УДК 624.39.329

N. S. Remez, doctor of technical sciences, Y. S. Yashchenko (NTUU «KPI»), S. A. Kraychuk (Rivne State Humanitarian University)

METHODSFOR DETERMINATION OF SEISMIC SAFE PARAMETERS OF THE EXPLOSION WORKS AND IT PROGRAMM REALEZATION

A package of applied programs was alaborated, which allows conducting the calculation of seismic stability of protected object for the specific conditions of the explosion with the possibility of rapid adjustment of blasting parameters was developed.

Keywords: seismic safety, seismic blast waves, explosion, cylindrical charges, protected objects, amplitude-frequency spectrum, numerical simulation.

Розроблено пакет прикладних програм, який дозволяє проводити розрахунки сейсмостійкості споруди, що охороняється, для конкретних умов проведення вибуху з можливістю оперативного корегування параметрів вибухових робіт для забезпечення сейсмобезпеки об'єкта.

Ключові слова: сейсмостійкість, вибух, охороннів об'єкти, швидкість коливань, чисельне моделювання.

Разработан пакет прикладных программ, позволяющий проводить расчеты сейсмостойкости охраняемого сооружения для конкретных условий проведения взрыва с возможностью оперативной корректировки параметров взрывных работ для обеспечения сейсмобезопасности объекта.

Ключевые слова: сейсмостойкость, взрыв, охраняемые объекты, скорость колебаний, численное моделирование.

Introdaction. With the increase of mining operations and the approaching of career fields to protected objects in practice the question of their seismic safety gets up sharply. This situation puts the researcher's simultaneously two priority tasks - providing quality crushing of rocks and seismic safety of buildings during the explosion works.

The theory of seismic stability of buildings is widely developed to estimate natural impact of earthquakes which explains the presence of a number of application programs, such as ABAQUS, STARK ES, MIDAS/CIVIL, StructureCAD (SCAD), Micro FE, JIMPA, etc. Calculation of seismic loadings in these programs is implemented based on the finite element method and the spectral method of theory seismic stability theory. Because of the difference in frequency-temporal parameters of the waves from earthquakes and explosions this does not solve the question of the seismic safety of objects determining under explosive loads.

The purpose of work is development package of applied programs for the operational calculation of seismic safety parameters of explosion works.

Exposition of basic material. On the basis of algorithms it was developed an application program package in the programming language Delphi. The algorithms are based on mathematical modeling regularities of seismic explosive waves

ropagation in the ground massif and their interaction with the buildings [1 - 4]. Application program package is composed of three programs for solving consistently associated with each other tasks: 1) the calculation of the parameters of seismic explosive waves under the explosion of cylindrical charge in a ground massif or rock; 2) the calculation of seismic explosive waves under the explosion of the group cylindrical charges at instantaneous or short-delay demolition; 3) the calculation of the falling seismic explosive waves with the base of a protected object.

The task is selected in the main window of program (Fig. 1).

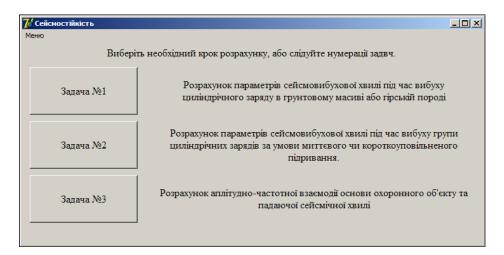


Fig. 1. The main window of the work program

In first task camouflet explosion of cylindrical charge explosive substance in the ground mass is numerically calculated. Thus the motion of ground and detonation products are studied in the framework of mechanics of continuous medium. Selection of medium model is carried out depending on the soil kind in which explosion occurs. For the rocks relation between stress and deformation is investigated on the basis of the incremental theory of plasticity. The generalized Hooke's law for isotropic material is valid in an elastic zone. In the case of plastic deformation connection with the corresponding stress is recorded with using of the energy conditions of strength. Soil is simulated by solid porous visco-plastic medium [1]. Selection of medium is carried out in entry window (fig. 2) and set by pressing the «task $N_{\text{P}1}$ » in the main program window or using the drop-down menu of the main window Menu \rightarrow Task $N_{\text{P}1}$.

The input data are the physical and mechanical characteristics of the soil near the source of the explosion, the detonation characteristics of explosives, the parameters of the charge's structure. As a result of numeral experiment we receive an array of the basic parameters of seismic explosive waves (stresses, velocity, time of wave coming, time of the maximum impulse coming and duration), which depend on the time and the relative distance. In a software implementation results in form of arrays of data are saved in separate files and processed by the least squares method for obtaining analytical dependences that are needed to solve the second task.

At this stage the input parameters are: the number of charges, the distance between them and to the free surface, the delay interval. There is a possibility of simultaneous demolition or introduction of the delay interval, which is different for each charge.

• Грунт (3-х компонентне середовище)		С Гірська попрода
Пористий Рідкий Вміст компонентів: 0 0 Шільність, кг/м3: 0 0 Швидкість, м/с: 0 0 Показники ступеня для ріякиня титу Тета: 0 0	Твердий 0 0 0 0	Щільність, кг/м3; 0 Модуль Юнга, Па: 0 Модуль зсуву, Па: 0 Коефіціент Пуассона: 0 Границя міцності, Па: 0
Вязкість: Зчеплення грунту: Коефіцієнт тертя: Граничне значення міцності зсуву: Радіус заряду, м: Атмосферний тиск, Па		Початкова щільність вибухової речовини, кг/м3: 0 Коефіцієнти в рівнянні розширення продуктів детонації A = 0 B = 0
Тиск в продуктах дитонації, Па: Щільність продуктів детонації, кг/м3:	0	Показник політропи: 0 Показник ізоентропи: 0
Розрахунок	1	Виніц

Fig. 2. The window of data entry for task about the explosion of the cylindrical charge in a soil massif

Moreover it is necessary to set the time moment of the output of the wave process parameters and the grid size covering the computational domain. Fig. 3 shows the data entry window.

7∕ Задача №2			
	Коефіцієнти для опису залежностей Очистити відстаней для:	і від приведе	них
Відстань між зарядами, м: 2		K	M
Відстань до вільної поверхні, м: 4	Нормального напруження:	470	-1,07
 Всі заряди мають однаковий час уповільнення Заряди мають різний час уповільнення 	Дотичного напруження:	258	-1,07
	Максимальної швидкості:	2 100	-1,27
Час уповільнення заряду № 2, мс:	Часу приходу початку імпульсу в точку:	1,3	1,73
ОК Очистити	Часу приходу максимального значення імпульсу в точку:	2,37	1,58
	Тривалості дії імпульсу:	5,2	1,5
Момент часу, с: 0,05	Радіус заряду, м:	0,1	
Величина сітки п*п, м: 25 Визначення максимальної швидкості в заданій точці Вісь Х, м: 0 Вісь Ү, м: 0	Редагувати Зберегти	Відмінит	и
Максимальний час оцінки, с: 0	Завантажити результати Задач	пин з файлу	
Розрахунок	Вихід		

Fig. 3. The entry window of data for the explosion group cylindrical charges in soil massif task

Figure 4 shows the output window of the results for this task, which contain four insets: for stresses and velocity of two components. Maximum values of all the calculated values is shown in the upper part of the window. The fields of the output values are represented as colored areas that are limited by isolines. Color and number of isolines can be set in the main window in the tab of menu «Configuration».

Functional dependence of falling seismic wave which interacts with the protected object is recorded based on the obtained dependence of the maximum velocity (horizontal components) on a distance. Oscillation of the object is regarded as motion a homogeneous solid body in rectangular form which is placed in an elastic medium by the action of falling seismic wave. The task is limited by consideration only translational motion of the body. Motion of a solid rectangular body is described by center of mass displacement, ground motion is determinated by dynamic Lame's equation.

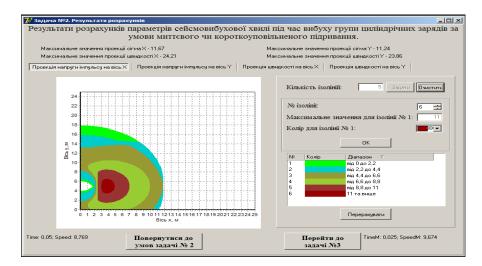


Fig. 4. The output window of the results for the task about the explosion of cylindrical charge group in soil massif

For the numerical solution of the task ordinary differential equation is obtained, which is solved by the fourth order Runge-Kutta method.

The input parameters are the linear size of the object, its inertial characteristics, soil's physical and mechanical properties, the angle of a falling wave, the distance to the epicenter of the explosion.

The results of calculation are graphical dependences of displacement and vibration velocity of the object base on the time. By the resulting graph the maximum speed of vibrations and compared with those given in the window of program acceptable standard values vibration speed can be determined. Fig. 5 a, b shows data entry and output of results windows respectively.

It is possible to give recommendations to increase or decrease the scale of explosion work depending on the results of the comparison and repeat calculation of seismic stability of the object for the new selected parameters. Thus it is possible to vary parameters of charge, type explosives, detonation conditions. It should be noted that it will be necessary to recalculate only the second and third tasks.

The algorithm for calculating the seismically safe parameters of explosion is repeated until there will not be achieved the necessary rational values of them.

Conclusions

Thus the developed methodology and software package for the numerical experiment to establish the seismically safe parameters of explosion work near protected objects has a number of advantages over the natural experiment. Firstly it is less resource-intensive and costly. Secondly it allows to obtain results for different initial conditions quickly and can be used for mining enterprises that use explosive technology and located close to protected buildings.

Задача №3						
Ширина основи об'єкту Н (вздовж осі х), м	10	Швидкість повздовжньої хвил	і (а) м/с [.]		F	200
		Швидкість поперечної хвилі (І				000
Довжина основи об'єкту L (вздовж осі у), м	10	швидкість поперечної хвилі (с	у, м/с.		1 -	000
		Показник співвідношення шви	дкостей,	(b/a):		0,58
Співвідношення сторін, s = L/H:	1	Кут падіння хвилі, е:				90
		Кут падани явля, с. Відстань до місця вибуху, м:				000
Масса одиничної товщини, т (кг/м2)		Бщетань до місця вноуху, м.				000
		Маса заряду, кг:			1	000
Щільність грунту, кг/м3	0	Радіус заряду, м:				0,1
		Довжина заряду, м:				6
Показник інерційності основи об'єкту, n	0	Щільність заряду вибухової ре	човини,	кг/м3:		850
		Період коливань в падаючій х	вилі, с:			_
Розрахунок		Вихід				
	6	u)				
еконендації Залежність швидкості коливання (м/с) скюви об'єкту від часу		 4704-2009 "Проведення промисл безпечки вы швидкість колпазна груги під час 6 	aratopasor			йсмічн
Залежність швидкості коливання (м/c)	Допуст	безпеки	" iaratopasor оруд	вих вибухі	ів біля фу	йсмічн ндамен
Залежність швидкості коливання (м/c)		безпеки ма швидкість коливань грунту під час б	" јагаторазов оруд Допус	зих вибухі стима шви пч за клас	ів біля фу	йсмічн ндамен
Залежність швидкості коливання (м/c)	Допуст Катего- рія буді-	безгіски ма швидкість коливань грунту під час б будівель і сп Конструктивні особливості будівель	" јагаторазов оруд Допус	зих вибухі стима шви пч за клас	ів біля фу акість кол сами бидів	йсмічн ндамен
Залежність швидкості коливання (м/с) снови об'єкту від часу	Допуст Катего- рія буді- вель і споруд	безпеная ма швидыёть колпанат гругиту під час будваль і сп Комструктивні особливо-сті будваль споруд та ізмій стан Каркасні будвай мають пошкодження в	" іагаторазог оруд Допус грун	зих вибухі стима шви пу за клас споруд	ів біля фу акість кол сами будів а, см/с	йсмічн тадамен швань іель і
Залежність швидкості коливання (м/c)	Допуст Катего- рія буді- вель і споруд	безпена ма швидність колизан групну під час будівсть і ст Конструктивні особливості будівсть споруд та ізній стан Кармасні будівлі макла пошкодметня в арховнік мак. у 2 манортного	" iaratopasor pруд Допус грун П	зих вибухі стима шви пу за клас споруд	ів біля фу акість кол сами будів а, см/с	йсмічн тадамен швань іель і
Залежність швидкості коливання (м/с) снови об'єкту від часу	Допусп Катего- рія буді- вель і споруд	безпекия ма шивидысть коливан групту під час будваль і сп Конструктивні особливості будваль споруд та Ізній стан Каркасні будвалі мають поциодікення в заповновська, трішня і саркасі і корозо заповновська, заповно стана ст заповнов сарка заповно по в ст за седина станома з целяної або кал'яв	" iaratopasor opyд Допус грун II II	зих вибухі стима шви спорус III 3.0	ів біля фу акість кол сами будів а. см/с IV 5.0	йсмічн ндамен ивонь юль і
Залежність швидкості коливання (м/с) снови об'єкту від часу	Допуст Катего- рія буді- вель і споруд	Geaneeus ма швицысть коливан гругит піц час будваль і сп Конструктивні особлико ст будваль споруд та імпій стан Каркасні будвал мають поциодження в заповнома, трішана в каркасі і короза заповном сарабо за монолито стана ст запеценана станома з цепляної або кайтав З пецуання станома з цепляної або кайтав	" iararopasor ppyд i Лопус груг II II 1.5 1.5	анх вибухі тима шви ту за клас спорус III 3.0 2.0 0.4	ів біля фу акість кол али бодіа а, см/с IV 5.0 2.0 0.4	йсмічн эндамен нель і V 7.0
Залежність швидкості коливання (м/с) снови об'єкту від часу	Допуст Катего- рія буді- вель і споруд	безпекия ма шинцайсть колнанат групту піц час б Судіволь і сп Конструктивні особливості будівель споруд та Бинй стан Кари аси буді нають пошкоанення в запоснованая, трация в с пракаї і корозно сталяви кара-асіє. З моноптиото залазобитога помоти в на напат працана в ста залазобитога помоти в на напат працана в на от клади з алищи свік да серонації не наота клади залищи свік да серонації не наота	" iaratopasor pyyд Допус грун П П 1.5 1.6 iaratopasor pyyд	анх вибухі ттича шен тту за клас споруд 111 3.0 2.0 0.4 анх вибухі	ів біля фу акість коло зами балів а, см/с IV 5.0 2.0 0.4 ів біля фу	йсмічн ндамен юль і V 7.0
Залежність швидності коливання (м/с) снови об'єкту від часу	Допуст Катего- рія буді- вель і споруд	безпеки ма швицкість колнанаг групту піц час будіволь і сп Конструктивні особливо сп будівель споруд та імній стан Карь азі будів могу, пошока спору сталевик адеасіє. З молотитого алабобетов у могу, пошока с от алабобетов у могу по с от алабобетов у могу, пошока с алабобетов у могу, пошока с от алабобетов у могу от от от от от от от от алабобетов у могу от о	а агаторазог уруд уруд Попустиче агаторазог грун П 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 Сопустиче класа	вих вибухі тина шен спорус порус и и и и и и и и и и и и и и и и и и и	ів біля фу акість коло зами будів а, см/с IV 5.0 2.0 0.4 iв біля фу ъ коливан ь і споруда	йсмічн ндамен івлань іель і V 7.0 ндамен ь грунту с см/с
Залежність швидкості коливання (м/с) снови об'єкту від часу	Допуст Катего- рія буді- вет пі споруд 3 Допуст	безпеки ма швицкість колнанаг групту піц час будіволь і сп Конструктивні особливо сп будівель споруд та імній стан Карь азі будів могу, пошока спору сталевик адеасіє. З молотитого алабобетов у могу, пошока с от алабобетов у могу по с от алабобетов у могу, пошока с алабобетов у могу, пошока с от алабобетов у могу от от от от от от от от алабобетов у могу от о	а агаторазог зруд П 15 1,5 1,5 1,0 агаторазог Удотустинк Класа	анх вибухі стина шан споруд споруд 111 3.0 2.0 0.4 анх вибухі а шендкіст а шендкіст одивань пр одивань пр	ів біля фу акість кол зами будів, см/с IV 5.0 2.0 0.4 ів біля фу ь коливан ь і спорудугу біля элі, Гц	йсмічн ядамен юль і V 7.0
Залежність швидкості коливання (м/с) скови об'єкту від часу	Допуст Катего- рія буді веть і споруд З Допуст	Селтения ма инициа́сть колпанат групти па час (<u>Symbons</u> ten Koncepychilden колонирования споруд та ізмий стал Карисания споруд та ізмий стал колонирования споруд та ізмий стал колонирования споруд та ізмий стал споруд та ізмий	а атагоразор рууд а атагоразор рууд П атагоразор уруд Астустики класса Частота ко 3-5	анх вибухі тина шан ту за клаз спорус ПІ 3.0 2.0 0.4 з шендкіст а шендкіст будіве 5-10	ів біля фу акість кол зання бадів а, см/с ІV 5.0 2.0 0.4 в біля фу ь Коливан в біля фу ь Коливан в біля фу ь Коливан в біля фу 10-20	йсмічн наамен іель і V 7.0
Залежність швидкості коливання (м/с) скови об'єкту від часу	Допусп Катего- рія буді- вель і споруд З Допусп Позиція на рисунку 1	Селтена Селтена Карнали иницијсть коливана групну пра час Судивана ста Конструктивн особливост будивања споруд та јиний стан Карнали Суди и јиније и водакај с је одово станење кара осе за неколитето оталеми кара осе за селото со селото станење кара осе за селото со селото талеми кара осе за селото со селото талеми кара осе за селото со селото о нали селото за селото со селото о нали селото за селото со селото о нали селото за селото селото о нали селото селото селото селото о нали селото селото селото селото о нали селото селото селото селото селото о нали селото селото селото селото селото о нали селото селото селото селото селото селото о нали селото селото селото селото селото селото селото о нали селото селот	а агаторазог зруд П 15 1,5 1,5 1,0 агаторазог Удотустинк Класа	анх вибухі стина шан споруд споруд 111 3.0 2.0 0.4 анх вибухі а шендкіст а шендкіст одивань пр одивань пр	ів біля фу акість кол зами будів, см/с IV 5.0 2.0 0.4 ів біля фу ь коливан ь і спорудугу біля элі, Гц	лядамен інпань іюль і V 7,0 лядамен ь грунту сом/с 20-3
Залежність швидкості коливання (м/с) скови об'єкту від часу	Допуст Катего- рія буді вель і споруд З Допуст Позиція на рисунку 1	безпекия ма швицыйсть колпанат руунт піц час б	а атагоразор рууд а атагоразор рууд П атагоразор уруд Астустики класса Частота ко 3-5	анх вибухі ттича шви горуд споруд споруд споруд 3.0 2.0 0.4 3.0 2.0 0.4 анх вибухі а швидкіст мий будівс 5-10 3.6 - 5.1	ів біля фу акість кол зання бадів а, см/с ІV 5.0 2.0 0.4 в біля фу ь Коливан в біля фу ь Коливан в біля фу ь Коливан в біля фу 10-20	йсмічн ждамен іюль і V 7.0
Залежність швидкості коливнання (м/с) снови об'єкту від часу	Допуст Катего- рия буда вопуст споруд 3 Допуст Позиція на рисунку 1 2	безпекия ва швицайсть колпанат групти па час будвель і сп Конструктивні особитают будвель споруд та Ізній стан Карьські будвелі мають пошкодлення в параборгону параборного аласовати параборного аласования параборного запасарити параборного организация ва швицайсть коллизан будвали і ст будвали і споряди з запасаротични із Будівлі та споряди з запасаротични із	а атагоразолорууд атагоразолорууд Полуструн чах. атагоразолорууд Полустиенски класа Частота ко 3-5 1.8 - 3.6	анх вибухі ттича шви горуд споруд споруд споруд 3.0 2.0 0.4 3.0 2.0 0.4 анх вибухі а швидкіст мий будівс 5-10 3.6 - 5.1	ів біля фу акість коло замня бадіація а, см/с IV 5.0 2.0 0.4 ів біля фу ь колкван в і спорядня біля фу 10-20 5.1 - 5.2	йсмічн веронь ель і V 7.0
Залезність пвидості коливання (м'с) снови об'єкту від часу	Лопуст Катего- работ вольта споруд З Допуст Позвија на рисуму 1 2 3	безпекая ва шанцайсть колпанат групт при час буданов с с Конструктивно собитаю сто будановь сторуд та Бинй стан Карсано (дайа) издота Бинй стан Карсано (дайа) издота Биний стан Карсано (дайа) издота Бинисански сторуд та Биний стан Карсано (дайа) издота Бинисански сторуд та Биний стан Саронасьское (ромаськое призначения) о) размоче соби доброднации не котор оторатов и соби с собродна и при с обще с собита с собрада и при сторика Будавота і сторуди з залізобогонным сарговськое с расусика сторикана і с Будавота і спореди з залізобогонным сарговськое провесское от призначенных Карсано с провесское от призначенных Карсано с провесское от при с Будавота і спореди з залізобогонным сарговськое провесское от при на конськи вительної сладии	а аторазог эруд пруд п 1.5 1.5 1.0 агаторазог уруд Частота ко 3.5 1.8 - 3.6 1.15 - 2.15	анк хинбухі стича шанатуз за клас споруд споруд 2.0 0.4 3.0 2.0 0.4 вих хинбухі а шандкіст а шандкіст а шандкіст 5.10 3.6 · 5.1 2.15 · 2.9	is білх фу акість коло зани бадіа 1, см/с 1V 5.0 2.0 0.4 15.0 2.0 0.4 16 білх фу 5 коливань 16 спорудну біла 10-20 5.1 - 5.2 2.9 - 3.1	йсмічня назмення кель і V 7.0 надаменн ь грунту ц. см/с 5.2 3.7

Fig. 5. Data entry window (a) and output of results solution of the task about the interaction of seismic explosive waves with the protected object basis window (b)

References

1. Luchko I.A. Mathimatical simulation of the explosive action in the grounds and rocks / I.A. Luchko, N.S. Remez, A.I. Luchko. K.: NTUU "KPI", 2011. - 264 p. [in Ukrainian]

2. Remez N.S. Estimation of seismic safety from data of simulation of waves interaction processes at the short slow explosing of cylindrical charges / N.S. Remez, V.V. Boyko, Yu.S. Yaschenko // Problems of labour protections. – 2009. - Is. 17. – P. 41–48. [in Russian]

3. Remez N.S. Simulation of processes of wave fields interaction at cylindrical charges explosions in rocks / N.S. Remez, V.V. Boyko, Yu.S. Yaschenko // Announcer of National technical university of Ukraine "KPI", serya "Mountain business". – 2009 –№18. – P. 10–17. [in Russian]

4. Remez N.S. Seismic firmness of the guarded building at interaction of superficial seismo-explosive wave with his foundation // Announcer of National technical university of Ukraine "KPI", serva "Mountain business". $-2011 - N_{2}20 - P$. 86–92. [in Russian]

Стаття надійшла до редакції 28.06.2013 р.