

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет заочного навчання
Кафедра загальної та теоретичної фізики

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Використання комплексу «ГаммаЛаб» у
освітньому процесі в галузі технологій захисту
навколишнього середовища

Виконала студентка 5 року навчання
групи ТЗНС-5і (заоч)
спеціальності 183 «Технології захисту
навколишнього середовища»
Бадюл Ольга Володимирівна

Керівник ст. викл.
Співак Андрій Ярославович

Консультант: д. фіз.-мат. наук, професор
Герасимов Олег Іванович

Рецензент д. тех. наук, професор
Мещеряков Володимир Іванович

Одеса 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет заочного навчання
Кафедра загальної та теоретичної фізики
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність Напрямок підготовки 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(шифр і назва)
Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри загальної та
теоретичної фізики,
професор Герасимов О.І.

“05” травня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту(ці) Бадюл Ользі Володимирівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Використання комплексу «ГаммаЛаб» у освітньому процесі в галузі технологій захисту навколишнього середовища

керівник роботи Співак Андрій Ярославович ст. викл. каф. заг. та теор. фіз.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “__29__” березня 2021 року №_36 – «С»__

2.Строк подання студентом роботи 14.06.2021

3. Вихідні дані до роботи _____

Програмний комплекс ГаммаЛаб та його технічна документація, публікації викладачів кафедри.

4. Зміст розрахунково - пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Ознайомитись з призначенням, структурою та принципом роботи віртуальної гамма-спектрометричної лабораторії ГаммаЛаб. Встановити переваги та недоліки використання цього комплексу. Розробити рекомендації стосовно використання ГаммаЛаб в навчальному процесі під час підготовки фахівців в галузі технологій захисту навколишнього середовища.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)*

Рис. 1.1 – Функціональна схема комплексу ГаммаЛаб*; Рис. 1.2 Схема розрахунку шаблонів спектру; Рис. 1.3 Вікно утиліти "AddRegistry"; Рис.1.4 Окно утиліти "ProjectOptions"; Рис. 1.5 Вигляд екрана налаштування шляху до файлу бази даних або Настроювального udl-файлу; Рис. 1.6 Вікно настройки зв'язку з базою даних; Рис. 1.7 Основне вікно програми MainTrainer; Рис. 1.8 Ввід пароля для запуску в режимі «Адміністратор»; Рис. 1.9 Структура комплексу*; Рис. 2.1 Основне вікно програми; Рис. 2.2 Робочий стіл; Рис. 2.3 Джерела на макеті лабораторії спектрометра; Рис. 2.4 Панель управління макетом; Рис. 2.5 Детектор с коліматором і без на макеті лабораторії спектрометри ста: а,б Сцинтиляційний детектор без коліматора і з коліматором першого типу, в,г Напівпровідниковий детектор без коліматора і з коліматором другого типу; Рис. 2.6 Аналізатор на макеті лабораторії спектрометра; Рис. 2.7 Ноутбук на макеті лабораторії спектрометра; Рис. 2.8 Запит на підняття високої напруги; Рису. 2.9 Вікно Висока напруга; Рис. 2.10 Закладка Тракт вікна Налаштування; Рис. 2.11 Емулятор робочого столу ноутбука; Рис. 2.12 Вікно Налаштування; Рис. 2.13 Меню Стилі; Рис. 2.14 Вигляд екрана Про програму; Рис. 2.15 Вікно Управління; Рис. 2.16 Меню Робочий стіл; Рис. 2.17 Меню Процес; Рис. 2.18 Меню Опції; Рис. 2.19 Рядок стану; Рис. 2.20 Вікно Список джерел; Рис.3.1, Рис. 3.2, Рис.3.3 – приклади спектрів отриманих на симуляторі*.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Герасимов О.І., д.ф.- м.н. проф.	04.05-10.05.21	
2		11.05-31.05.21	
3		02.06-18.06.21	

7. Дата видачі завдання 05.05.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд базових літературних джерел за темою дипломного проекту	04.05.-06.05.21	80	добре
2	Узагальнення основних теоретичних положень проекту	07.05.-10.05.21	80	добре
3	Рубіжна атестація	11.05-15.05.21р	80	добре
4	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення електронної версії роботи. Перевірка на плагіат. Складання протоколу та авторського договору	16.05-31.05.21	80	добре
		01.06.21		
5	Підготовка паперової версії і презентаційного матеріалу до процедури предзахисту. Внесення коректив. Рецензування роботи. Підготовка до публічного захисту.	02.06-16.06.21	80	добре
		17.06.2021		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		80	добре

Студент _____
(підпис)

Бадюл О.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)
ініціали)

Співак А.Я.
(прізвище та

АНОТАЦІЯ

Бадюл О.В. «Використання комплексу «ГаммаЛаб» у освітньому процесі в галузі технологій захисту навколишнього середовища»

Актуальність теми. Комплекс ГаммаЛаб являє собою віртуальну гамма-лабораторію, яка оснащена вимірювальною апаратурою, програмним забезпеченням для роботи з спектрометрами, калібрувальними джерелами і вимірюваними зразками, що дозволяє навчати майбутніх експертів-спектрометристів в галузі технологій захисту навколишнього середовища.

Комплекс розроблений з метою підвищення ефективності підготовки посадових осіб митних органів, а також при проведенні митного оформлення і митного контролю радіоактивних матеріалів. Він являє собою пакет методичного і програмного забезпечення, в якому реалізовані можливості для розв'язку стандартних задач, які вирішуються у галузі митного контролю радіоактивних матеріалів, у підрозділах з надзвичайних ситуацій та екологічної безпеки, тощо.

Мета. Розробити рекомендації стосовно використання ГаммаЛаб в навчальному процесі під час підготовки фахівців в галузі технології захисту навколишнього середовища.

Задачі дослідження.

- Розглянути програмний комплекс ГаммаЛаб та його технічну документацію;
- Виявити переваги використання ГаммаЛаб та недоліки спектрометра та способи їх подолання;
- Розробити методичні рекомендації щодо ефективнішого навчання за допомогою ГаммаЛаб спеціалістів спеціальності технології захисту навколишнього середовища.

Робота містить:

Сторінок – 59

Рисунків – 32

Літературних посилань – 8

Додатків – 2

Ключові слова: тренажер, емулятор, комплекс ГаммаЛаб, спектрометрія, навчальний процес, технології захисту навколишнього середовища.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Загальні відомості "ГаммаЛаб"	10
1.1 Структура "ГаммаЛаб"	10
1.2 Вимоги до комп'ютера і операційної системи	12
1.3 Установка і настройка комплексу	12
1.4 Режими роботи	18
1.4.1 Режим формування завдань «Адміністратор»	18
1.4.2 Навчальний режим «Оператор»	19
1.5 Запуск комплексу	19
1.6 Загальна схема роботи комплексу	21
2 Опис складових комплексу ГаммаЛаб	27
2.1 Модуль OperatorEmulator	27
2.2 Основні терміни.....	28
2.3 Запуск програми.....	28
2.4 Макет лабораторії спектрометриста	30
2.5 Управління спектрометром	37
2.6 Штатна програма спектрометра	41
2.7 Додаткових функцій і налаштування	42
2.8 Опис файлової структури	45
2.9 Опис інтерфейсу	46
3 Використання ГаммаЛаб у навчальному процесі	50
Висновки	53
Перелік посилань	54
Додаток А	56
Додаток Б	58

ВСТУП

Спектрометричні методи аналізу складу речовини як за радіонуклідним складом, так і за ізотопним вмістом з появою приладів високого розділення знаходять все нові застосування на практиці в таких областях, як екологія і охорона довкілля, сертифікація продукції, митний контроль і так далі [1-8].

Достовірність і точність таких вимірів визначається як якістю апаратури, так і методичним та програмним забезпеченням. Різноманіття об'єктів виміру з різноманітним радіонуклідним складом породжує створення великої кількості методик виконання виміру і відповідних програмних продуктів.

Все вищесказане робить актуальним створення інструменту для моделювання: щоб моделювати спектральний розподіл джерел довільного радіонуклідного складу, трансформацію спектру при взаємодії випромінювання з речовиною, перетворення в апаратурний спектр при реєстрації пристроєм детектування, накладення апаратурних ефектів, обумовлених електронікою.

Віртуальна гамма-спектрометрична лабораторія "GammaLab", дозволяє моделювати спектри точкових і об'ємних джерел довільного радіонуклідного складу, отриманих за допомогою напівпровідникових і сцинтиляційних детекторів.

Програмний комплекс "GammaLab", призначений для моделювання в реальному часі апаратурних гамма-спектрів напівпровідникових і сцинтиляційних детекторів при вимірах широкого набору джерел, що мають довільну просторову конфігурацію і радіонуклідний склад. Комплекс може використовуватися в якості симулятора для навчання роботі із спектрометричними пристроями і програмним забезпеченням щоб уникнути витрат на купівлю дорогого устаткування і організацію робіт з джерелами іонізуючого випромінювання. За його допомогою можуть вирішуватися завдання калібрування апаратури, також тестування програмного забезпечення і методик виміру у випадках, коли атестовані джерела випромінювання із заданими властивостями

(розмірами, фізико-хімічними характеристиками, радіонуклідним складом) відсутні, або їх виготовлення вимагає значних витрат. "GammaLab" дозволяє створювати "гамма-спектрометричну лабораторію" з віртуальними детекторами і джерелами. Комплекс інтегрований в спектрометричне програмне забезпечення, що поставляється ТОВ "ЛСРМ" [6].

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ "ГАММАЛАБ"

1.1 Структура "ГаммаЛаб"

Програмний комплекс Тренажер розроблений для навчання роботі з спектрометричними пристроями СКС-50 (М) і Гамма-1С / NB1. Зміст Тренажера складається з декількох розділів, кожен з яких дозволяє виробити навички по певному режиму роботи зі спектрометрами. До його складу входять засоби для виконання практичних завдань та навчальні відеоматеріали.

Процес навчання за допомогою Тренажера має на увазі наявність користувача з правами адміністратора (викладача), який має доступ до ресурсів для формування розділів тренажера. Решта користувачів - оператори (які навчаються) - виконують поставлені завдання.

До складу Тренажера входять програмні модулі, адаптовані в реальному часі накопичення в аналізаторі спектра від необхідних лабораторних завдань джерел випромінювання і дії оператора при проведенні вимірювань.

Процес моделювання гамма - спектрів складається з двох етапів. Спочатку генеруються так звані шаблони - набір гамма - спектрів, розрахованих для заданого радіонуклідного складу джерела випромінювання і геометрії вимірювання. На другому етапі на основі отриманих шаблонів проводиться моделювання спектра в реальному часі для конкретного розташування і взаємної орієнтації детектора і джерела з відображенням процесу набору в штатної спектрометричній програмі.



Рис. 1.1 Функціональна схема комплексу ГаммаЛаб

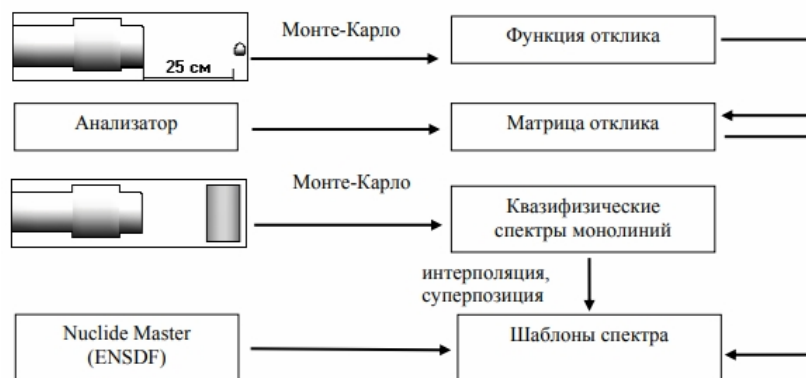


Рис. 1.2 Схема розрахунку шаблонів спектру

Тренажер дозволяє:

- моделювати гамма - спектри для напівпровідникових і сцинтиляційних детекторів,
- для точкових і об'ємних циліндричних джерел, джерел в багатошаровому захисному контейнері,
- з довільним радіонуклідним складом;
- задавати як матеріали довільні суміші хімічних елементів і сполук ;
- враховувати розташування джерела щодо детектора,
- навколишній радіаційний фон, в тому числі і від інших зразків,

- стан апаратури і відповідні апаратурні ефекти: розширення і зрушення ліній, прорахунки , в залежності від завантаження, часу прогріву апаратури, подачі високої напруги.

1.2 Вимоги до комп'ютера і операційної системи

Увага! На комп'ютері повинна бути встановлена операційна система, яка підтримує NTFS.

Для установки ПО Тренажер необхідно:

- IBM PC-сумісний комп'ютер з процесором Pentium IV або більш потужним,
- не менше 512 Мбайт оперативної пам'яті,
- не менше 5 Гбайт вільного місця на жорсткому диску,
- операційна система з підтримкою NTFS,
- DVD-ROM, миша.

Для перегляду навчальних відеоматеріалів в системі повинен бути встановлений кодек XVid, який можна завантажити за посиланням [http://www.digital-digest.com/software/xvid_links.html% 23downloads](http://www.digital-digest.com/software/xvid_links.html%20downloads)

1.3 Установка і настройка комплексу

Опис установки Тренажера приведено в документі Тренажер_Установка (видалення) ПО.doc.

При інсталяції шляху до основних модулів, штатним програма спектрометра і баз даних записуються в реєстр. Змінити їх можна за допомогою службової утиліти AddRegistry.exe в піддиректорії AddRegistry робочої директорії комплексу.

Її розширеною версією є утиліта ProjectOptions.exe в тій же директорії, яка дозволяє змінити не тільки перераховані вище настройки, але і пароль для режиму « Адміністратор » і шляхи в службових файлах і файлах зі списками завдань.

Змінювати налаштування Тренажера рекомендується виконувати тільки в разі крайньої необхідності!

Нижче наведено список ключів реєстру, які використовуються
Тренажером:

1. HKEY_LOCAL_MACHINE \ SOFTWARE \ Lsrm \ Trainer

- Install Directory - повний шлях до інсталяційної директорії,
- AddSample - повний шлях до виконуваного файлу модуля для створення і зміни зразків,
- NuclideCustoms - повний шлях до виконуваного файлу модуля для формування енергетичного розподілу,
- Container - повний шлях до виконуваного файлу модуля для формування параметрів захисних контейнерів,
- DeviceEmulator - шлях до директорії зі службовими файлами модуля для управління спектрометром,
- OperatorEmulator - повний шлях до виконуваного файлу модуля для емуляції дій спектрометриста,
- SpectraEmulator - шлях до директорії з .mdb - файлами баз даних, udl-файлами зв'язку з даними, модулями для розрахунку функцій і матриць відгуку гамма-спектрометра, квазіфізическі спектрів джерел, шаблонів апаратурних спектрів; піддиректоріями з матрицями відгуку і службовими бібліотеками,
- WorkMaster - повний шлях до виконуваного файлу програми для підготовки завдань **WorkMaster**,
- OperatorTrainer - повний шлях до виконуваного файлу програми для навчання OperatorTrainer,
- Skins - шлях до директорії стилів,
- Video - шлях до директорії з відеоматеріалами,
- SourcesDoc - шлях до директорії з документацією на джерела,

- Dос - шлях до директорії з документацією на **Тренажер**,
- SKS, SKS2 - повні шляхи до виконуваних файлів штатної програми спектрометра СКС-50 (М),
- SKSP, SKS2P - параметри для формування командних рядків для запуску виконуваних файлів SKS, SKS2,
- Gamma1CNB, Gamma1CNB2 - повні шляхи до виконуваних файлів штатної програми спектрометра Гамма-1С / NB1.
- Gamma1CNBP, Gamma1CNB2P - параметри для формування командних рядків для запуску виконуваних файлів Gamma1CNB, Gamma1CNB2,
- Passwd - пароль для запуску комплексу в режимі «**Адміністратор**».

2. HKEY_LOCAL_MACHINE \ SOFTWARE \ Lsrm \ DataBase

- Directory - шлях до директорії з .mdb - файлами баз даних і т.д.

У вікні утиліти **AddRegistry** змініть потрібні налаштування (наприклад, шлях до штатної програми спектрометра) і натисніть кнопку **Записати**. До реєстру операційної системи будуть записані дані, відображені у вікні **Читання з реєстру**. Його вміст можна відобразити за допомогою кнопки **Прочитати**.

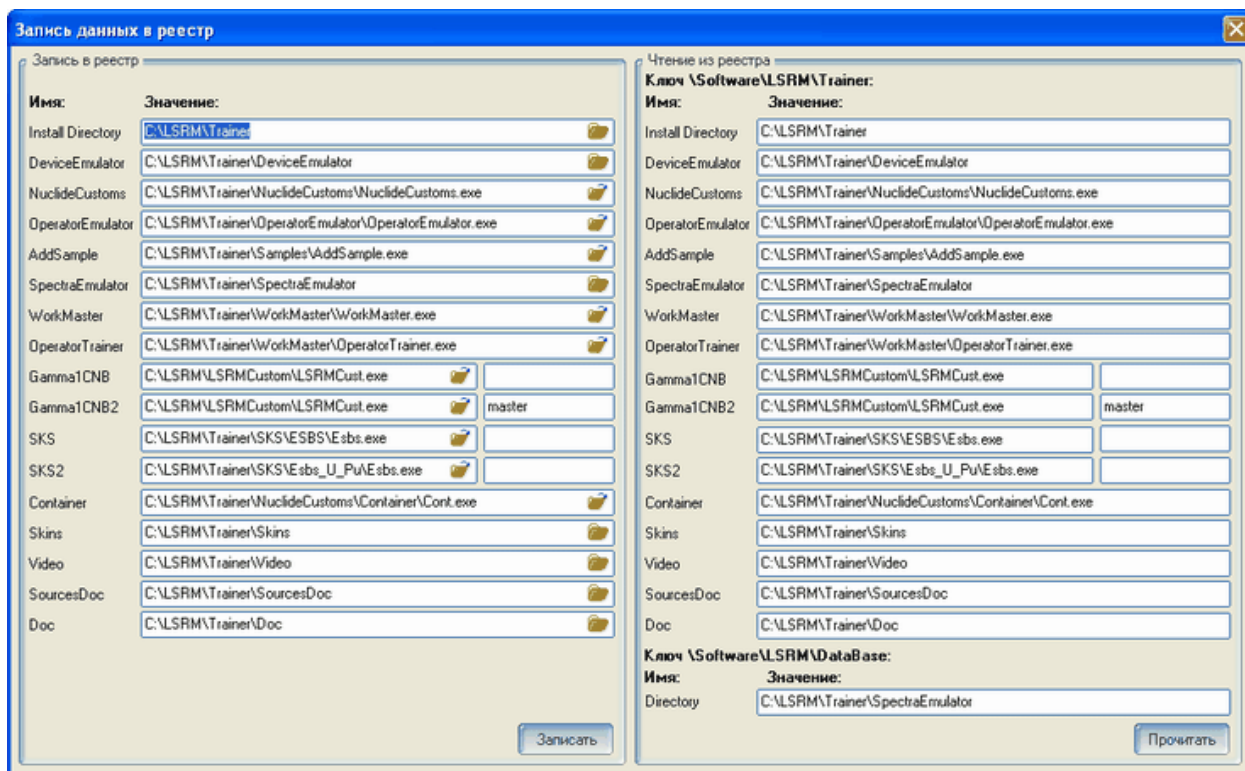


Рис. 1.3 Вікно утиліти "AddRegistry"

Утиліта **ProjectOptions.exe** може використовуватися не тільки для зміни налаштувань **Тренажера**, але і для коректного перенесення його з однієї директорії в іншу. Якщо в поле введення **Директорія Тренажера** вибирається інший шлях до інсталяційною директорії, виникає запит **Змінити шляхи до теки Тренажера (без запису до реєстру)?** Після його підтвердження існуючі шляхи в полях введення змінюються, якщо це можливо, щодо нової обраної директорії інсталяції.

Запис зазначених налаштувань **Тренажера** відбувається після натискання кнопки **Записати дані**.

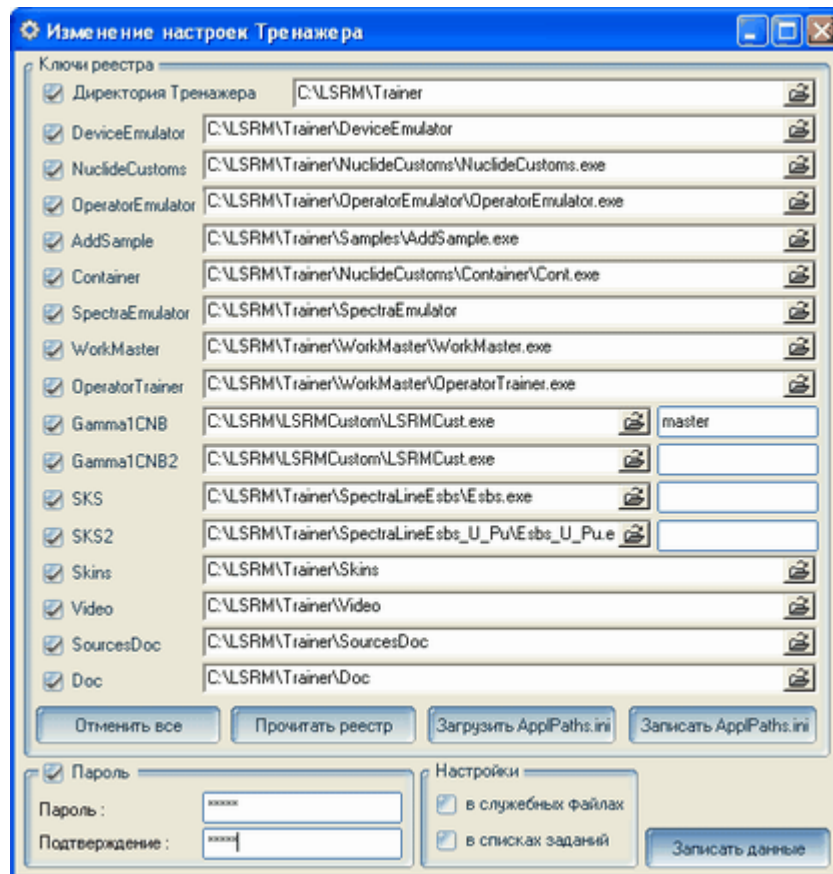


Рис.1.4 Окно утиліти "ProjectOptions"

Підключення до баз даних може здійснюватися безпосередньо або через налагоджувальні .udl-файли. Другий спосіб краще, тому що є можливість в разі потреби налаштовувати додаткові параметри зв'язку (наприклад, пароль для доступу до бази даних, провайдер даних і т.д.).

Шлях до директорії з .udl - файлами і базами даних прописаний в ключах HKEY_LOCAL_MACHINE \ SOFTWARE \ Lsrn \ Trainer \ SpectraEmulator і HKEY_LOCAL_MACHINE \ SOFTWARE \ Lsrn \ DataBase \ Directory операційної системи. Якщо в цьому каталозі потрібного .udl - або .mdb - файлу немає або відсутній ключ реєстру, з'явиться вікно для завдання шляху до потрібного конфігураційні файли або бази даних. При необхідності процедура запиту може бути повторена кілька разів, для різних баз даних.

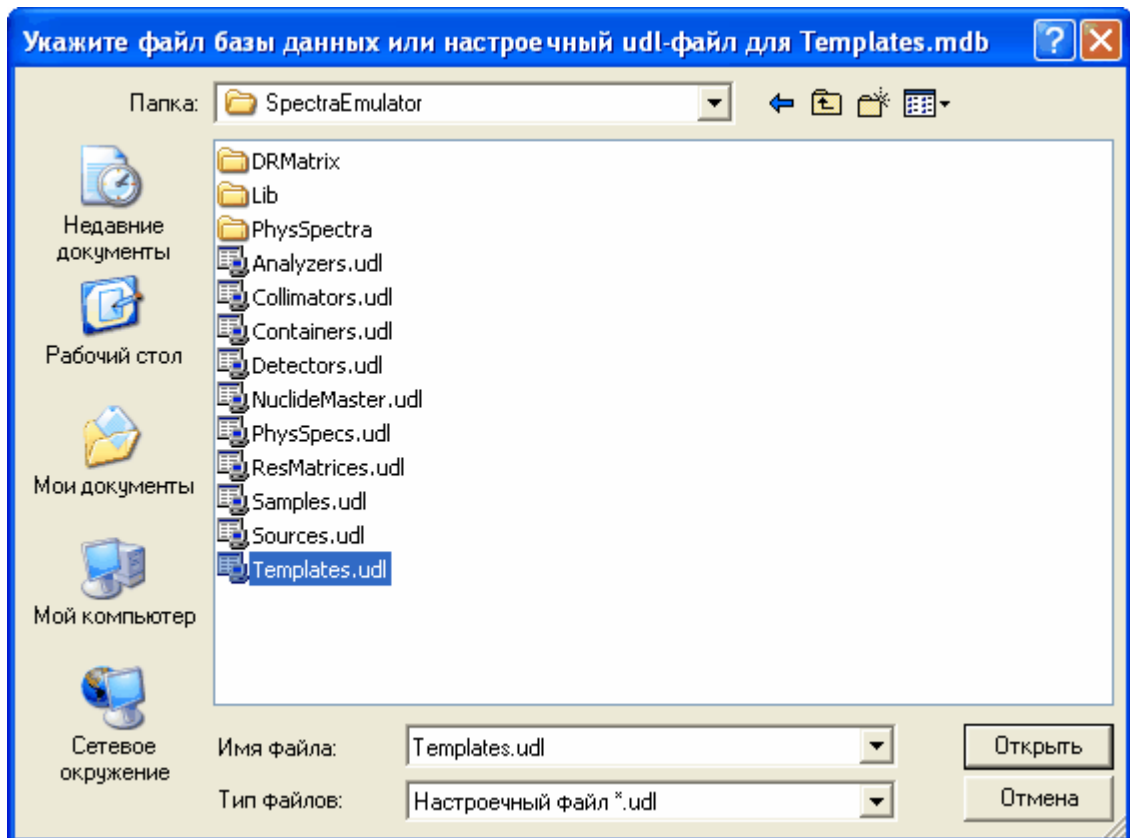


Рис. 1.5 Вигляд екрана налаштування шляху до файлу бази даних або Настроювального udl-файлу

Якщо в настоечних файлах вказані некоректні параметри зв'язку, то видається повідомлення про помилку і відкривається вікно **Властивості зв'язку з даними**, що дозволяє користувачеві змінити налаштування. Найпоширенішою помилкою є неправильне місце до бази даних. Встановіть його на закладці **Підключення** і перевірте за допомогою кнопки **Перевірити підключення**. Натисніть кнопку **Ok**.

Інші параметри змінювати не рекомендується.

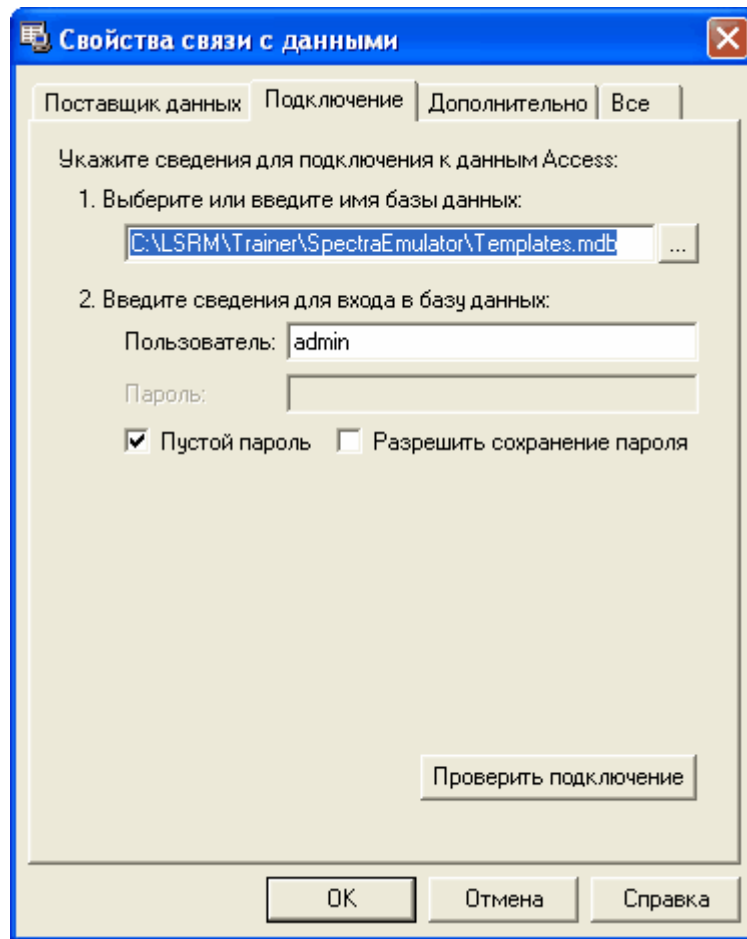


Рис. 1.6 Вікно настройки зв'язку з базою даних

1.4 Режимы работы

Комплекс Тренажер может работать в двух режимах:

- формирования заданий - режим «Администратор».
- навчальний режим - «Оператор» .

1.4.1 Режим формирования заданий «Администратор»

Користувач з правами адміністратора має можливість

- моделювати детектори, зразки і т.д., змінювати і видаляти вже існуючі,
- виконувати всі необхідні розрахунки по формуванню шаблонів спектрів,
- створювати нові лабораторні завдання,
- записувати навчальні відеофільми,
- викликати будь-які модулі, що входять до складу Тренажера .

Цей режим захищений паролем, який запитується при запуску комплексу

1.4.2 Навчальний режим «Оператор»

Користувач з правами оператора може вибирати зі списку і запускати створені адміністратором завдання, переглядати навчальні відеофільми.

1.5 Запуск комплексу

Робота з тренажерами починається з запуску головної програми MainTrainer, що визначає функціонування і зв'язок між усіма складовими модулями комплексу.

Для її запуску натисніть на ярлик MainTrainer на робочому столі або виберіть пункт меню Пуск => Програми => Lsrn => Trainer => MainTrainer, після чого на екрані відобразиться головне вікно програми.

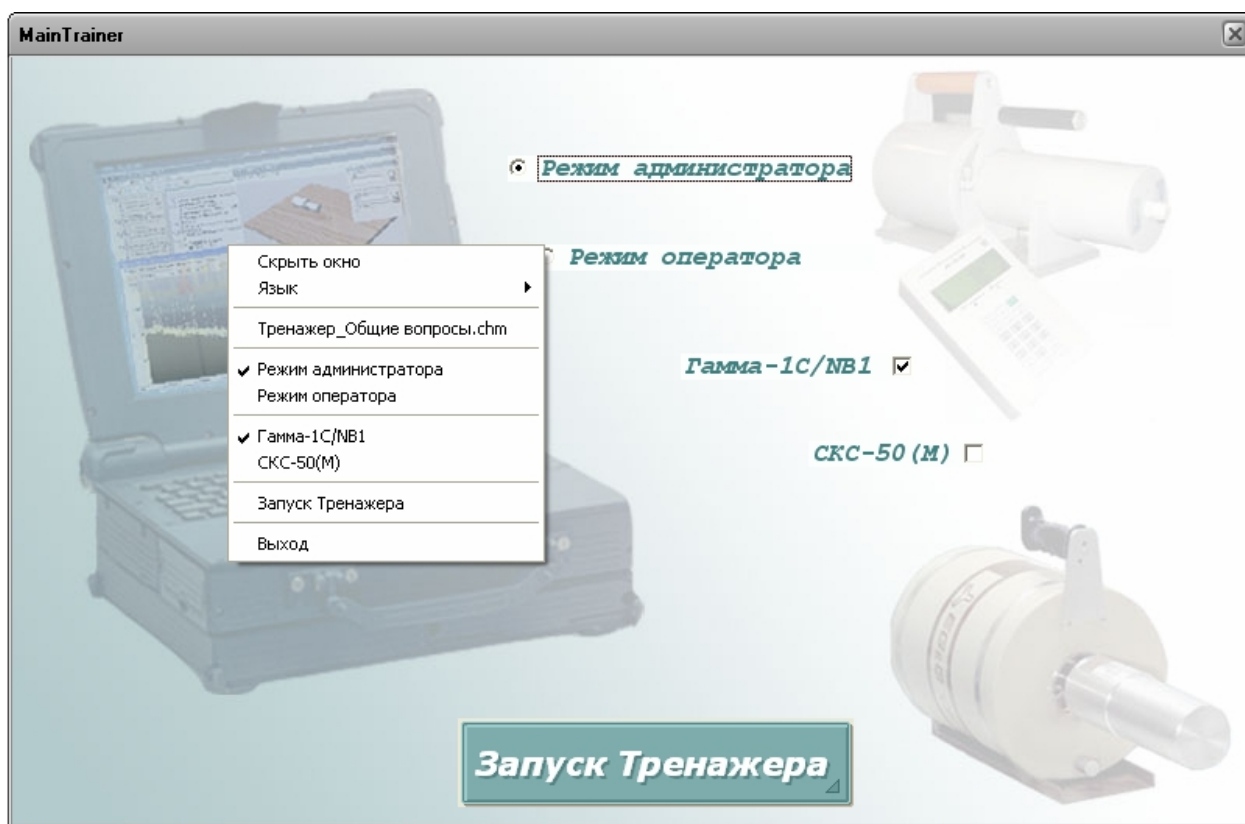


Рис. 1.7 Основне вікно програми MainTrainer

Програма MainTrainer дозволяє вибрати режим роботи комплексу («Адміністратор» або «Оператор»), спектрометричні пристрій (СКС-50 (М) і Гамма-1С / NB1) і мову інтерфейсу (російська або англійська) основних його модулів з допомогою контекстного меню або відповідних опцій в основному вікні.

У режимі «Адміністратор» після натискання кнопки Запуск тренажера або вибору однойменного пункту контекстного меню викликається програмна оболонка WorkMaster для розрахунку шаблонів спектрів, формування і попереднього перегляду завдань, створення навчальних відеороликів, запуску основних модулів комплексу. Так як режим «Адміністратор» захищений паролем, з'явиться діалог для його введення.

Якщо пароль був введений невірно, видається повідомлення про помилку, і Тренажер запускається в режимі «Оператор».

Після установки комплексу необхідно ввести пароль admin.

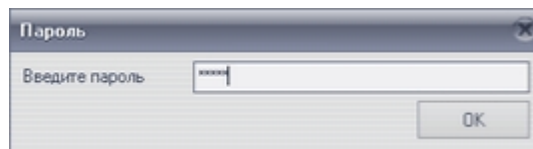


Рис. 1.8 Ввід пароля для запуску в режимі «Адміністратор»

У режимі «Оператор» відкривається програмна оболонка OperatorTrainer для запуску вже створених адміністратором завдань і перегляду навчальних відеороликів.

Залежно від обраного спектрометра WorkMaster і OperatorTrainer викликаються з відповідним списком завдань. У комплект поставки входять .tsk - файли для СКС-50 (М) і Гамма-1С / NB1.

У програмі MainTrainer передбачені можливості відображення або приховування в треї головного вікна за допомогою пункту контекстного меню

Показати вікно / Приховати вікно і виклику файлу довідки по основних можливостях Тренажера.

1.6 Загальна схема роботи комплексу

Структура даних

Структура комплексу наведена на схемі

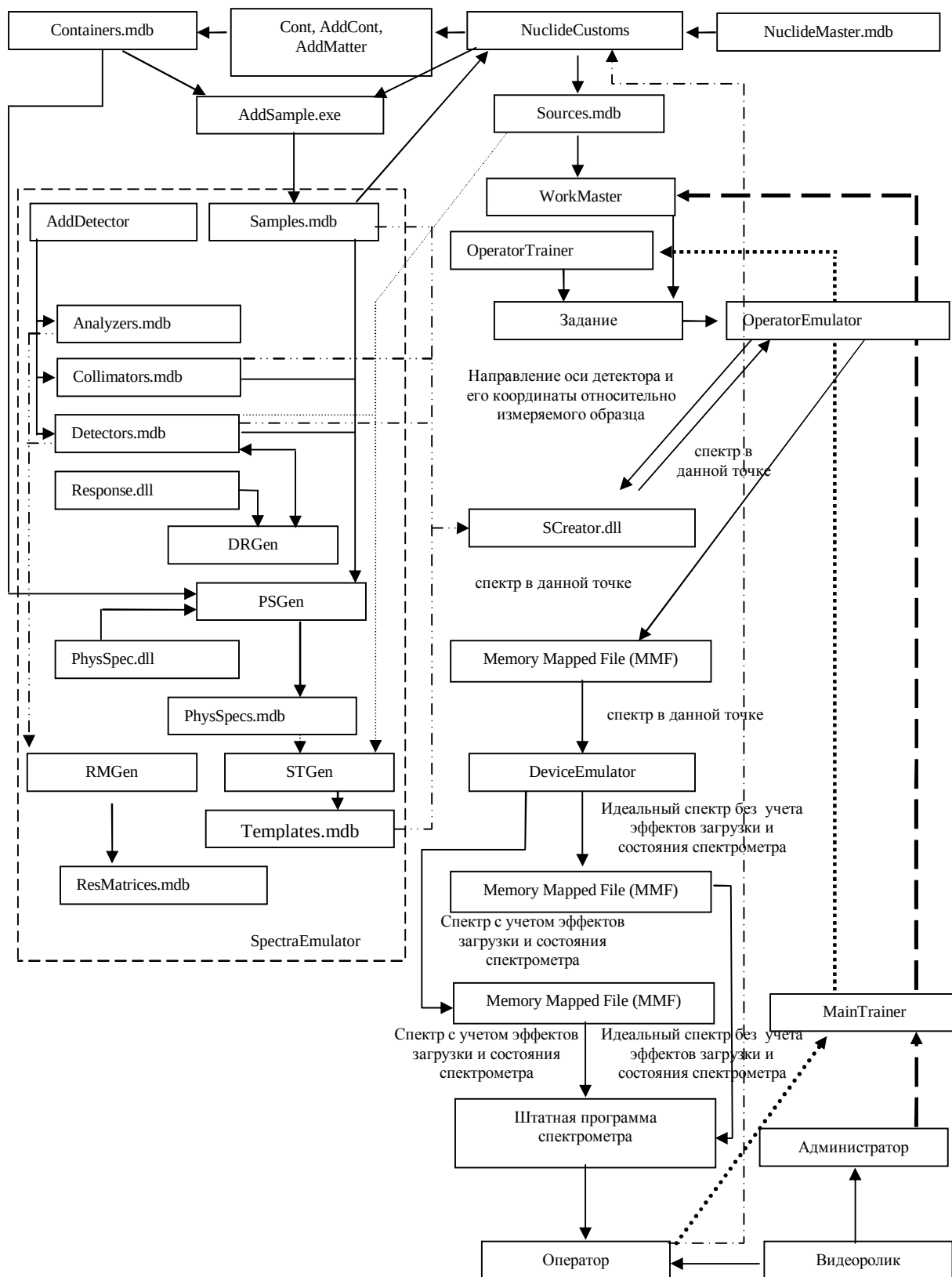


Рис. 1.9 Структура комплексу

Нижче наведено короткий опис основних програмних модулів:

- Оператор - в режимі оператора запускається програма OperatorTrainer, за допомогою якої користувач переглядає відеоролик або виконує одне із завдань.
- Адміністратор - в режимі адміністратора запускається програма WorkMaster для формування нових розділів і завдань тренажера, зміни існуючої бази шаблонів.
- MainTrainer - головна програма, яка визначає функціонування і зв'язок між усіма складовими тренажера.
- NuclideMaster.mdb - база ядерно-фізичних даних по параметрах розпаду радіонуклідів на основі оцінених даних по структурі ядра ENSDF / 2.
- Containers.mdb - база даних по захисним контейнерам.
- Cont, AddCont- модулі для створення і зміни моделей захисних контейнерів.
- AddMatter - модуль для формування параметрів матеріалів.
- Samples.mdb - база даних по зразкам.
- AddSample - модуль для створення і зміни зразків.
- Sources.mdb - база даних з енергетичними розподілами джерел.
- NuclideCustoms - пакет для формування енергетичного розподілу довільного радіонуклідного складу.
- Detectors.mdb - база даних з детекторів.
- Collimators.mdb - база даних по коліматорі.
- Analyzers.mdb - база даних по аналізаторів.
- AddDetector - модуль для формування параметрів спектрометра.
- Response.dll - динамічна бібліотека для розрахунку функцій відгуку.
- PhysSpec.dll - динамічна бібліотека для розрахунку квазіфізическіе спектрів.
- PhysSpecs.mdb - база даних квазіфізическіе спектрів.
- ResMatrices.mdb - база даних матриць відгуку.
- DRGen - модуль для розрахунку функцій відгуку гамма-спектрометра.

- RMGen - модуль для побудови матриць відгуку гамма - спектрометра.
- PSGen - модуль для розрахунку квазіфізическіе спектрів гамма-випромінювання джерел.
- STGen - модуль для розрахунку шаблонів апаратурних спектрів.
- Templates.mdb - база даних шаблонів спектрів.
- WorkMaster - програма для розрахунку шаблонів спектрів, формування і попереднього перегляду завдань, створення навчальних відеороликів, запуску основних модулів й комплексу.
- OperatorTrainer - навчальна програма для запуску вже створених адміністратором завдань і перегляду відеороликів.
- OperatorEmulator - модуль для емуляції дій спектрометриста.
- SCreator.dll - динамічна бібліотека для генерації апаратурних спектрів в реальному часі на основі розрахованих шаблонів.
- DeviceEmulator - модуль для управління спектрометром.

Коротка інструкція з розрахунку шаблонів і моделювання апаратурних спектрів

Операції зі створення нових моделей, зміни параметрів існуючих і розрахунку шаблонів апаратурних спектрів доступні тільки користувачу з правами адміністратора.

Підготовку шаблонів апаратурних спектрів для джерел з довільним радіонуклідним складом можна виконати послідовно, в режимі майстра, з переглядом результатів на кожному кроці.

Розрахунок складається з наступних етапів:

1. Побудова моделі детектора (модуль AddDetector).
2. Розрахунок функції відгуку детектора (модуль DRGen).
3. Створення моделі аналізатора (модуль AddDetector).

4. Розрахунок матриці відгуку для обраних детектора і аналізатора (модуль RMGen).
5. Побудова моделі коллиматора (модуль AddDetector).
6. Завдання параметрів матеріалу (модуль AddMatter).
7. Побудова моделі контейнера (модулі Cont, AddCont).
8. Побудова моделі зразка (модуль AddSample).
9. Розрахунок квазіфізическіе спектра для обраних детектора, коллиматора і зразка (модуль PSGen).
10. Побудова енергетичного розподілу для обраного зразка, модуль NuclideCustoms.
11. Розрахунок шаблону апаратурного спектра для детектора, аналізатора, коллиматора, зразка і джерела (модуль STGen).
12. Моделювання апаратурного спектра на основі розрахованого шаблону і його перегляд за допомогою макета лабораторії спектрометриста

Коротка інструкція по формуванню завдання

Змінювати розділи тренажера (створювати нові завдання, змінювати і видаляти існуючі) може тільки користувач з правами адміністратора.

За допомогою модуля Параметри завдання в складі програми WorkMaster необхідно:

1. Ввести назву завдання,
2. Вибрати або ввести назву лабораторної роботи, в рамках якої воно створюється,
3. Встановити .avi або .wmv файл демонстраційного відеоролика,
4. Ввести необхідні текстові коментарі,
5. Вибрати спектрометр (детектор, аналізатор і коліматор),
6. Вибрати зразок, задавши попередньо його тип,

7. Якщо для детектора, аналізатора, колиматора і зразка є джерело і розрахований шаблон, його назва із зазначенням радіонуклідного складу і значень активності буде відображатися в списку Джерела. У такому випадку його можна додати в завдання в якості основного або фонового.

У завдання можна додавати кілька джерел для конкретного спектрометра, кожен раз вибираючи потрібний зразок (наприклад, задати точкове джерело і джерело в контейнері в якості основних, а газоподібне джерело - як фон).

Алгоритм дій оператора

Користувач з правами оператора може працювати з комплексом Тренажер тільки в режимі навчання:

1. Запустити програму MainTrainer.
2. Вибрати спектрометричні пристрій для навчання (СКС-50 (М) і Гамма-1С / NB1).
3. Запустити Тренажер в режимі «Оператор».
4. Вибрати необхідну завдання зі списку.
5. Переглянути навчальні відеоматеріали.
6. Запустити завдання.
7. На макеті лабораторії спектрометриста встановити джерела в потрібне положення, включити апаратуру.
8. В штатній програмі спектрометра скористатися додатковими функціями по включенню обладнання.
9. Уможливити відбір проб і обробку набраного спектра.
10. Проаналізувати результати обробки і на основі встановлених критеріїв зробити висновок про успішне (неуспішне) виконання завдання

2 ОПИС СКЛАДОВИХ КОМПЛЕКСУ ГАММАЛАБ

2.1 Модуль OperatorEmulator

Модуль OperatorEmulator дозволяє емулювати дії спектрометриста на робочому місці при проведенні вимірів. За допомогою цього модуля можна:

- завантажувати об'єкти на робочий стіл, використовуючи файл із завданням певного формату;
- переміщати об'єкти по робочому столу, емулюючи дії спектрометри ста (переміщення джерел і детектора один відносно одного, вимір відстані між ними) ;
- управляти параметрами спектрометра, емулюючи дії спектрометриста із зовнішнім пультом аналізатора(включення, виключення, підняття високого, повідомлення від приладу про помилки);
- працювати з штатною програмою спектрометра;
- налаштовувати інтерфейсну частину програми(вибирати стилі компонентів, змінювати розміри, положення статичних об'єктів).

Це керівництво містить наступні розділи:

- Запуск програми - опис параметрів запуску модуля і режимів його роботи.
- Макет лабораторії спектрометриста - опис складу макету і принципів управління;
- Управління спектрометром - опис роботи з вікном, що емулює зовнішній пульт аналізатора;
- Штатна програма спектрометра - опис запуску штатної програми спектрометра; - Додаткові функції і налаштування - зміна мови інтерфейсу, вибір і відключенні стилю, отримання інформації про програму;
- Опис файлової структури - опис файлів, необхідних для роботи програми, і їх форматів;

- Додаток I Список малюнків - список приведених в документі малюнків і схем;
- Додаток II Служба супроводу і підтримки - контактна інформація.

2.2 Основні терміни

"Видалити джерело з робочого столу" - віднести джерело від детектора на "нескінченну" відстань.

"Нескінченна" відстань - відстань, на якій вплив джерела незначний.

2.3 Запуск програми

Програма підтримує два режими роботи : "Оператор" і "Адміністратор". На додаток до можливостей, передбачених в режимі "Оператор", в режимі "Адміністратор" доступні наступні функції:

- перегляд і зміна положення фонових джерел, які в режимі "Оператор" приховані;
- збереження налаштувань макету і положення вимірюваних джерел, у тому числі і фонових, в переданому файлі із завданням;
- редагування налаштувань макету : розміри, положення і моделі статичних об'єктів;
- редагування налаштувань тракту, визначальних накладення ефектів апаратури на емульований спектр;

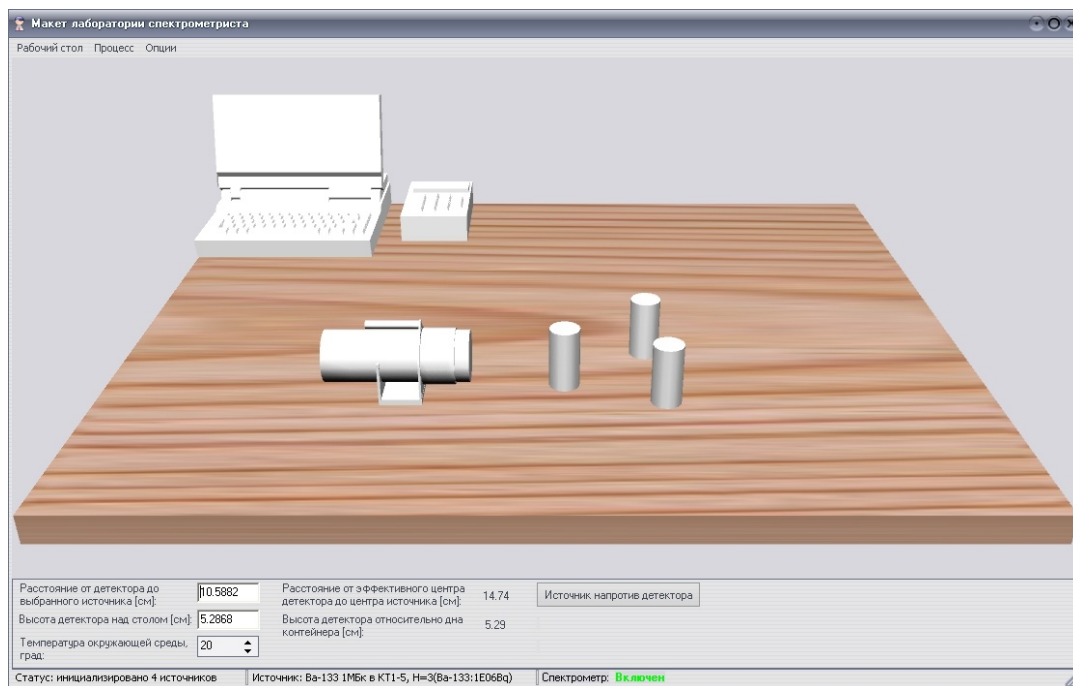


Рис. 2.1 Основне вікно програми

Запуск програми здійснюється через командний рядок з параметрами або із зовнішнього застосування (наприклад, WorkMaster). Запуск програми із зовнішнього застосування з використанням зручного інтерфейсу призначений, передусім, для користувача з правами оператора. Запуск через командний рядок з параметрами може знадобитися адміністраторові або програмістові. В цьому випадку в програму мають бути передані два параметри:

- повний шлях до файлу із завданням. Файл із завдання має бути файлом у форматі ini;
- <назва лабораторної роботи >;<назва завдання>. Символ ';' є обов'язковим роздільником між назва лабораторної і назвою завдання.

Приклад командного рядка для запуску програми : `-(000-0-) - TrainerOperatorEmulatorOperatorEmulator.exe " -(000-0-) - TrainerOperatorEmulatorTmp.ini" "Контроль активності радіоізотопних джерел в контейнерах;Cs - 134( -(000-2-) - кБк) в КТ1-10"`

Зауваження: кожен з параметрів має бути поміщений в подвійні лапки, щоб уникнути помилок у разі, якщо в назві параметра є присутніми символи, що є для цієї системи роздільниками.

2.4 Макет лабораторії спектрометриста

Макет лабораторії спектрометриста є 3D-модель робочого столу з розташованими на ній вимірюваними джерелами і спектрометром. До складу макету входять наступні елементи:

- робочий стіл,
- вимірювані джерела,
- спектрометр.

Управління макетом здійснюється за допомогою стандартних маніпуляторів: миші і клавіатури. Управління кожним елементом макету по-різному і описано у відповідних главах.

Робочий стіл

Робочий стіл зображений в вигляді поверхні стола, на котрому можуть знаходитись різноманітні об'єкти (Рис. 2.2). Об'єкти умовно можна розділити на динамічні та статичні. До динамічних відносяться об'єкти, котрі переміщуються за допомогою миші. Статичні об'єкти переміщуються через налаштування макета.

Передбачені наступні операції з робочим столом:

- зміна положення точки огляду робочого місця. Точка огляду(чи камера) є деяким положенням спостерігача в просторі із заданим напрямом огляду. В даному випадку погляд спостерігача спрямований завжди в центр поверхні робочого столу. Змінити положення точки огляду можна за допомогою миші:

- рух миші з натиснутою лівою клавiшею - обертання поверхні робочого столу відносно свого центру;
- обертання скрола миші - наближення/видалення точки огляду від робочого столу.
- зміна розмірів робочого столу (тільки у режимі "Адміністратор", група **Розміри робочого столу**).

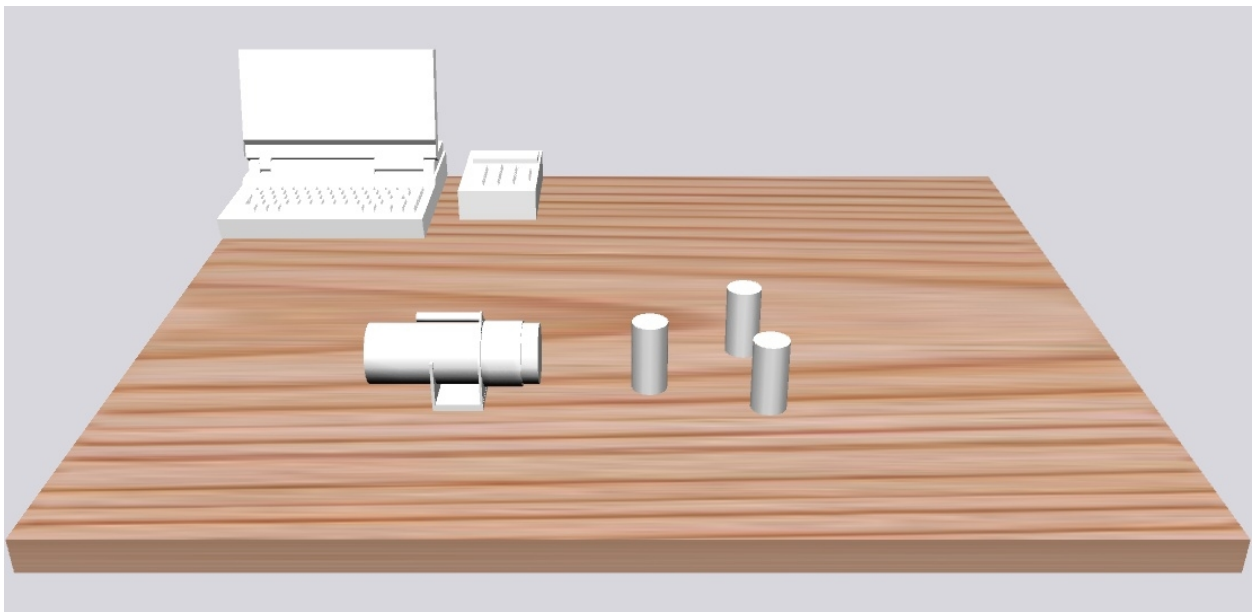


Рис. 2.2 Робочий стіл

У режимі "Адміністратор" можна зберігати налаштування макету в переданий файл із завданням. Для цього матимете в розпорядженні потрібним чином робочий стіл і об'єкти на нiм і виберіть пункт меню **Робочий стіл -> Зберегти координати**.

Вимірювані джерела

На макеті можуть бути представлені два види джерел (Рис. 2.3) :

- Точкове джерело - візуально є кулькою невеликого в порівнянні з іншими складовими макету предметами радіусу;

- Об'ємне джерело або джерело в контейнері - візуально є циліндром, що відповідає вказаним у базі даних розмірам;

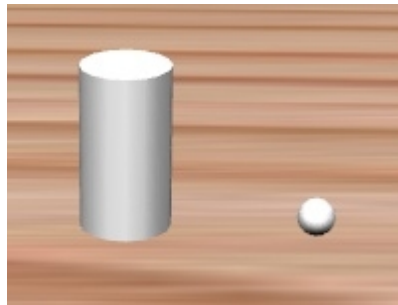


Рис. 2.3 Джерела на макеті лабораторії спектрометриста

Одночасно на столі можуть знаходитися декілька джерел. Початкове положення джерел визначається переданим в програму завданням. Якщо в завданні відсутнє початкове положення джерел, то джерела розташовуються автоматично в кутку робочого столу. Джерела, визначені в завданні як фонові, в режимі "Адміністратор" видні, а в режимі "Оператор" приховані.

Клацніть лівою клав'яшею миші по джерелу, щоб виділити його. Виділене джерело поміняє колір, в статусному рядку в полі **Джерело** відіб'ється інформація про нього. Передбачені наступні операції з джерелом:

- Переміщення на нове місце - помістіть покажчик миші на вибране джерело, натисніть ліву клав'яшу і плавно перемістіть покажчик в потрібне місце, не відпускаючи клав'яшу миші; при цьому рух джерела відбуватиметься паралельно поверхні робочого столу. Ті ж дії при натиснутій клав'яші **Shift** приведуть до переміщення джерела перпендикулярно робочому столу; при цьому переміщення вниз буде обмежено поверхнею робочого столу;
- Переміщення на задану відстань від детектора - вкажіть в полі Відстань від детектора до вибраного джерела потрібна відстань і натисніть **Enter**, джерело автоматично розташується навпроти детектора на задану відстань в проекції на стіл (Рис. 2.4).

- Приміщення джерела навпроти детектора - натисніть кнопку **Джерело навпроти детектора** нижньої панелі, щоб розташувати джерело навпроти детектора по осі симетрії детектора.
- Видалення джерела з робочого столу - означає віднесення джерела від детектора на "нескінченну" відстань. "Нескінченною" вважається відстань, на якій вплив джерела незначний. Виберіть меню **Робочий стіл -> Список джерел**, в списку, що відкрився, зніміть/встановите галочку навпроти потрібного джерела, щоб видалити його з робочого столу/повернути на робочий стіл. Щоб змінити значення "нескінченної" відстані, виберіть **Опції -> Налаштування**.
- Переміщення джерела в початкове положення - початковим вважається положення, яке зайняли джерела при запуску модуля. Двічі клацніть по робочому столу або виберіть меню **Робочий стіл -> Початкове положення**. При цьому в початкове положення перемістяться усі об'єкти на робочому столі.
- Перегляд документації на джерело, якщо вона є - виберіть меню **Робочий стіл -> Список джерел**. У вікні, що відкрилося, інформація про документацію на джерело міститься в списках, що розкриваються, відповідають кожному джерелу. Якщо список відсутній, означає документацію на це джерело немає. Щоб проглянути документацію, клацніть двічі на полі, що відповідає їй.
- Перегляд інформації про джерело - клацніть правою клав'яшею миші на джерелі. У вікні, що відкрилося, **Параметри джерела** відобразяться різні параметри вибраного джерела і, якщо є, контейнер в розрізі.

Расстояние от детектора до выбранного источника [см]:	10.5882	Расстояние от эффективного центра детектора до центра источника [см]:	14.74	Источник напротив детектора
Высота детектора над столом [см]:	5.2868	Высота детектора относительно дна контейнера [см]:	5.29	
Температура окружающей среды, град:	20			

Рис. 2.4 Панель управління макетом

Полі **Температура довкілля, град** дозволяє динамічно змінювати температуру довкілля.

Виберіть меню **Опции->Управління**, при цьому відкриється вікно **Управління**, що містить в короткому виді інформацію про управління макетом.

У режимі "Адміністратор" передбачена можливість зберігати розставляння джерел на макеті в переданому файлі із завданням. Для цього матимете в розпорядженні потрібним чином джерела (у тому числі і фонові), виберіть пункт меню **Робочий стіл -> Зберегти координати**.

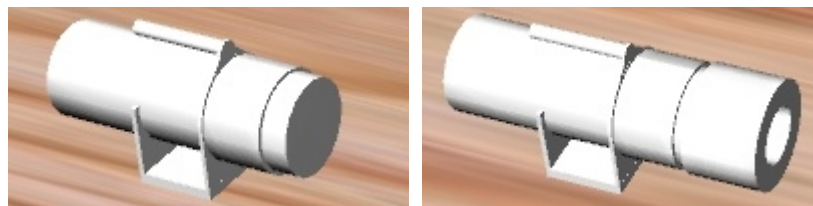
Спектрометр

Спектрометр на макеті представлений в спрощеному виді. До його складу входять наступні пристрої:

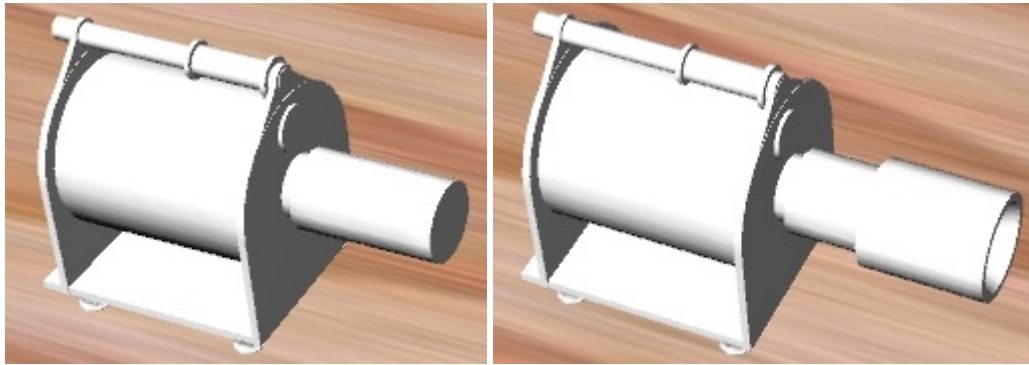
- Детектор;
- Аналізатор;
- Ноутбук.

Детектор

Детектор є блок детектування з коліматором (якщо він є) і відображається як єдиний об'єкт (Рис. 2.5). На макеті можуть бути представлені два типи детекторів : сцинтиляційний і напівпровідниковий. Тип детектора відповідає типу блоку детектування і визначається переданим в програму завданням. Залежно від завдання на макеті можуть бути представлені два типи коліматорів. Залежно від типу детектора і наявності і типу коліматора міняється зовнішній вигляд(модель) детектора на макеті. Сцинтиляційний детектор припускає апаратне управління спектрометром, напівпровідниковий - програмне.



а,б Сцинтиляційний детектор без коліматора і з коліматором першого типу.



в,г Напівпровідниковий детектор без коліматора і з коліматором другого типу.

Рис. 2.5 Детектор с коліматором і без на макеті лабораторії спектрометриста.

Передбачені наступні операції з детектором:

- Переміщення на нове місце - аналогічно переміщенню джерела;
- Переміщення детектора на задану висоту від рівня столу - вкажіть в полі **Висота детектора над столом** потрібну висоту і натисніть **Enter**.
- Зміна напрямку детектора - помістіть покажчик миші на детектор, натисніть праву клавішу і плавно перемістіть покажчик вліво або управо, не відпускаючи клавішу миші; при цьому детектор вчинить поворот відносно свого центру в площині, паралельної поверхні робочого столу. Ті ж дії при натиснутій клавіші **Shift** і переміщенні покажчика миші вгору або вниз приведуть до повороту детектора в площині, перпендикулярній робочому столу і паралельній осі детектора;
- Переміщення детектора в початкове положення - двічі клацніть по робочому столу або виберіть меню **Робочий стіл -> Початкове положення**.

При цьому в початкове положення перемістяться усі об'єкти на макеті.

Виберіть меню **Опції->Управління**, при цьому відкриється вікно **Управління**, що містить в короткому виді інформацію про управління макетом.

Аналізатор

Аналізатор призначений для управління спектрометром (Рис. 2.6). Його присутність на макеті залежить від типу управління спектрометром. Клацніть на зображення аналізатора, щоб включити/вимкнути спектрометр. Поточний стан спектрометра відобразиться в рядку стану основного вікна в полі **Спектрометр**.



Рис. 2.6 Аналізатор на макеті лабораторії спектрометри ста

Положення аналізатора на макеті можна змінити в режимі "Адміністратор" у вікні **Налаштування** (меню **Опції** -> **Налаштування**) в групі **Пристрої на робочому столі**

Ноутбук

Ноутбук на макеті використовується для запуску штатної програми (Рис. 2.7). Клацніть на зображення ноутбука (імітує включення ноутбука). Відкриє вікно, що емулює робочий стіл ноутбука (Рис.2.11 у п.2.6). Серед програм, представлених на робочому столі ноутбука, виберіть потрібну. Штатна програма повинна відповідати детектору.



Рис. 2.7 Ноутбук на макеті лабораторії спектрометриста

Зовнішній вигляд і положення комп'ютера можна змінити в режимі "Адміністратор" у вікні **Налаштування** (меню **Опції** -> **Налаштування**) в групі **Пристрої на робочому столі**.

2.5 Управління спектрометром

Передбачений два способи управління спектрометром:

- Апаратний - на макеті є присутнім аналізатор, який відповідає за включення/виключення спектрометра, емуляцію роботи спектрометра(підняття високого, прогрівши апаратуру), формування вихідних спектрів. В цьому випадку в рядку стану основного вікна в полі **Спектрометр** відображається, включений або вимкнений спектрометр.
- Програмний - аналізатор на макеті відсутній, усі функції по роботі спектрометра реалізує штатна програма. В цьому випадку в рядку стану основного вікна в полі **Спектрометр** вказано, що спектрометр має програмне управління.

Вибір способу управління спектрометром, а також налаштування параметрів емуляції доступні в режимі "Адміністратор" в налаштуваннях тракту.

Для апаратно-керованого спектрометра передбачені наступні операції:

- включення/виключення;
- підняття високої напруги;

Включення/виключення спектрометра

Щоб включити/вимкнути спектрометр, клацніть по аналізатору на макеті. Поточний стан аналізатора відображається в рядку стану основного вікна в полі **Спектрометр**. При включенні спектрометра, якщо передбачено підняття високої напруги, видається відповідний запит (Рис. 2.8). У разі ствердної відповіді, відкривається вікно управління високою напругою.

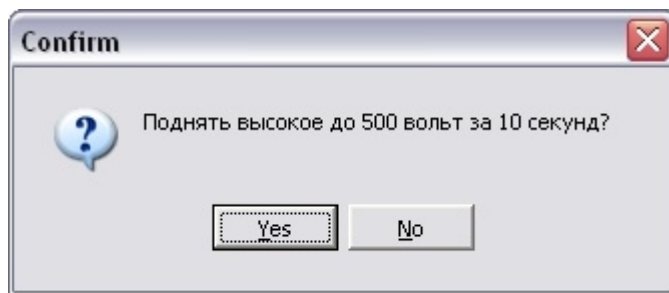


Рис. 2.8 Запит на підняття високої напруги

При виключенні спектрометра, якщо було зроблено підняття високого, необхідно повернути напругу в початковий стан, для чого автоматично відкривається вікно управління високою напругою. Якщо користувач вимикає прилад, не вимкнувши високу напругу, видається повідомлення про помилку і імітується поломка приладу

Вікно Висока напруга

Вікно **Висока напруга** (Рис. 2.9) дозволяє управляти напругою приладу. У полі **Задане значення** відображається встановлене для цього спектрометра значення амплітуди високого, в полі **Поточне значення** - значення на даний момент. Тумблер дозволяє управляти високою напругою, а смуга прокрутки показує поточний стан процесу. Вікно закривається автоматично після завершення процесу. Якщо користувач не бажає виконувати запропоновану дію, вікно можна закрити за допомогою хрестика в системному меню вікна.

Увага: Якщо користувач вимикає прилад, не вимкнувши високу напругу, видається повідомлення про помилку і імітується поломка приладу.

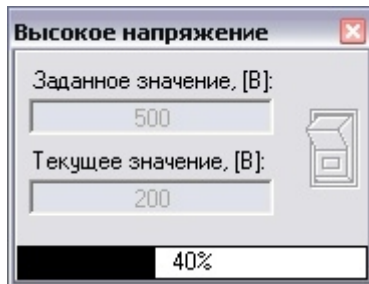


Рис. 2.9 Вікно Висока напруга

Настройки тракту

Оберіть пункт меню **Опції->Настройки->Тракт**, доступний в режимі «Адміністратор», для керування параметрами спектрометра.

Рис. 2.10 Закладка Тракт вікна Налаштування

- Група Тип управління спектрометром дозволяє вибрати один з двох типів управління спектрометром.
- Група Загальні:
 - Зміщення шкали [канал] - показує зрушення емульованого спектру в каналах відносно першого каналу;
 - Прискорений набір - коефіцієнт, що показує в скільки разів швидкість набору емульованого спектру відрізняється від реальної;

- ДНУ [канал] - дискримінатор нижнього рівня; показує, до якого каналу значення завантаження зануляється;
- Група Параметри вихідних даних містить інформацію про дані для обміну із зовнішніми застосуваннями:
 - Memory- файл з ідеальним спектром - ім'я проєктованого в пам'ять файлу(MMF), що містить ідеальний спектр;
 - Memory- файл з реальним спектром - ім'я проєктованого в пам'ять файлу(MMF), що містить реальний спектр з урахуванням ефектів апаратури;
- Група Параметри мертвого часу - містить параметри, що дозволяють емулювати значення мертвого часу;
- Група Параметри БНВ:
 - Час підняття [з] - час підняття напруги до рівня високого;
 - Амплітуда [У] - значення високої напруги; о Параметр шуму;
- Група Вплив завантаження містить параметри, які визначають погіршення емульованого спектру під впливом завантаження : максимальне завантаження, зрушення піків [канал], розширення піків [%], коефіцієнт асиметрії, прорахунки;
- Група Вплив температури містить параметри, що визначають вплив температури довкілля на емульований спектр:
 - t нормальна [С] - температура довкілля, при якому вплив на емульований спектр відсутній;
 - t довкілля [С] - значення температура довкілля за умовчанням;
 - Температурний коефіцієнт - зрушення піків в каналах на градус;

Температура довкілля може бути динамічно змінена оператором в процесі роботи з програмою в основному вікні в полі **Температура довкілля, град.**

Зауваження: не рекомендується змінювати налаштування тракту без необхідності і без знання принципів функціонування апаратури. Це може привести до зменшення достовірності емульованого спектру.

2.6 Штатна програма спектрометра

Вибір штатної програми спектрометра визначається користувачем. Щоб запустити штатну програму, клацніть по ноутбуку на макеті (імітує включення ноутбука). Відкривається вікно, що емулює робочий стіл ноутбука. Серед програм, представлених на робочому столі ноутбука, виберіть потрібну. Подальші дії користувача залежать від вибраної штатної програми і описані у відповідній документації.

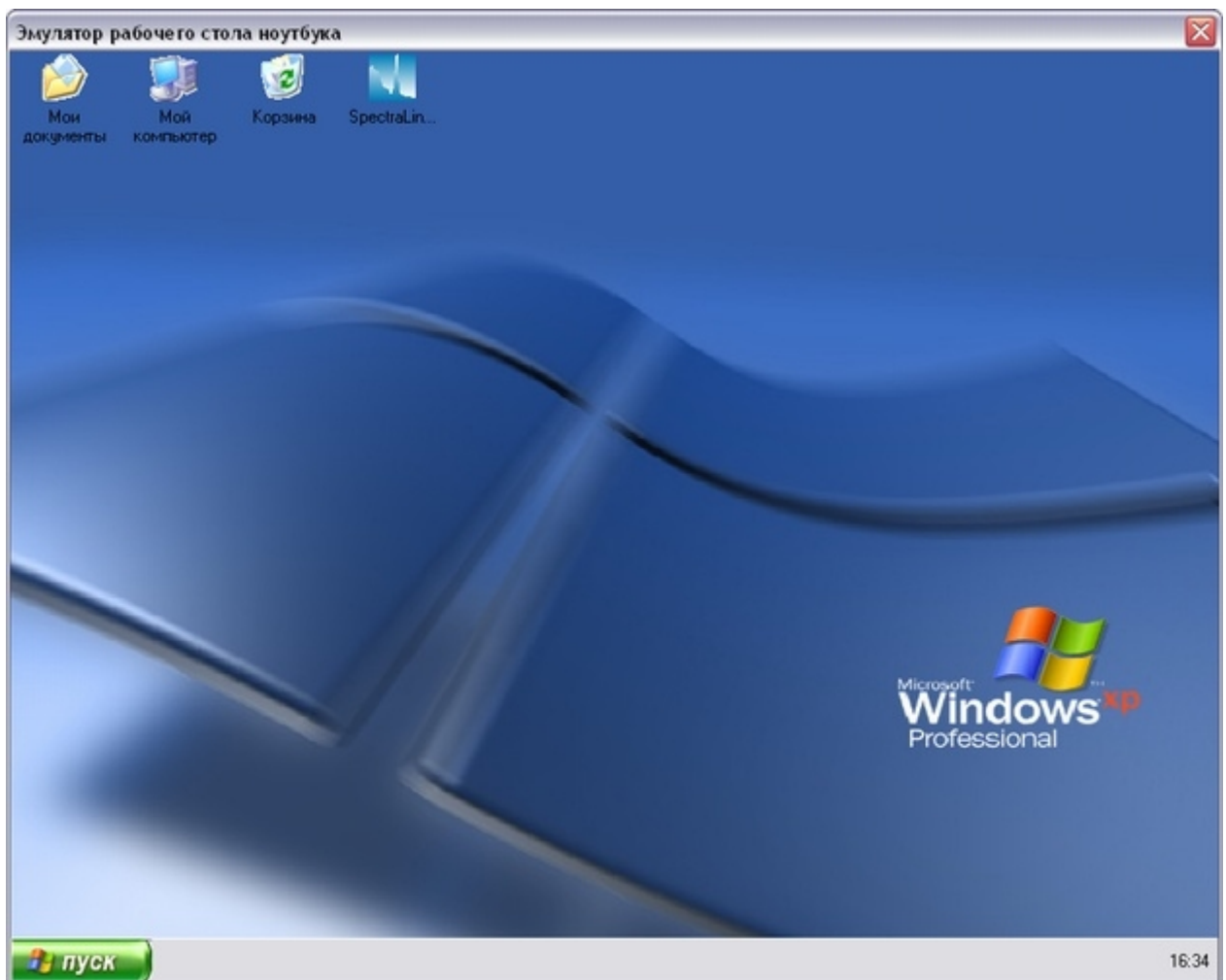


Рис. 2.11 Емулятор робочого столу ноутбука

2.7 Додаткових функцій і налаштування

В програмі передбачені наступні додаткові можливості:

- Налаштування параметрів макету;
- Вибір стилю інтерфейсу;
- Отримання інформації про програму;
- Отримання інформації про управління макетом.

Налаштування макета

Щоб відкрити настройки макета, виберіть пункт меню **Опції -> Настройки** ... Вікно містить поточні настройки і дозволяє їх редагувати (Рис. 2.12)

The screenshot shows the 'Общие' (General) settings window. It has two tabs: 'Общие' (selected) and 'Тракт'. The settings are organized into several sections:

- "Бесконечное" расстояние, [см]:** A text box containing the value '10000'.
- Директория с моделями детекторов:** A text box containing the path 'C:\LSRM\Trainer\OperatorEmulator\Media' with a folder icon to its right.
- Размеры рабочего стола (Workspace Dimensions):**
 - Длина, [см]:** A text box with '174' and a vertical spinner.
 - Ширина, [см]:** A text box with '145' and a vertical spinner.
 - Толщина, [см]:** A text box with '4' and a vertical spinner.
 - ☒ Сохранять изменения размеров рабочего стола
- Камера (Camera):**
 - ☒ Сохранять изменения положения камеры
- Устройства на рабочем столе (Devices on the workspace):**
 - Модель ноутбука:** A text box with 'C:\LSRM\Trainer\OperatorEmulator\media\computer.3ds' and a folder icon.
 - Модель анализатора:** A text box with 'C:\LSRM\Trainer\OperatorEmulator\media\analyzer.3ds' and a folder icon.
 - Координаты ноутбука (Laptop coordinates):**
 - X, [см]:** A text box with '15' and a vertical spinner.
 - Y, [см]:** A text box with '87' and a vertical spinner.
 - Z, [см]:** A text box with '8' and a vertical spinner.
 - Координаты анализатора (Analyzer coordinates):**
 - X, [см]:** A text box with '40' and a vertical spinner.
 - Y, [см]:** A text box with '90' and a vertical spinner.
 - Z, [см]:** A text box with '2' and a vertical spinner.
 - ☒ Сохранять изменения положения устройств

Рис. 2.12 Вікно Налаштування

В поле "**Нескінченне**" відстань, [см] вказується відстань, на яке відноситься джерело при видаленні його з робочого столу.

В поле **Директорія з моделями** вказується директорія, де містяться моделі детекторів в форматі 3ds. При установці Директорією з моделями вказується директорія Media, яка містить наступні моделі:

- detectorHG.3ds - модель напівпровідникового детектора;
- detectorSCI.3ds - модель сцинтиляційного детектора;
- computer. 3ds - модель ноутбука;
- analyzer.3ds - модель аналізатора;

У групі **Розміри робочого столу** вказуються довжина, ширина і товщина робочого столу в см у відповідних полях. При зміні значень візуальне відображення робочого столу змінюється динамічно. Якщо встановлений прапор **Зберігати зміни розмірів робочого столу**, то щодо закриття основного вікна програми розміри столу зберігаються в службових файлах і відновлюються при наступному запуску програми.

У групі **Камера** встановлений прапор **Зберігати зміни положення камери** означає, що по закритті основного вікна програми положення камери зберігається в службових файлах і відновлюється при наступному запуску програми. Тут камера - це точка, з якої здійснюється огляд робочого столу. Управляти положенням камери можна за допомогою миші.

В група **Пристрої на робочому столі** в поле Файл з моделлю комп'ютера вказується файл у форматі 3ds для відображення ноутбука на робочому столі, в поле Файл з моделлю аналізатора вказується файл у форматі 3ds для відображення аналізатора. Поля КоординатаХ, КоординатаУ, КоординатаZ, відповідні координатам ноутбука, дозволяють змінювати положення ноутбука на робочому столі. Поля КоординатаХ, КоординатаУ, КоординатаZ, відповідні координатам аналізатора, дозволяють змінювати положення аналізатора на робочому столі. При зміні значень візуальне відображення ноутбука і аналізатора змінюється

динамічно. Якщо встановлений прапор Зберігати зміни положення пристроїв, то щодо закриття основного вікна програми положення пристроїв на робочому столі зберігається в службових файлах і відновлюються при наступному запуску програми.

Внесені зміни зберігаються щодо закриття вікна при натисканні кнопки **Ok**. При натисканні кнопки **Скасування** вікно закривається без збереження змін.

Встановлення зовнішнього вигляду

Пункт меню **Опції** -> **Стилі** дозволяє змінювати стиль вікон програми. При установці в директорія стилів містить чотири різних стилю **BlueGause**, **BlueIce**, **Golden**, **MacMetal**.

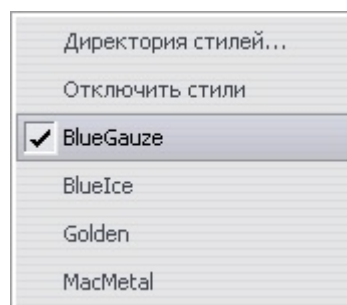


Рис. 2.13 Меню **Стилі**

Пункт меню **Директория стилів** дозволяє вказати директорію, що містить додаткові стилі. Пункт **Відключити стилі** дозволяє виводити вікно програми в стандартному вигляді, без використання стилів.

Інформація про програму

Для відображення інформації про програму виберіть пункт меню **Опції** -> **Про Програму**.

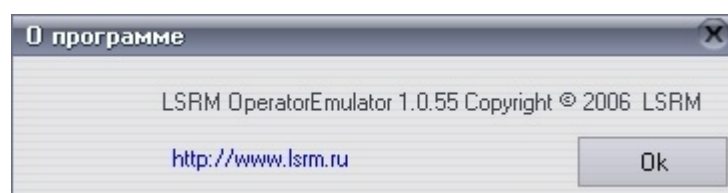


Рис. 2.14 Вигляд екрана **Про програму**

Інформація про управління макетом

Пункт меню **Опції** -> **Управління** викликає вікно **Управління**, де в стислому вигляді містяться основні функції управління макетом лабораторії спектрометра.

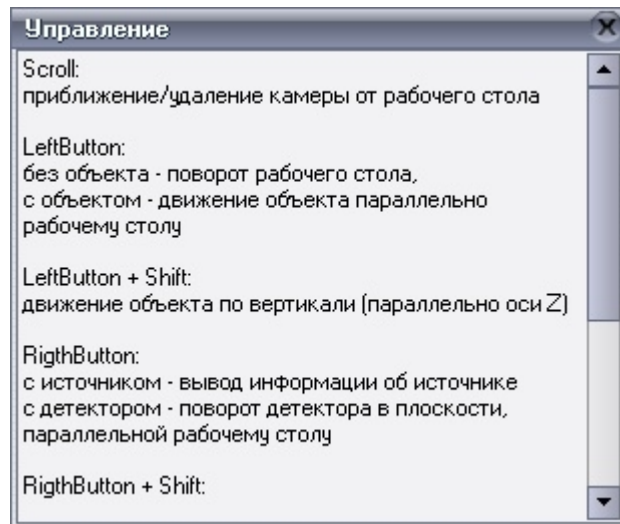


Рис. 2.15 Вікно Управління

2.8 Опис файлової структури

До складу програми входять наступні файли і директорії:

- Директорія DeviceEmulator містить файли з настройками спектрометра <детектор> .ini.
- Файл <детектор> .ini містить настройки спектрометра відповідно до назви файлу.
- Директорія OperatorEmulator - робоча директорія програми.
- Директорія media - директорія з моделями формату 3ds за замовчуванням.
- Файл *.3ds - файл, що містить тривимірну модель.
- Файл OperatorEmulatrор.exe - виконуваний файл програми.
- Файл WorkTable.ini - службовий файл, який містить налаштування програми.

- Файл DetectorSettings.ini - службовий файл, що містять настройки за типами детекторів і коллиматоров.

2.9 Опис інтерфейсу

Меню Робочий стіл

- Список джерел - відриває вікно Список джерел (Рис. 2.20).
- Початкове положення - переміщує всі об'єкти на макеті в початкове положення
- Зберегти координати - зберігає координати всіх об'єктів в переданий файл із завданням
- Вихід - закриває вікно програми.

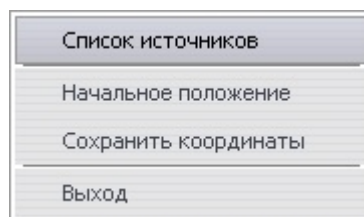


Рис. 2.16 Меню Робочий стіл

Меню Процес

- Ініціалізувати - дозволяє переініціалізувати розрахункові бібліотеки програми для усунення можливих помилок

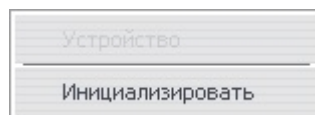


Рис. 2.17 Меню Процес

Меню Опції

- Налаштування - відкриває вікно Налаштування для управління параметрами робочого столу і спектрометра.
- Стилі - дозволяє управляти зовнішнім виглядом вікна
- Про програму - виводить інформацію про програму

- Управління - виводить коротку інформацію з управління макетом

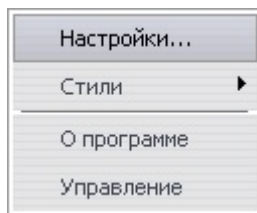


Рис. 2.18 Меню Опції

Рядок стану

- Поле Статус - показує стан ініціалізації розрахункових бібліотек і кількість ініціалізованих джерел.
- Поле Джерело - показують інформацію про обраний джерелі.
- Поле Спектрометр - показує інформацію про спектрометри (включень / виключень або тип управління).

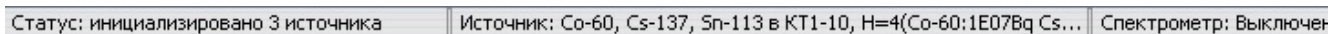


Рис. 2.19 Рядок стану

Панель управління макетом

- Поле **Відстань від детектора до обраного джерела [см]** - відображає і дозволяє задавати відстань від центру кришки детектора до центру джерела в проекції на площину стола. (Рис. 2.4)
- Поле **Висота детектора над столом [см]** - відображає і дозволяє задавати відстань від поверхні столу до центру детектора.
- Поле **Відстань від ефективного центру детектора до центру джерела [см]** - відображає відстань від ефективного центру детектора до центру джерела [см].

- Поле **Висота детектора щодо дна контейнера [см]** - відображає відстань від центру детектора до рівня дна контейнера.
- Кнопка **Джерело навпаки детектора** - ставить джерело на відстань, заданий в полі **Відстань від детектора до обраного джерела [см]**, в напрямку осі симетрії детектора.

Вікно Параметри джерела

Показує інформацію про обраний джерелі: параметри джерела, зразка, контейнера з малюнком (якщо він є).

Вікно Список джерел

Містить список джерел в завданні, в тому числі і фонових, з можливістю переміщення і виведення документації.

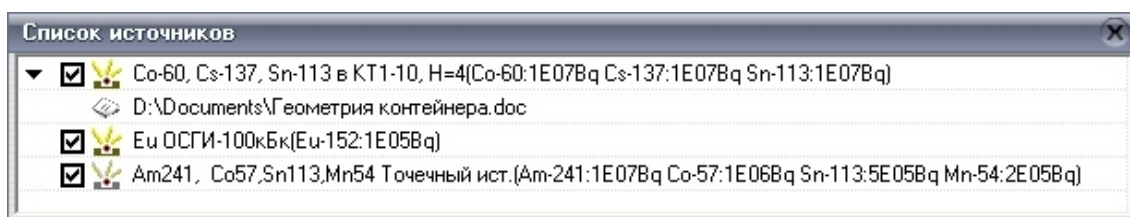


Рис. 2.20 Вікно Список джерел

Вікно Документація на джерело

Показує документацію на заданий джерело в форматі MS Word.

Вікно Налаштування

- Закладка **Загальні** - дозволяє редагувати налаштування зовнішнього вигляду макета.
- Закладка **Тракт** - дозволяє управляти настройками спектрометра і параметрами емуляції.

Вікно про програму

Відображення інформації про програму (Рис. 2.14).

Вікно Управління

Показує в стислому вигляді інформацію про управління макетом (Рис. 2.15).

Вікно Емулятор робочого столу ноутбука

Показує емулятор робочого столу ноутбука (Рис. 2.11)

Вікно Висока напруга

- Поле заданий значення - відображає задане значення високої напруги (Рис. 2.9).
- Поле Поточне значення - відображає значення напруга в поточний момент.
- Смуга прокрутки відображає стан процесу.
- Тумблер дозволяє управляти напруга.

З ВИКОРИСТАННЯ ГАММАЛАБ У ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Тренажер ГаммаЛаб має низку переваг у процесі навчання спеціалістів, зокрема: уникати необхідності мати реальні джерела іонізуючого випромінювання; дає можливість навчати роботі на дорого вартісному приладі не купуючи сам прилад; проводити як індивідуальне навчання, так і навчання цілої групи, з використанням засобів відео відображення (у тому числі шляхом дистанційного навчання за допомогою Zoom конференцій); формувати лабораторні роботи і завдання до них, що включають набір інструкцій, відеоролік, файли з документацією на джерело; моделювати роботу спектрометра при використанні детекторів з різними характеристиками (ефективність реєстрації, енергетична роздільна здатність, тощо), що дозволяє використовувати комплекс в разі модернізації приладу або при вивченні, наприклад, теми «Характеристики детекторів» [1,8].

Вивчаючи комплекс було виявлено наступні недоліки: не вірні розрахунки при некоректному введенні початкових даних (зокрема, відстані між детектором та джерелом та/або типу геометрії та/або типу контейнеру); обмеженість баз даних. Для пошуку можливих недоліків комплексу пропонується створити банк даних реальних спектрів з подальшим їх порівнянням із замодельованими ГаммаЛабом спектрами для таких самих проб.

Спектрометричні методи аналізу речовини, як за радіонуклідним складом так і за ізотопним вмістом, з появою приладів високого розділення знаходять все нові застосування на практиці в таких областях, як екологія і охорона довкілля, сертифікація продукції, митний контроль, тощо. Достовірність і точність таких вимірів визначається як якістю апаратури, так і методичним та програмним забезпеченням. Різноманіття об'єктів виміру з різноманітним радіонуклідним складом породжує створення великої кількості методик виконання виміру і відповідних програмних продуктів. Одним з важливих чинників якості вимірів є кваліфікація персоналу що виконує роботу. Отже актуальним є застосування

сучасних методів навчання (наприклад, віртуальних симуляторів), для підвищення якості спектрометричних досліджень [2-5].

Для демонстрації окремих можливостей ГаммаЛабу було створено три джерела, які характеризуються наступним ізотопним складом:

- фонове джерело моделюється Ra-226: $1.0E07Bq$; Th-232: $1.3E07Bq$; K-40: $2.5E08Bq$ у бочці з водою на відстані 100м від детектора (див. Рис. 3.1)
- проба 1 – Cs-137: $1.0E04Bq$; Cs-134: $5.0E03Bq$; Co-60: $5.0E03Bq$ (див. Рис. 3.2)
- проба 2 – I-131: $1.0E04Bq$; Ru-106: $1.0E03Bq$ (див. Рис. 3.3)

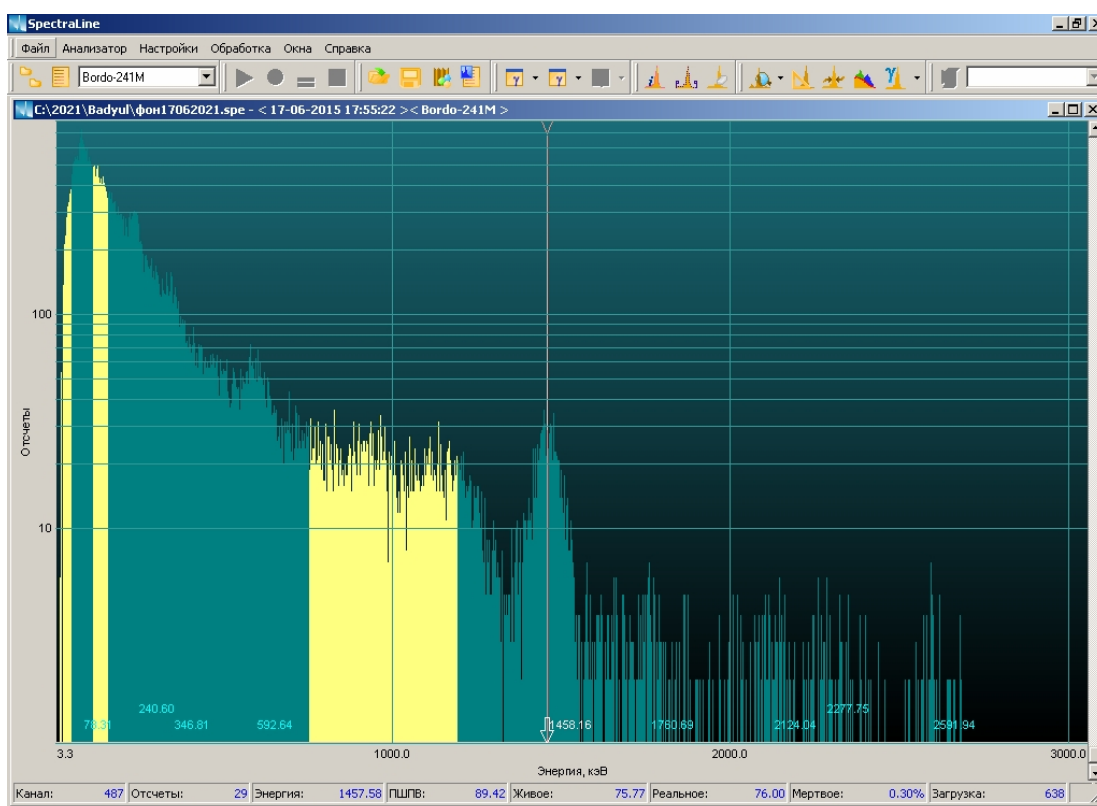


Рис. 3.1 Фоновий спектр

В Додатку Б наведені результати аналізу наведених на Рис.3.2-3.3 γ -спектрів у вигляді «Протоколів спектрометричних досліджень». Так проба I якісно ідентифікована правильно але кількісно має помітну помилку, що пов'язано із неточністю завдання відстані до детектора. У пробі II правильно ідентифікований ізотоп I-131 але Ru-106 не знайдено, хоч він і був у пробі. Отже, іноді ГаммаЛаб не дозволяє отримати достовірну інформацію про склад проби. Зокрема на це може впливати час вимірювання.

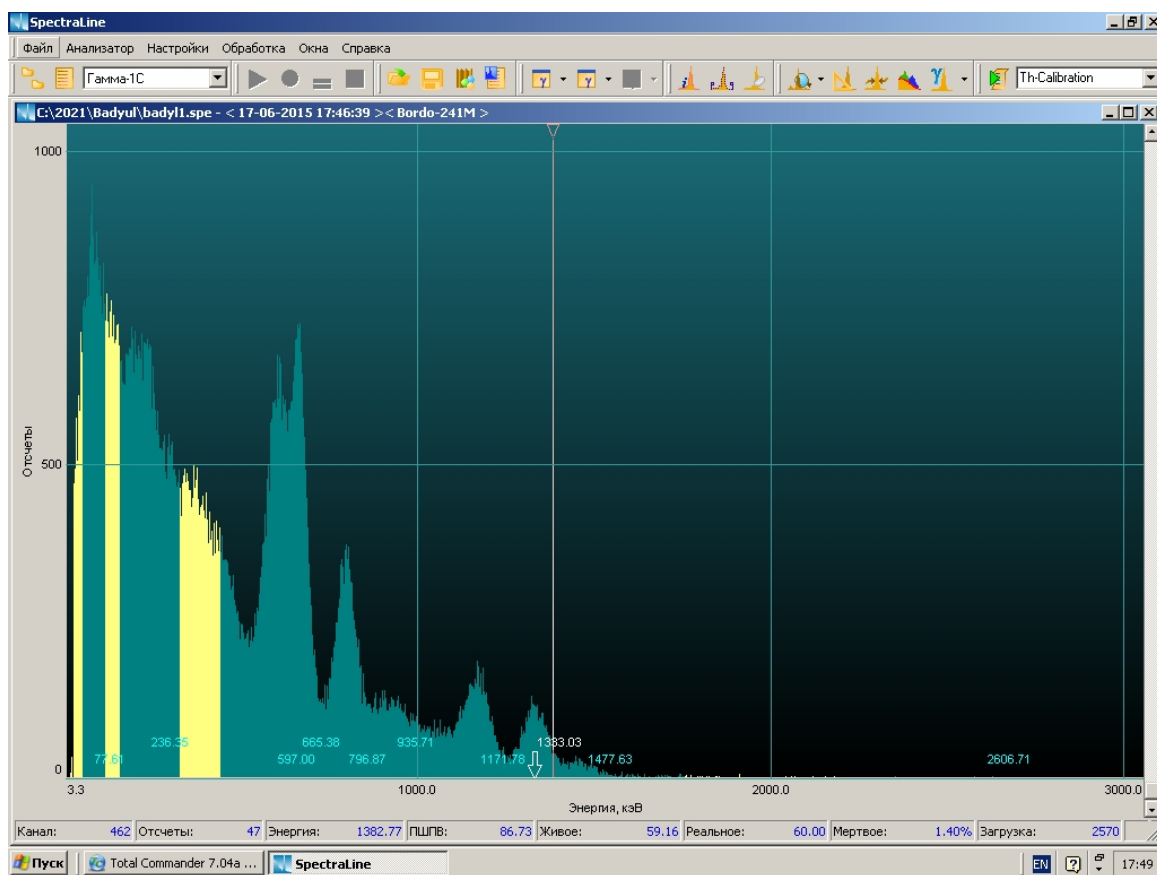


Рис. 3.2 Спектр I пробы

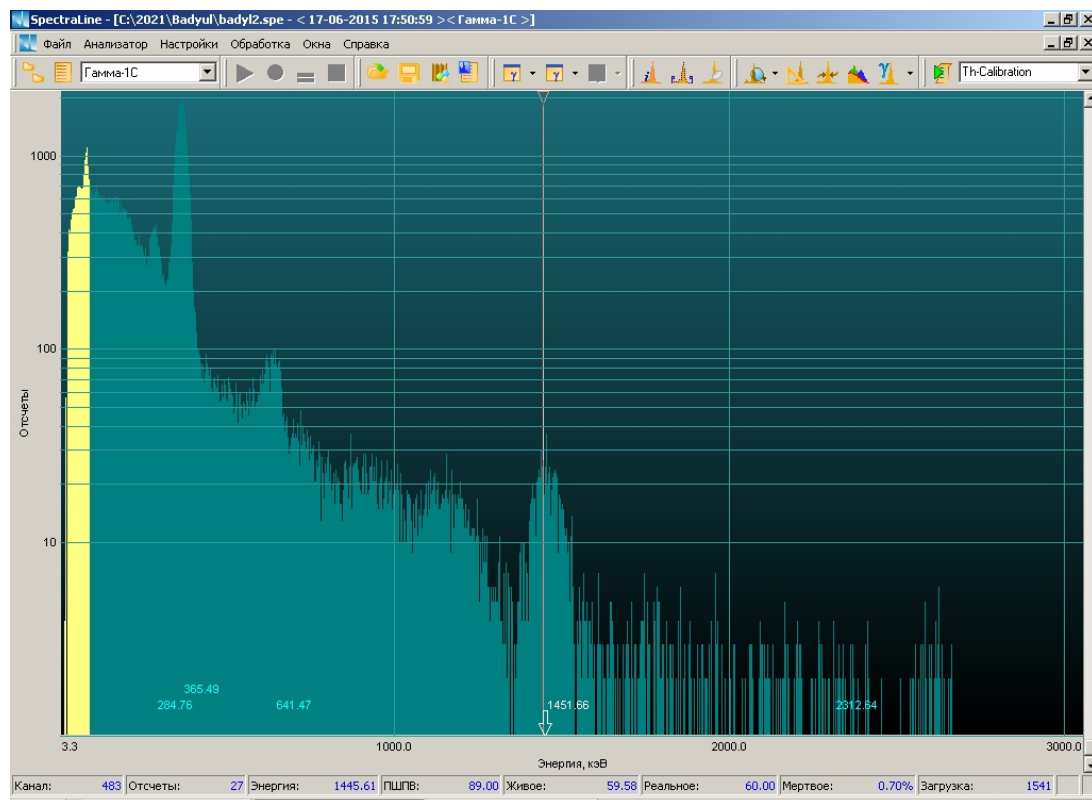


Рис. 3.3 Спектр II пробы

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи було розглянуто комплекс ГаммаЛаб, як тренажер для навчання фахівців зі спеціальності технології захисту навколишнього середовища.

Тренажер має ряд переваг у процесі навчання спеціалістів: уникати необхідності мати реальні джерела іонізуючого випромінювання; дає можливість навчати роботі на дорого вартісному приладі не купуючи сам прилад; проводити як індивідуальне навчання, так і навчання цілої групи, з використанням засобів відео відображення (у тому числі у форматі дистанційного навчання за допомогою Zoom конференцій); формувати лабораторні роботи і завдання до них, що включають набір інструкцій, відеоролик, файли з документацією на джерело; моделювати роботу спектрометра при використанні детекторів з різними характеристиками (ефективність реєстрації, енергетична роздільна здатність, тощо), що дозволяє використовувати комплекс в разі модернізації приладу або при вивченні, наприклад, теми "Характеристики детекторів".

Вивчаючи комплекс було виявлено наступні недоліки: не вірні розрахунки при некоректному введенні початкових даних (зокрема, відстані між детектором та джерелом та/або типу геометрії та/або типу контейнеру); обмеженість баз даних.

Для пошуку можливих недоліків комплексу пропонується створити банк даних реальних спектрів з подальшим їх порівнянням із замодельованими ГаммаЛабом спектрами для таких самих проб.

Незважаючи на певні недоліки ГаммаЛаб має достатні можливості для забезпечення освітнього процесу в підготовці фахівців в галузі технологій захисту навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кільян А.М. Дослідження радіаційних спектрів : Метод. вказ. до лаб. роб. /ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2007. 19с.
2. Курятников В.В., Кільян А.М., Співак А.Я. Моделювання спектрів гамма-випромінювання та використання віртуальної гамма-лабораторії Gammalab у навчальному процесі // PhysIST-2016, 2-5 травня 2016 р., ОДЕКУ, Одеса, Україна. 2016. С.39-42.
URL:<http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/2798/>
3. Герасимов О.І., Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Моделювання спектрів гамма-випромінювання з використанням віртуальної гамма-лабораторії GAMMALAB // VII-ий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25-27 вересня 2019 р., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна. 2019. С.98.
URL:<http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/6377>
4. Андріанова І.С., Герасимов О.І., Курятников В.В., Співак А.Я. Концептуальні питання освітньо-професійної підготовки фахівців з спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища» // Фізика аеродисперсних систем. 2021. №59. С.184-193.
DOI: <https://doi.org/10.18524/0367-1631.2021.59.227380>
5. Курятников В.В., Герасимов О.І., Андріанова І.С., Співак А.Я., Кільян А.М. Модельний аналіз даних гамма-спектрів в системі радіаційного моніторингу // Матеріали конференції VI Всеукраїнського з'їзду екологів, 21-22 вересня 2017р. ВНТУ, 2017. С. 100.
URL:<http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/18552/>
6. Берлизов А.Н., Даниленко В.Н., Ковальский Е.А., Скубо Ю.В., Соловьева С.Л., Федоровский С.Ю. GAMMALAB: программный комплекс для

эмуляции аппаратурных гамма-спектров в реальном времени //ООО «ЛСРМ», п. Менделеево. 2004.

URL:http://lsrm.ru/files/news/2004/GammaLab_obninsk.pdf

7. Danilenko V.N., Koval'skii E.A., Skubo Y.V., Solov'eva S.L., Fedorovskii S.Yu., Berlizov A.N., Vlasik K.F., Grachev V.M., Dmitrenko V.V., Ulin S.E., Uteshev Z.M., Chernysheva I.V. Simulation of Experiments with Pressurized-Xenon γ -Ray Detectors // Atomic Energy. 2008. Vol.105. P.50–59. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10512-008-9065-2>
8. Курятников В.В. Спектроскопія іонізуючого випромінювання : Метод. вказ. до СРС /ОДЕКУ. Одеса: Екологія, 2008. 42с.

ДОДАТОК А

Визначення і терміни

Зразок - сукупність геометричних параметрів радіоактивного джерела і захисного контейнера, в якому він знаходиться.

Тип зразка - визначає склад параметрів зразка: наявність контейнера, форму джерела, додаткові параметри.

Форма джерела - стан (твердий, рідкий, газоподібний) і розміри джерела. Визначає інші його параметри (розмір, положення).

Джерело - енергетичний розподіл конкретного радіонуклідного складу в заданій геометрії.

Шаблони - набір гамма - спектрів, розрахованих для джерела випромінювання і геометрії вимірювання, що включає джерело, контейнер, детектор і коліматор.

Функція відгуку детектора - сукупність ефективностей реєстрації детектора по піку повного поглинання (ППП), піках одиночного (ПОВ) і подвійного (ПДВ) вильоту, піку 511 кеВ, а також формі безперервного комптонівського розподілу.

Квазіфізичний спектр випромінювання - спектр гамма-випромінювання джерела, отриманий моделюванням за методом Монте-Карло.

ТУК - транспортний пакувальний комплект; визначені два типу ТУК: УКТ-РМ, ТК-ДМ.

ТК-ДМ - транспортний контейнер, призначений для зберігання і транспортування радіоактивних джерел.

УКТ-РМ - транспортний контейнер, упакований в тару, призначену для транспортування самого контейнера.

Завдання являє собою запис, що містить

- його назву,
- назва лабораторної роботи, в рамках якої воно створюється,
- перелік шаблонів і початкові координати випромінюючих зразків на макеті,

- демонстраційний відеоролик,
- коментарі.

Відеоролик - екранна копія зображення монітора при роботі з реальною програмою спектрометра СКС-50 (М) або Гамма 1С / NB1 під керуванням кваліфікованого оператора, записана у вигляді .avi або .wmv файлу.

ДОДАТОК Б

Протоколи спектрометричних вимірювань

Проба І

Протокол спектрометрических измерений

Тип прибора : **спектрометр БДС-Г5**

Заводской номер прибора : **23-03-98**

Свидетельство о поверке, № : **155**

Дата поверки : **10.12.1998**

Параметры измерения :

Дата измерения : 05.17.2021

Время измерения : 18:22:18

Живое время набора спектра : 59.16 с

Реальное время набора спектра : 60.00 с

Геометрия : Точечный

Расстояние источник-детектор : 0 см

Декларированные радионуклиды (активность на 17.05.2021) :

Радионуклид	Активность, Бк
CO-60	1000

Обнаруженные радионуклиды (активность на 17.05.2021) :

№	Радионуклид	Активность, Бк	Погрешность, %	Вклад, %
1	K-40Ф	1.477E04	28.7	6.163
2	CS-137	1.453E04	10.9	19.74
3	CO-60	7694	11.5	41.61
4	CS-134	7358	11.5	26.31
5	RA-226Ф	1576	17.2	4.26
6	TH-232	448.7	41.6	0.9201

Возможно присутствуют радионуклиды : (активность на 17.05.2021) :

№	Радионуклид	Активность, Бк	Вклад, %
1	TH-232Ф	<609.7	0.9975

Неидентифицированные линии:

№	Канал	Энергия, кэВ	Площадь	Погрешность
1	25.75	77.4	483.03	909.66
2	312.44	935.26	936.38	1111.94
3	493.77	1477.83	675.99	777.06

Измерение выполнил :

Спектрометрист

Бадюл О.В

Подпись _____

Проба II

Протокол спектрометрических измерений

Тип прибора : **спектрометр БДС-Г5**

Заводской номер прибора : **23-03-98**

Свидетельство о поверке, № : **155**

Дата поверки : **10.12.1998**

Параметры измерения :

Дата измерения : 05.17.2021

Время измерения : 18:30:04

Живое время набора спектра : 59.58 с

Реальное время набора спектра : 60.00 с

Геометрия : Точечный

Расстояние источник-детектор : 0 см

Декларированные радионуклиды (активность на 17.05.2021) :

Радионуклид	Активность, Бк
-------------	----------------

I-131	1000
-------	------

Обнаруженные радионуклиды (активность на 17.05.2021) :

№	Радионуклид	Активность, Бк	Погрешность, %	Вклад, %
1	I-131	1.606E04	11.5	57.98
2	K-40Ф	1.531E04	16.7	23.91
3	RA-226Ф	658.6	17.4	8.334
4	TH-232Ф	613.1	19.5	9.779

Неидентифицированные линии:

№	Канал	Энергия, кэВ	Площадь	Погрешность
1	26.78	80.48	1152.15	1606.23

Измерение выполнил :

Спектрометрист

Бадюл О.В

Подпись _____