

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

У роботі запропоновано новий автоматизований підхід та наведено детальний опис розробленої програми для розв'язання типових задач цивільного захисту з оцінки радіаційної обстановки, розрахунку осередку зони ураження, визначення коефіцієнта ослаблення багатопшарового перекриття, визначення можливої дози опромінення населення і особового складу формувань цивільного захисту, а також визначення допустимої тривалості перебування людей на зараженій місцевості. Розроблений програмний продукт дає можливість визначити межі зон руйнувань, розміри зон пожеж, автоматично побудувати схему осередку ядерного ураження, визначити надмірний тиск на території об'єкту, ступінь руйнувань елементів об'єкту, площі зон руйнувань, в яких опинився об'єкт, кількість та втрати населення в зоні руйнувань у відповідності із стандартною методикою. За результатами проведених досліджень встановлено, що розроблений програмний продукт пришвидшує розв'язання типових задач цивільного захисту з оцінки радіаційної обстановки приблизно в 10 разів та збільшує точність розрахунків на 10 % у зв'язку із відсутністю заокруглень при проведенні обчислень. Крім того, така програма може використовуватись для спрощення перевірки викладачами практичних робіт студентів при їх вивченні дисципліни «Цивільний захист». Описана програма може використовуватись не лише в межах вивчення дисципліни «Цивільний захист», але й відповідними спеціально уповноваженими органами виконавчої влади з питань цивільного захисту для швидкого та точного проведення оцінки радіаційної обстановки та розрахунку доз опромінення населення в регіонах.

Ключові слова: цивільний захист, програмне забезпечення, оцінка радіаційної обстановки, дози опромінення, рівень радіації, коефіцієнт ослаблення радіації, ядерне ураження.

I. S. SOKOLAN, K. A. PARSHENKO

Khmelnytskyi National University

ANALYSIS OF CHANGES IN REGULATION OF NATURAL ILLUMINATION IN ACCORDANCE WITH STATE CONSTRUCTION REGULATIONS

This paper presents a novel automated approach and describes in details developed software for problem solution of typical tasks of civil defence concerning assessment of the radiological situation, calculation of impact zone center, determination of transmission factor of multilayered inter-floor covering, determination of potential irradiation exposure of the population and civil defence personnel assets, along with determination of possible duration of people presence on contaminated ground.

Developed software confers a possibility to determine borders of destruction zones, dimensions of fire areas, automatically construct a graph of nuclear destruction center, areas of destruction zones, determine excessive pressure on the territory of the object, destruction level of object elements, areas of destruction zones, in which the object is located, population number and deaths within destruction borders in accordance with standard methodology. Based on carried out research findings it was determined that developed software boosts solution of typical civil defence problems concerning assessment of the radiological situation approximately by ten times and increases computational accuracy by 10% owing to the absence of approximation during calculation conduction. Furthermore, such software can be used for simplification of students' papers grading by lecturers during their taking a subject of Civil defence.

Described software can be used not only as part of educational process of Civil defence subject, but also by corresponding dedicated government agencies in the matter of civil defence for prompt and accurate assessment of radiological situation and calculation of irradiation exposure of the population in regions.

Keywords: civil defence, software, assessment of the radiological situation, irradiation exposure, radiation level intensity, radioactive radiation attenuation coefficient, nuclear destruction.

Постановка проблеми

Цивільний захист України організований на засадах Кодексу цивільного захисту України, яким визначається, що кожен громадянин має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха та на вимогу гарантій забезпечення реалізації цих прав від уряду України, міністерств та інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, керівництва підприємств, установ і організацій незалежно від форми власності та підпорядкування [1].

Основним завданням при вивченні студентами дисципліни цивільного захисту є підготовка їх до практичного виконання заходів цивільного захисту населення і територій на підприємствах всіх форм власності в мирний і воєнний час [2]. Але в умовах стрімкого розвитку комп'ютерних технологій та організації навчання студентів в дистанційній формі постає задача відмови від традиційних методів викладання дисципліни Цивільний захист та переходу до комп'ютеризованого та автоматизованого підходу вивчення дисципліни.

Ринок спеціалізованого програмного забезпечення з охорони праці та цивільного захисту в Україні має досить низький рівень. В роботі [3] розглядається спеціалізоване програмне забезпечення, яке може використовуватись для навчання та перевірки знань з охорони праці, а в [4] – для реєстрації нещасних випадків, аналізу травматизму та ведення відповідного документообігу. В той же час на українському ринку майже відсутнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання задач цивільного захисту.

Дмітрієва І.А. у своїй роботі [5] надала статистику по дослідженню питання підвищення ефективності навчання за допомогою інформаційно-комп'ютерних технологій. За результатами проведеного дослідження було встановлено, що функція інтерактивності інформаційно-комп'ютерних технологій, що реалізується педагогом за допомогою персонального комп'ютера, за даними проведеного експерименту, сприяє формуванню самостійності в рішенні навчальних задач (78 %), дозволяє індивідуалізувати необхідності в спілкуванні з педагогом (62 %), знизити емоційне напруження (56 %). За результатами проведеного експерименту 7 студентів контрольної групи, навпаки, розглядають використання персонального комп'ютера як стримуючий фактор у спілкуванні з педагогом, а 20 % взагалі не мають уявлення про можливість використання інформаційно-комп'ютерних технологій в навчальному процесі [5].

Тому актуальною є задача розробки автоматизованого підходу до вирішення типових задач цивільного захисту із застосуванням комп'ютерних технологій.

Виклад основного матеріалу

Оцінка радіаційної обстановки є обов'язковим елементом роботи керівників і штабів цивільної оборони (ЦО). Вона проводиться з метою прийняття необхідних заходів із захисту населення, які виключають або зменшують радіоактивне опромінення, а також для визначення найбільш доцільних дій населення і формувань ЦО на зараженій місцевості. Вона передбачає розв'язок таких типових задач [2]:

- приведення рівнів радіації до одної години після вибуху чи аварії;
- визначення можливих доз опромінення населення і особового складу формувань ЦО;
- визначення допустимого часу перебування людей на зараженій місцевості;
- визначення часу введення формувань ЦО в осередок ядерного ураження;
- визначення можливих радіаційних втрат;
- визначення режиму радіаційного захисту.

Задачі цивільного захисту населення вимагають швидкого розрахунку та використання значної кількості табличних нормативних даних. Значне прискорення виконання розрахунків задач можна досягти при використанні комп'ютерної техніки. Одним з прикладів автоматизації розрахунків є програма `tasks_co`.

Програма `tasks_co` створена за допомогою бібліотеки Qt версії 4.4.0, яка є безкоштовною для використання у некомерційних цілях. Особливістю бібліотеки є те, що її можна використовувати у будь-якій операційній системі, зокрема MS Windows або Linux.

Програма призначена для прискорення типових розрахунків цивільного захисту і дозволяє швидко розрахувати такі параметри:

- розрахунок осередку ядерного ураження (зони руйнувань, зони пожеж, схема осередку ядерного ураження, який виник внаслідок ядерного вибуху, визначення ступеня руйнувань заданих елементів об'єкта, втрат населення в тій зоні руйнувань, де опинився об'єкт);
- визначення коефіцієнта ослаблення багат шарового перекриття;
- визначення можливої дози опромінення населення і особового складу формувань цивільного захисту (цивільної оборони);
- визначення допустимої тривалості перебування людей на зараженій місцевості.

Оцінка радіаційної обстановки. Вихідними даними для оцінки радіаційної обстановки є час ядерного вибуху, рівні радіації і час їх виміру в окремих точках місцевості приладами радіаційної розвідки, коефіцієнт ослаблення радіації будинків і споруд, в яких знаходяться люди, допустимі дози опромінення.

З метою визначення характеру руйнувань і встановлення обсягів рятувальних та інших невідкладних робіт осередок ядерного ураження, залежно від надмірного тиску у фронті ударної хвилі ΔP_0 , поділяється на чотири зони руйнувань: повне, сильне, середнє та слабке руйнування (див. рис. 1).

Значення меж руйнування визначаються за таблицею 1 та представляються у табличному вигляді. Радіуси зон пожеж розраховуються за формулою:

$$R = K \sqrt[3]{q}, \text{ км} \quad (1)$$

де K – коефіцієнт залежності від вибуху (табл. 2);

q – потужність вибуху в кілотоннах (кт).

Після визначення зон руйнування та пожеж креслять схему осередку ураження із нанесенням на схемі об'єктом, в якій штриховкою позначається зона пожеж. Ступінь руйнування заданих елементів об'єкта визначається за таблицею 3.

Площа зони руйнування, в якій опинився об'єкт, визначається за формулою:

$$S = \pi(R_{n-1}^2 - R_n^2), \quad (2)$$

де R_n – зона, в якій опинився об'єкт; R_{n-1} – попередня зона.

Для розв'язання типової задачі цивільного захисту по оцінці радіаційної обстановки був розроблений відповідний програмний продукт, який реалізовує необхідні розрахунки та схематичне представлення зон руйнування та пожеж у відповідності із описаною методикою (див. рис. 2). Для переходу між різними задачами у нижній частині програми реалізовано відповідні вкладки.

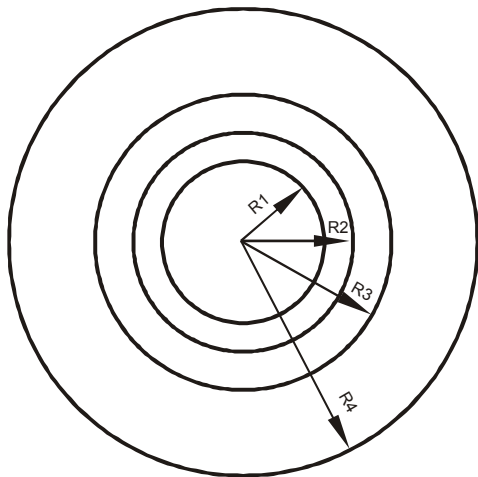


Рис. 1. Зони руйнувань осередку ядерного ураження

Умовно вікно програми розбито на два блоки – лівий призначений для вводу відповідних вихідних даних, правий для відображення проведених розрахунків. У програмі реалізований вибір коефіцієнта K в залежності від виду вибуху (обирається із випадуючого списку) та коефіцієнту ΔP_{ϕ} , який відповідає за ступінь руйнувань об'єктів (табл. 3). У правій частині відображаються результати проведених розрахунків (рис. 3).

Визначення можливих доз опромінення населення. Розв'язок цього завдання дозволяє оцінити ступінь небезпеки перебування людей на зараженій території і визначити їх найбільш доцільні дії. Вихідними даними є рівень радіації, тривалість перебування людей на зараженій території, ступінь їх захисту.

Таблиця 1

Відстань до центру вибуху при різних значеннях величини надмірного тиску ударної хвилі ΔP_{ϕ}

Потужність вибуху, q , кт	ΔP_{ϕ} , кПа									
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
	Відстань до центру вибуху, км									
20	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,5	2,0	3,2
	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	1,9	3,0
30	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	2,2	3,6
	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,7	2,1	3,4
50	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	2,0	2,7	4,5
	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0	2,6	4,2
100	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	2,1	2,6	3,8	6,5
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	3,2	5,2
200	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,5	2,9	4,4	7,9
	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,8	6,4
300	1,3	1,5	1,6	1,8	7,0	7,9	9,3	11	16	31
	1,7	1,8	1,9	2,1	7,7	8,5	9,6	11	15	24

Таблиця 2

Значення коефіцієнта K для розрахунку зон пожеж

Вид вибуху	Коефіцієнт K залежно від зони		
	пожеж у завалах	суцільних пожеж	окремих пожеж
Наземний	0,4	0,6	1,2
Повітряний	0,4	1,0	1,75

Таблиця 3

Ступені руйнувань елементів об'єкта при різних значеннях величини надмірного тиску ударної хвилі ΔP_{ϕ} , кПа

Елемент об'єкта	Руйнування			
	слабке	середнє	сильне	повне
1	2	3	4	5
1. Виробничі та адміністративні будинки і споруди				
1. Масивні промислові будинки з металевим каркасом	20–30	30–40	40–50	50–70
2. Промислові будинки з металевим каркасом та безкаркасні	10–20	20–30	30–50	50–70
3. Багатоповерхові залізобетонні будинки з великою площею застелення	8–20	20–40	40–90	90–100
4. Складські цегляні будинки	10–20	20–30	30–40	40–50
5. Адміністративні багатоповерхові будинки з металевим або залізобетонним каркасом	20–30	30–40	40–50	50–60
6. Цегляні одно- та двоповерхові будинки	8–15	15–25	25–35	35–45

1	2	3	4	5
7. Цегляні багатоповерхові будинки	8–12	12–20	20–30	30–40
8. Дерев'яні будинки	6–8	8–12	12–20	20–30
2. Комунальні енергетичні споруди і мережі				
1. Водонапірні башти	10–20	20–40	40–60	70–80
2. Котельні в цегляних будинках	7–13	13–25	25–35	35–45
3. Трансформаторні підстанції	30–40	40–60	60–70	70–80
4. Теплові електростанції	10–15	15–20	20–25	25–40
5. Повітряні лінії низької напруги	20–60	60–70	70–80	80–100
6. Повітряні лінії високої напруги	25–30	30–50	50–70	80

Доза радіації, отримана людиною на відкритій зараженій території, розраховується за формулою:

$$D_{від} = P_{сер} \cdot T, \tag{3}$$

де $P_{сер}$ – середній рівень радіації на час опромінення, (рад/год); T – час перебування на зараженій місцевості, год.

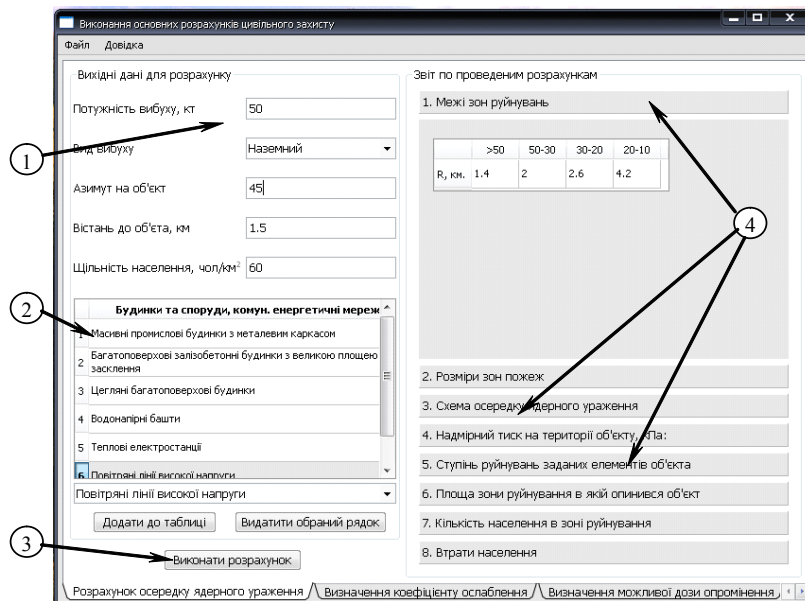


Рис. 2. Розрахунок осередку ядерного ураження:

1 – поля для введення вихідних даних; 2 – табличний елемент для введення заданих елементів об'єкта; 3 – кнопка для виконання розрахунків; 4 – представлення результатів розрахунків на окремих закладках

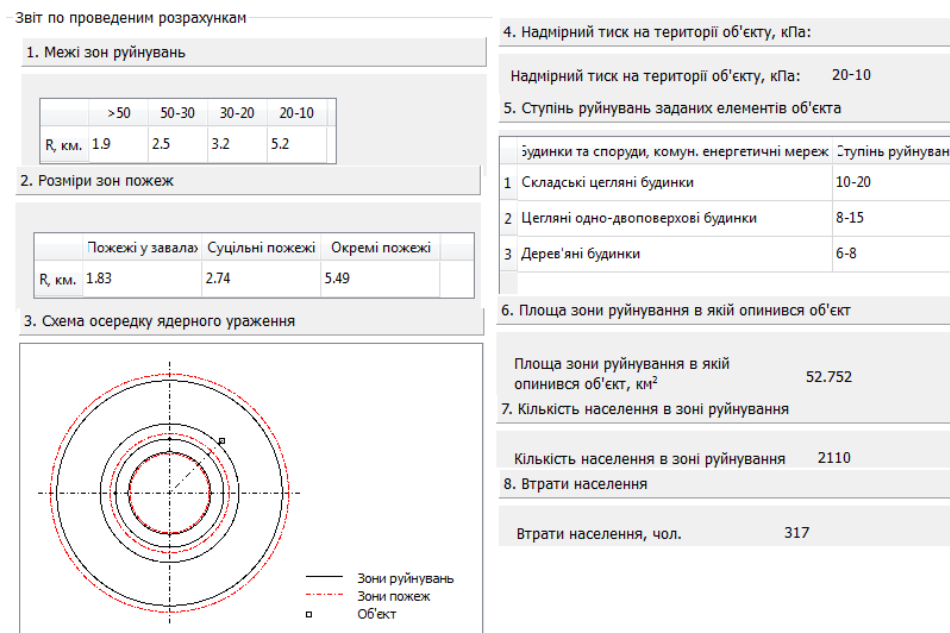


Рис. 3. Результати розрахунку осередку ядерного ураження

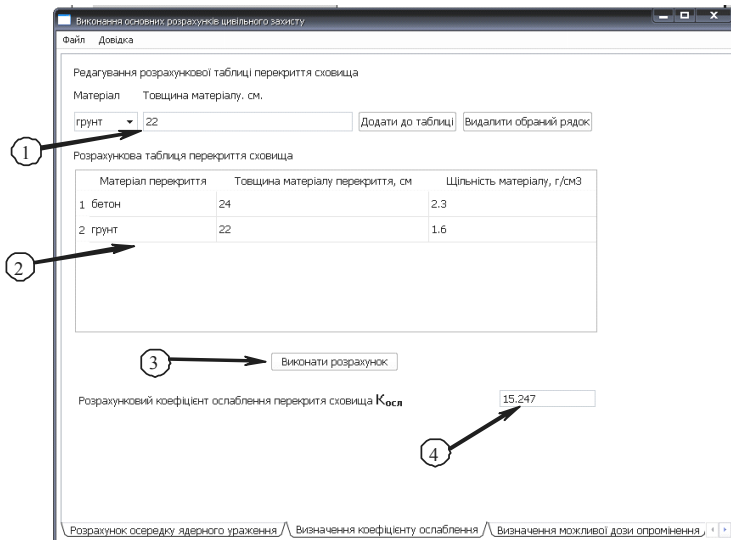


Рис. 4. Розрахунок коефіцієнта ослаблення багат шарового перекриття за допомогою програми tasks_co: 1 – поля для введення вихідних даних, 2 – табличний елемент для відображення введених вихідних даних; 3 – кнопка для виконання розрахунків; 4 –результат розрахунку

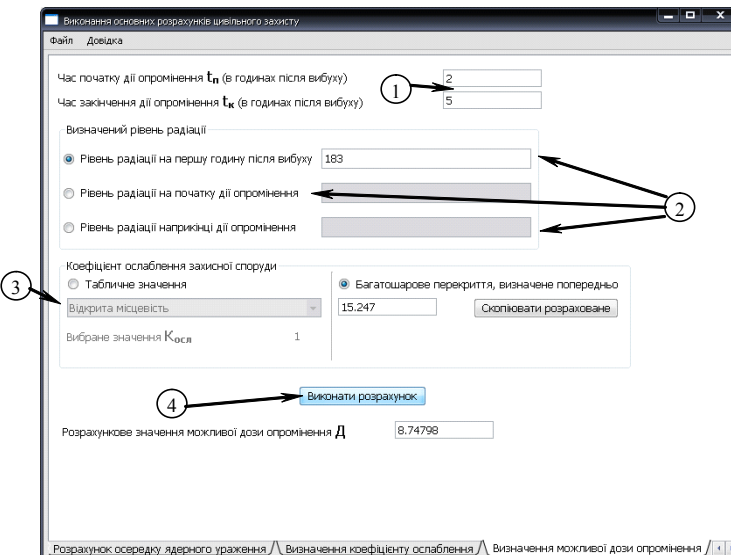


Рис. 5. Розрахунок можливої дози опромінення: 1 – поля для введення значень часу, 2 – ввід заданого рівня радіації; 3 – поля для введення коефіцієнта ослаблення захисної споруди; 4 – кнопка виконання розрахунків

розрахунку багат шарового перекриття може використовуватись на наступних етапах. Наприклад, при визначенні можливої дози опромінення (рис. 5) при виборі коефіцієнту ослаблення захисної споруди із багат шарового перекриття, розраховане значення переноситься автоматично.

Визначення допустимої тривалості перебування людей на зараженій місцевості. Розв’язок цього завдання необхідний для визначення доцільних дій на місцевості. Вихідними даними є рівень радіації на 1 годину після вибуху (P_1), установлена доза опромінення (D_y), час початку робіт відносно вибуху (t_n) та коефіцієнт ослаблення радіації ($K_{осл}$).

На першому етапі розраховується відношення:

$$(D_y \cdot K_{осл}) / P_n, \tag{8}$$

де P_n – рівень радіації на початку робіт.

За цим відношенням і часом, що пройшов з моменту вибуху до початку робіт t_n , визначається допустимий час перебування людей на зараженій місцевості (табл. 4).

Установлена доза D_y може відрізнятись від допустимої $D_{дон}$ у разі, коли люди вже отримали певну дозу опромінення D , тоді:

$$D_y = D_{дон} - D. \tag{9}$$

Якщо люди знаходяться в захисних спорудах, будівлях, транспорті, отримана доза опромінення знаходиться із врахуванням ступеня захищеності:

$$D_{нпу} = \frac{D_{від}}{K_{осл}}. \tag{4}$$

Ступінь захищеності характеризують коефіцієнтом ослаблення $K_{осл}$, значення якого розраховується за формулою:

$$K_{осл} = 2^{h/d}, \tag{5}$$

$$d = 23 / \rho, \tag{6}$$

де h – товщина матеріалу, d – шар половинного ослаблення радіації, 23 – шар води, який послаблює радіацію наполовину, ρ – густина матеріалу речовини шару перекриття.

У разі, коли укриття складається з кількох шарів різного матеріалу, сумарний коефіцієнт ослаблення знаходиться за формулою:

$$K_{осл} = 2^{\frac{h_1}{d_1} + \frac{h_2}{d_2}}. \tag{7}$$

За описаною методикою у програмі реалізоване визначення коефіцієнту ослаблення перекриття, яке складається з одного або декількох шарів. При цьому кількість шарів, які враховуються у перекритті необмежена. В програмі існує можливість додати такі матеріали перекриття: вода, солома, свинець, сталь, цегла, ґрунт, бетон, глина.

Матеріал перекриття обирається із відповідного випадуючого списку (рис. 4) та зазначається його товщина. Всі додані шари перекриття відображають у таблиці. Результат

Допустиму тривалість перебування людей можна розрахувати за допомогою формули:

$$D_{від} = 5P_1(t_1^{-0,2} - t_2^{-0,2}) \quad (10)$$

Установлена доза опромінення згідно з (10) виражається формулою:

$$D_y = 5P_1(t_n^{-0,2} - t_k^{-0,2}) / K_{осл}, \quad (11)$$

звідки

$$t_k = \left(t_n^{-0,2} - \frac{D_y \cdot K_{осл}}{5P_1} \right)^{-5}, \quad (12)$$

тоді допустимий час перебування на зараженій території дорівнює:

$$t = t_k - t_n. \quad (13)$$

Для вирішення описаної задачі у програмі реалізовано окремий блок (рис. 6), який проводить всі необхідні розрахунки у відповідності із описаною методикою. При цьому, реалізована можливість використання коефіцієнта ослаблення багатозарового перекриття, розрахованого на попередньому етапі.

Для порівняння ефективності програмного продукту із ручним методом розрахунку слід враховувати наступні параметри.

1. Час, витрачений на виконання розрахунків. При ручному методі розрахунку типових задач цивільного захисту за методикою, описаною вище, студенти витрачають приблизно 2–2,5 години, оскільки в процесі розрахунків вони опановують методику. Особа, яка володіє методикою, виконує розрахунки приблизно за 1 годину. За допомогою розробленого програмного продукту всі розрахунки можуть бути виконані за приблизно 5–10 хв. Тобто, використання програмного продукту прискорює вирішення типових задач цивільного захисту приблизно в 10 разів.

2. Цей програмний продукт може використовуватись викладачами при перевірці студентських робіт по вирішенню типових задач цивільного захисту. Для порівняння, для перевірки 20 робіт студентів в ручну викладач витрачає в 4 рази менше часу, ніж при перевірці за допомогою програми.

3. Точність виконання розрахунків. Для перевірки точності вирішення типових задач цивільного захисту було проведено розрахунок із однаковими вихідними даними вручну та автоматизованим методом за допомогою розробленої програми. В результаті було встановлено, що розрахунки, виконані із використанням програми, дають на 10 % більше точності ніж розрахунки вручну. Це пояснюється відсутністю заокруглень у роботі програми.

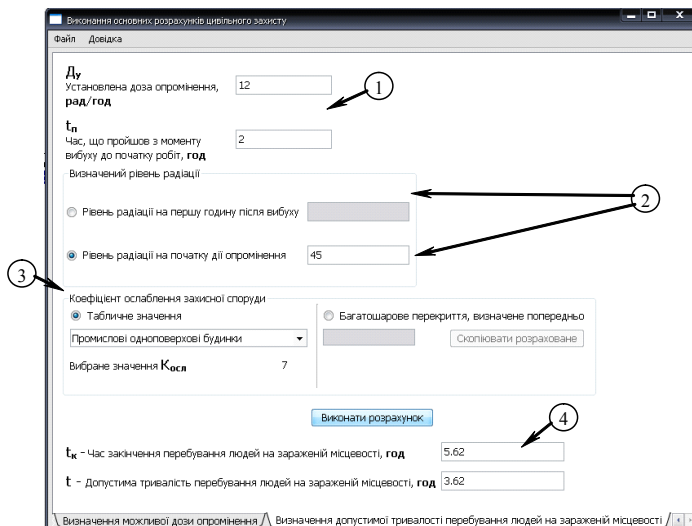


Рис. 6. Розрахунок допустимої тривалості перебування людей на зараженій місцевості: 1 – поля для введення значень; 2 – ввід заданого рівня радіації; 3 – поля для введення коефіцієнта ослаблення захисної споруди; 4 – результати розрахунків

Таблиця 4

Допустима тривалість перебування людей на місцевості, зараженій радіоактивними речовинами

$\frac{D_y \cdot K_{осл}}{P_n}$	Час, що пройшов від моменту вибуху до початку опромінення									
	ХВИЛИН		ГОДИН							
	15	30	1	2	3	4	5	6	8	10
0,2	0,25	0,2	0,15	0,11	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,3	0,45	0,3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,4	1,45	0,4	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
0,5	3,45	1,0	0,40	0,35	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
0,6	8 діб	1,3	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,7		2	1,1	0,50	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
0,8		2,6	1,3	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,9		4	1,4	1,1	1,1	1	1	1	1	1
1		6	2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
1,2		15	3,1	2	2	1,3	1,3	1,25	1,25	1,25
2			12	4	3,1	2,45	2,35	2,30	2,2	2,1
2,5			31	6,3	4,3	2,50	3,30	3,15	3	2,5
3				10	6	5	4,30	4	3,5	3,3
4				24	11	8	7	6	5,45	5
6					36	20	15	12	10	8
10							60	40	25	21

4. Вагомою перевагою програми є можливість її використання користувачами без знання самої методики та розрахункових формул і довідникових даних. Зазначена фактор не є перевагою при використанні програми у навчанні, але є позитивною її стороною при використанні відповідними органами, що відповідають за цивільний захист.

Висновки

Описаний програмний продукт суттєво спрощує процес розв'язання типових задач цивільного захисту та може використовуватись у відповідних органах. Крім того, можна зробити висновок, що використання даної програми для вирішення типових задач цивільного захисту має багато переваг у порівнянні зі ручним методом розрахунку та може використовуватись при вивченні студентами дисципліни «Цивільний захист» для закріплення методики виконання розрахунків та викладачами як один із способів перевірки практичних робіт студентів.

Література

1. Кодекс цивільного захисту України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
2. Ковтун І.І. Цивільна оборона. Розв'язки типових задач з використанням обчислювальної техніки для студентів всіх спеціальностей / І.І. Ковтун, Р.С. Жук, К.А. Паршенко. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – 48 с.
3. Соколан Ю.С. Аналіз програмного забезпечення для навчання та перевірки знань з питань охорони праці / Ю.С. Соколан, О.В. Романішина // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2020. – № 4 (287) – С. 76–84.
4. Соколан Ю.С. Аналіз спеціалізованого програмного забезпечення з охорони праці для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму / Ю.С. Соколан, О.В. Романішина // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2021. – № 1 (291) – С. 76–84
5. Дмитриева И. А. Повышение эффективности обучения средствами интерактивных информационных технологий: на примере изучения курса «Педагогика» : дис. кандидата пед. наук : 13.00.08 / Дмитриева Ирина Анатольевна. – Т., 2005. – 147 с.

References

1. Law code of civil defense of Ukraine [Electronic source]. – Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
2. Kovtun I.I. Civil defense. Typical problems solution with application of computing tools for students of all specialties / I.I. Kovtun, R.S. Zhuk, K.A. Parshenko. – Khmelnytskyi: KhNU, 2008. – 48 p.
3. Sokolan Yu.S. Analysis of the software for training and knowledge assessment regarding professional safety / Yu.S. Sokolan, O.V. Romanishina // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. – 2020. – No. 4 (287). – p. 76-84
4. Sokolan Yu.S. Analysis of specialized occupational safety software for registration of industrial accidents and accident rate analysis / Yu.S. Sokolan, O.V. Romanishina // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. – 2021. – No. 1 (291). – p. 76-84
5. Dmitrieva I.A. Effectiveness improvement of education by means of interactive informational technologies drawing on the example of “Pedagogy” discipline: thesis for a Candidate Degree in Pedagogy: 13.00.08 / Dmitrieva Irina Anatolyevna. – T., 2005. – 147 p.

Ю. С. СОКОЛАН,
К. А. ПАРШЕНКО

ORCID ID: 0000-0002-0273-5719 sokolan.julia@gmail.com
parshenko@ukr.net

Рецензія/Peer review : 18.05.2021 р. Надрукована/Printed :30.06.2021 р.