свідчить про необхідність проведення попередніх розрахунків для поліпшення конструкційних властивостей системи "оболонка -підкріплюючі елементи". 5. У зв'язаній постановці розв'язана задача про взаємодію тонкої циліндричної оболонки з навколишнім ґрунтовим масивом при внутрішньому вибуховому навантаженні. Установлено закономірності динамічного деформування оболонки та ґрунту. Показано, що вплив тиску на внутрішню поверхню оболонки носить аперіодично згасаючий у часі характер, обумовлений дисипацією енергії, що йде на пластичне деформування оболонки. При цьому деформація коливається в часі при зростанні її амплітуди. У ґрунті тиск змінюється шпилясто, має ділянки нульового тиску, що відповідають "відкольним" явищам ґрунту, що спричиняють появу і ріст величини зазору між поверхнею оболонки і межею ґрунту, що відірвався. 6. Уперше досліджена нестаціонарна взаємодія циліндричної оболонки з ударними хвилями під час вибуху сферичного заряду в ґрунтовому масиві. Установлено, що в залежності від відстані від заряду до лобової точки на серединній поверхні оболонки вона може знаходитися як у пружній, так і в пластичній області, що спричиняє її руйнування. 7. Проведено чисельне дослідження напружено-деформованого стану шаруватої циліндричної оболонки в ґрунтовому масиві під час вибуху щілинного циліндричного заряду різних ВР з урахуванням зв'язаності динамічних полів. Установлено, що для руйнування оболонки необхідна менша питома витрата тротилу в порівнянні з питомою витратою амоніту 6-ЖВ. На основі обробки графічних залежностей отримані аналітичні залежності максимальної швидкості від відстані для вибухів цих ВР у глині, що дозволяють розраховувати сейсмобезпечні відстані від осередку вибуху. 8. Зіставлення результатів чисельних розрахунків з експериментальними і розрахунковими даними інших авторів показало ефективність розроблених чисельних методик. | |