

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ СІКОРСЬКОГО»
КАФЕДРА КЕОА

Звіт з виконання розрахунково-графічної роботи
з курсу: «Вимірювальні перетворювачі фізичних величин»
Тема: «Вимірювач температурного ходу сцинтиляційних детекторів
іонізуючих випромінювань»

Виконав:
студент III-го курсу
гр. ДК-51
Махньов О. І.

Київ – 2018

Теоретична частина

Сцинтиляційний детектор – детектор часток, дія якого заснована на реєстрації світлових спалахів у видимій області світла, що виникають при потраплянні частинок іонізуючого випромінювання у сцинтилятор.

Сцинтиляційні детектори використовують для побудови радіометричної апаратури: індикаторів-сигналізаторів, дозиметрів, спектрометрів, при проведенні ядерно-фізичних досліджень, тощо.

На відміну від детекторів на основі лічильників Гейгера-Мюллера, іонізаційних камер, тощо, амплітуди імпульсів з сцинтиляційних детекторів пропорційні енергії часток, що в них потрапила, тому їх використовують для побудови спектрометрів – приладів, що будують розподілення потоку часток іонізуючого випромінювання за енергією. За допомогою порівняння цих розподілень (рис. 1) з інформацією про енергії часток, що випромінює тий чи інший радіонуклід, можна робити висновки про природу та походження радіонуклідів, що знаходяться у зразку, що досліджується.

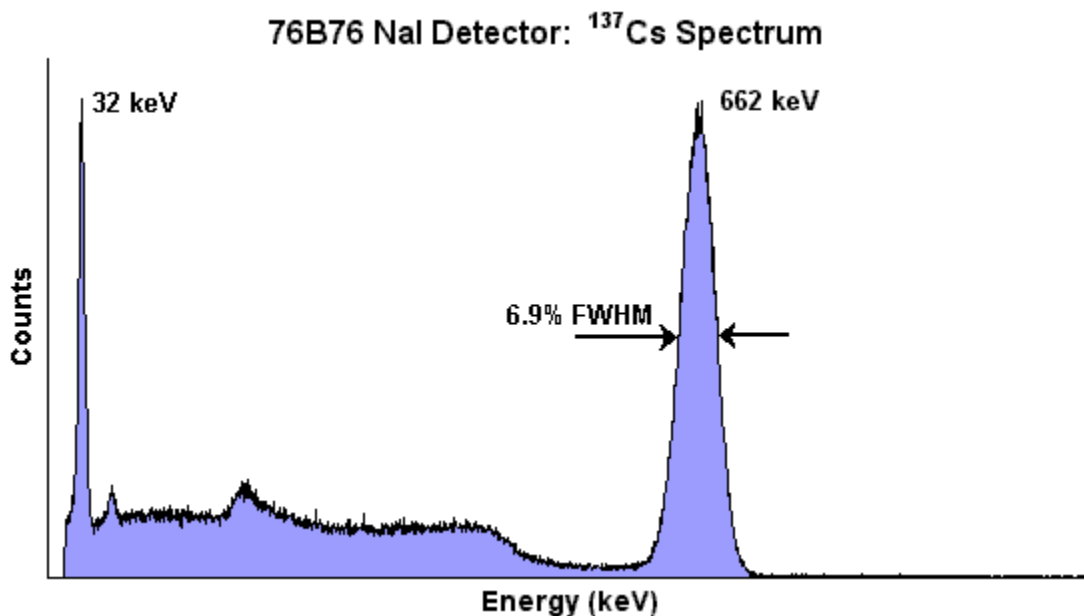


Рис. 1 – типовий спектр гамма-випромінювання Cs-137

Постановка задачі

В сучасній практиці ядерного приладобудування важливу роль відіграють польові спектрометри. Дані прилади повинні функціонувати в широкому діапазоні зовнішніх впливів, у тому числі – температурних.

Кристали сцинтиляційних матеріалів та світлоприймачі, з яких складаються детектори випромінювання цих спектрометрів, мають властивість змінювати свої характеристики при зміні температури.

Для того, щоб виконати компенсацію такого температурного ходу конкретного детектора необхідно мати характеристику зміни сигналу цього детектора при зміні температури. Виходячи з цього, маєтся сенс виготовити установку для вимірювання температурного ходу детектора та розробити програмне забезпечення для автоматизації даного процесу.

Розробка експериментальної установки та підготовка експерименту

У даній роботі буде проведено дослідження температурної характеристики детектора гамма-опромінення, що було виготовлено при виконанні курсової роботи з курсу «Схемотехніка аналогової та цифрової радіоелектронної апаратури», за темою «Пошуковий дозиметр гамма-опромінення», НТУУ «КПІ», ФЕЛ, КЕОА, 2017 р..

Характеристики детектора наведені у табл. 1.

Табл.1 – характеристики детектора

Тип детектора	Сцинтиляційний
Матеріал детектора	NaI (Tl), $\varnothing 18 \times 40$ мм
Тип фотоприймача	ФЕП ФЭУ-35
Чутливість	$200 \text{ с}^{-1}/\text{мкЗв/год}$ (за Cs-137).

Анізотропія детектору при зміні кута падіння гамма-випромінювання від 0^0 до 90^0 відносно первинного напрямку	Не більш 30%
--	--------------

Детектор є складною та масивною механічною структурою, що призводить до появи тимчасових температурних градієнтів при нагріванні (рис. 2). Тому для рівномірного нагріву детектора та коректності вимірювання температур необхідно використати термокамеру.

Термокамера має бути термоізована від зовнішнього середовища, мати регульований нагрівач з довільним налаштуванням температури. Для рівномірності нагрівання термокамери всередині повинна бути організована примусова циркуляція повітря.

Термокамера повинна витримувати довгочасні нагрівання та підтримання температури в межах експериментальних – визначимо максимальну температуру такою, якою вона є в більшості сучасних спектрометрів – до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

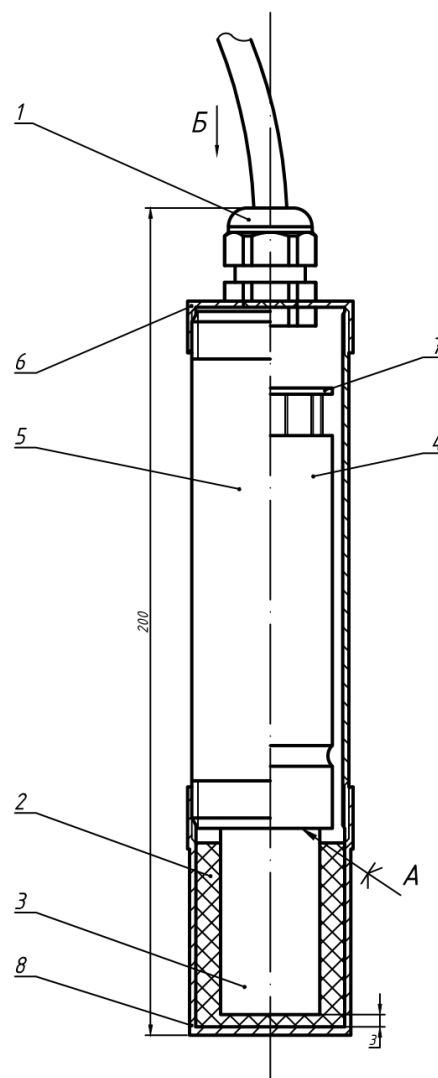


Рис. 2 – використаний детектор гамма-опромінювання. 1-кабельне введення, 2 – термо та –удароізоляція, 3 - сцинтилятор, 4 – ФЕП, 5 – корпус детектора, 6 – кришка детектора, 7 – плата подільника напруги, 8 – тримач кристалу

Детектор потребує стабільного високовольтного живлення (біля –1000В). Живлення не повинне нести завади та бути стабільним за своїм значенням у межах експерименту. Сигнал з детектору повинен оброблятися спеціальним амплітудним аналізатором та переводитись у цифрове представлення.

Для того, щоб виконати поставлені вимоги до термокамери було створено термокамеру з пінопластового контейнеру об'ємом 25 л. Всередині термокамери розмістили модифікований побутовий фен – з роздільними живленнями нагрівальних елементів та двигуна. Нагрівальні елементи фену під'єднані до лабораторного трансформатору для регулювання швидкості нагрівання. Лабораторний трансформатор вмикається та вимикається за допомогою терморегулятора, температурний датчик якого знаходиться у термокамері. Живлення двигуна фену постачається окремо – з лабораторного блоку живлення.

Отримана термокамера дозволяє отримувати та підтримувати так звані температурні «полички» в експериментальному діапазоні температур з середньою точністю в 0.5 °С.

В термокамері підвісили детектор опромінення та розмістили ще один температурний датчик – IC DS18B20.

Живлення на детектор подали з дозиметру, що було розроблено в ході тієї ж роботи, під час якої розробили детектор (див. вище). Сигнал з детектору, що являє собою імпульси, амплітуда яких пропорційна енергії частки, що потрапила в детектор, подали на амплітудний аналізатор, що вимірює амплітуду імпульсів струму з детектору та видає інформацію у вигляді цифрових імпульсів різної довжини. Цифрові імпульси подаються на перетворювач тау-коду, що було розроблено при виконанні Лабораторної

роботи №5 з курсу «Алгоритмізація та програмування – 3», НТУУ «КПІ», ФЕЛ, КЕОА, 2016 р.. Перетворювач тау-коду являє собою програмно-апаратний комплекс, що передає на ПК по USB-інтерфейсу інформацію про розподілення вхідних імпульсів за довжиною. Так як довжина імпульсів пропорційна енергії часток, що потрапляють в детектор, на ПК передається спектр гамма-опромінення за енергією. Також до МК перетворювача тау-кода підключено ІС-термодатчик DS18B20, що знаходиться у термокамері. Інформація з ІС транслюється на ПК. Фотографії установки наведені на рис. 3, 4, 5, схема установки – на рис. 6.

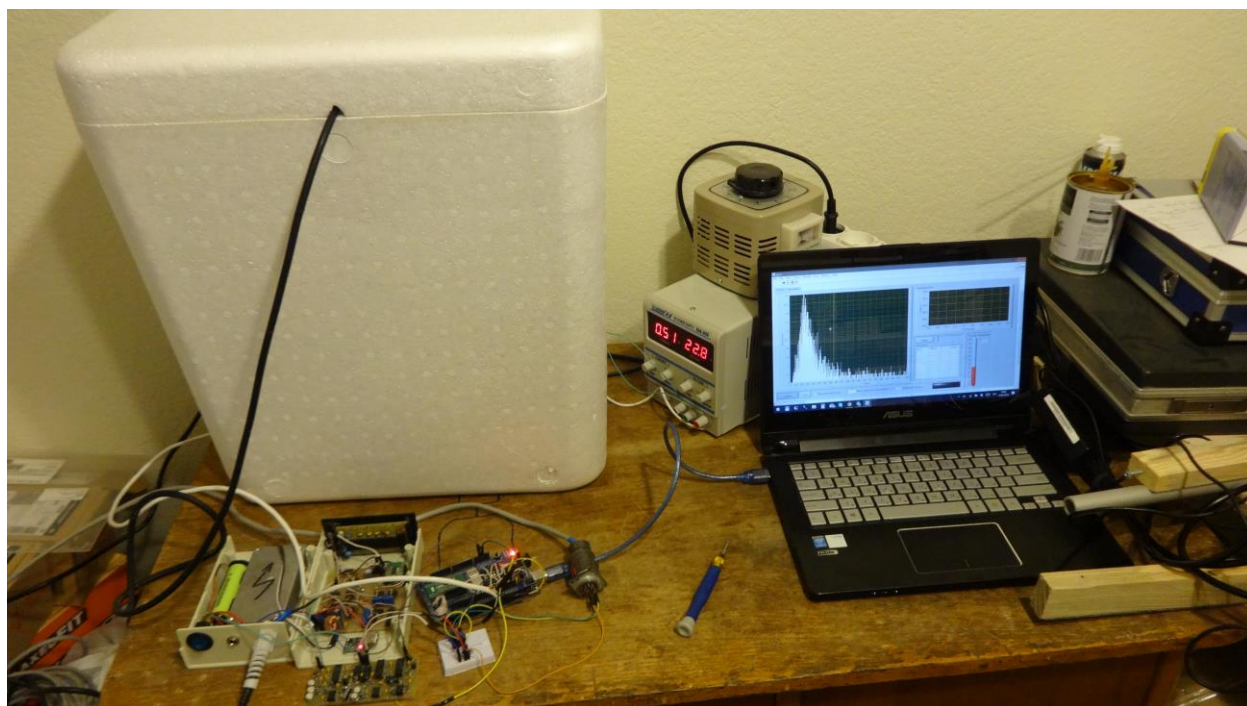


Рис. 3 – Загальний вигляд установки

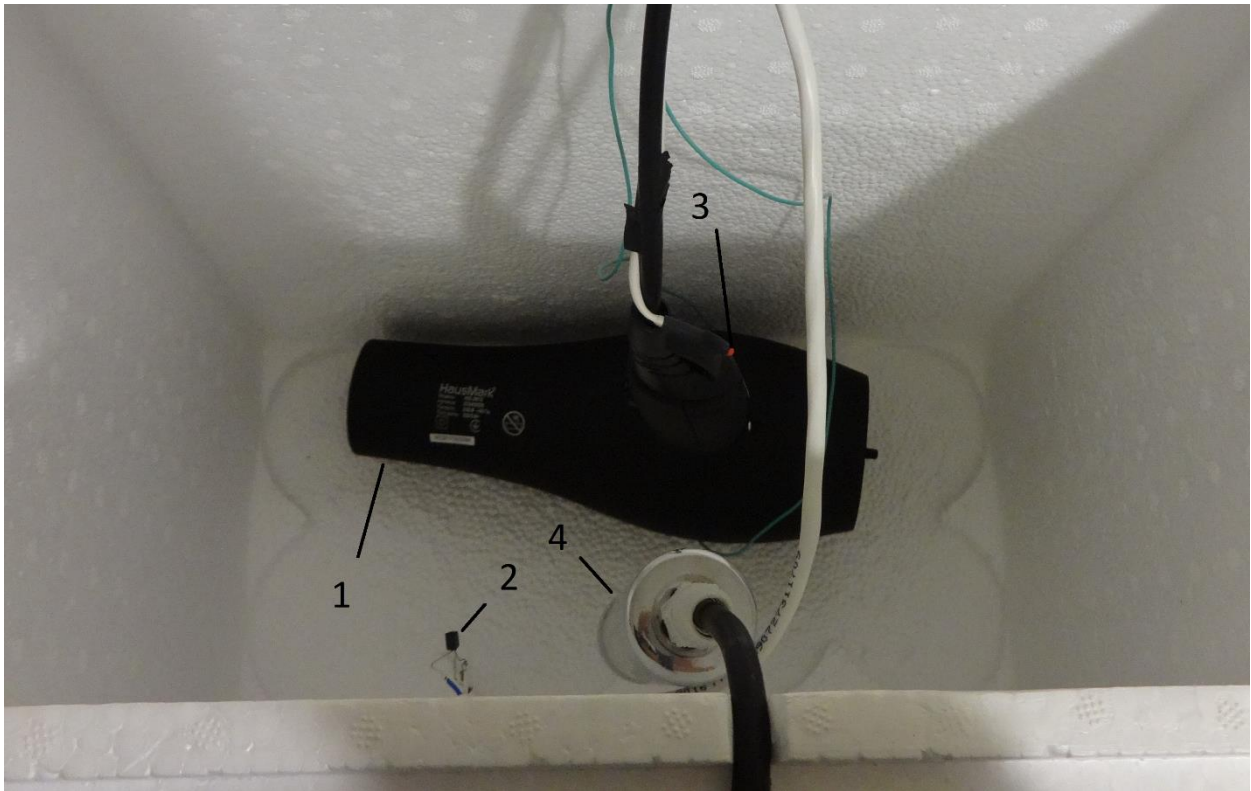


Рис. 4 – Вид у термокамеру. 1 – фен, 2 – IC DS18B20, 3 – термодатчик терморегулятора, 4 - детектор

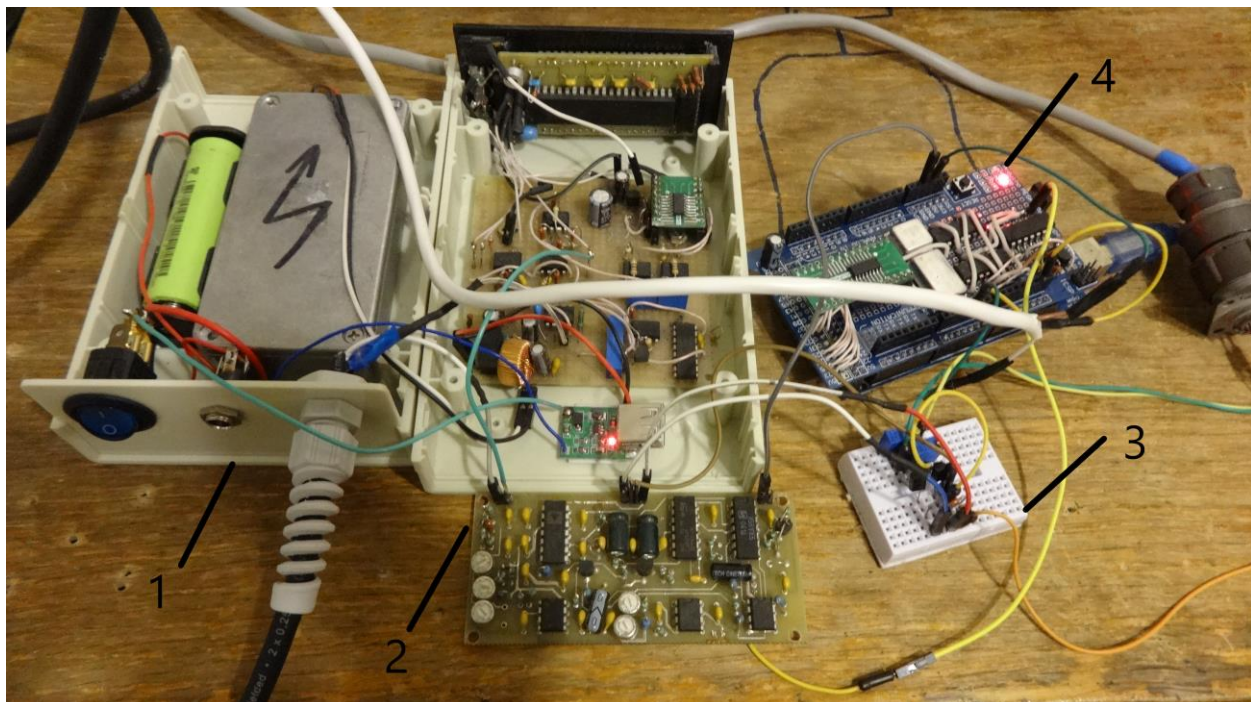


Рис. 5 – Вимірювальний тракт. 1 – дозиметр, 2 – амплітудний аналізатор, 3 – перетворювач живлення амплітудного аналізатора, 4 – перетворювач тау-коду

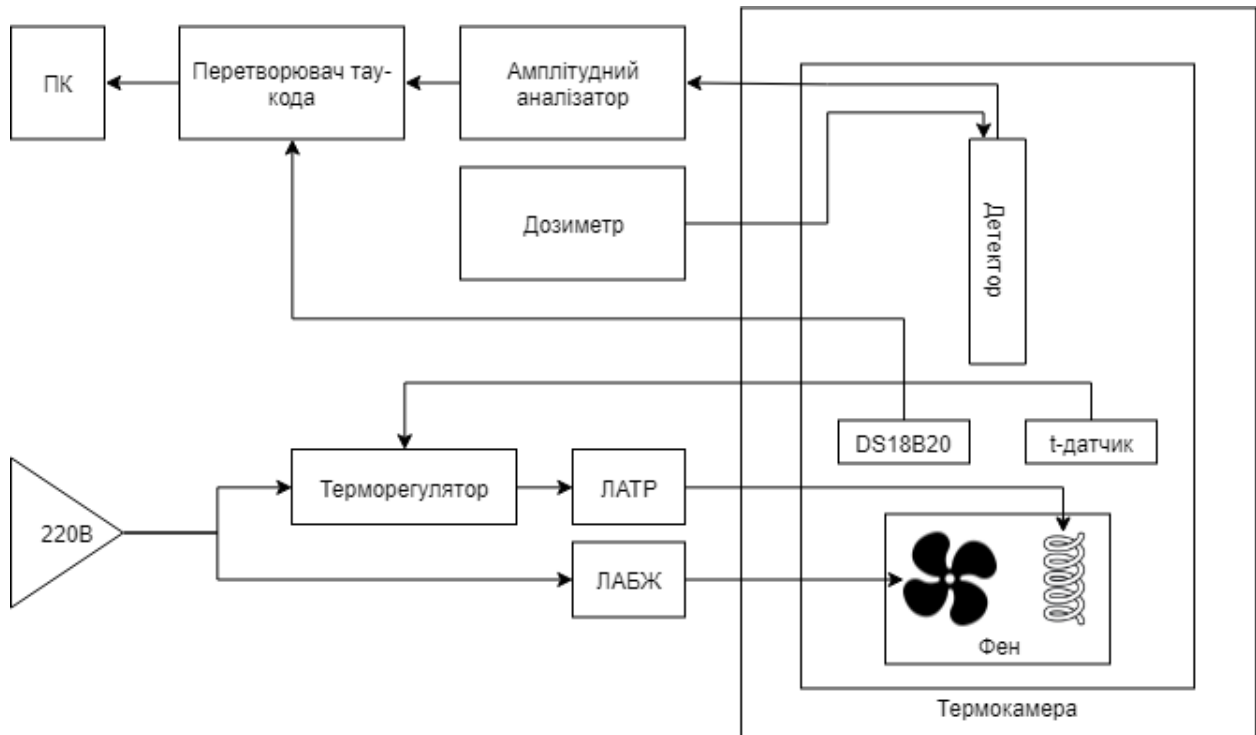


Рис. 6 – Схема установки

Розробка програмного забезпечення

Програмне забезпечення для прийому даних з перетворювача тау-коду та автоматизації експерименту розробили в середовищі LabVIEW.

Основна функція програми – слідкувати за положенням фотопіків на спектрі опромінення.

Програма є багатопотоковим віртуальним приладом, який отримує дані з перетворювача тау-коду через віртуальний COM-порт, будує графік спектру опромінення з отриманих даних, виводить його на екран користувача. Реалізовані можливості по скиданню чи доповненню накопичених даних. Також ПЗ приймає дані про температуру в термокамері. Програма підтримує автоматичне поновлення зв'язку з перетворювачем у разі його обриву.

Алгоритм пошуку фотопіків відстежує положення обраного фотопіку на спектрі, виконуючи апроксимацію вікон у масиві даних спектра поліномами другого порядку.

Після прогріву камери та детектору експериментатор за допомогою натиснення кнопки «Замір» ініціює автоматичне накоплення даних спектру, визначення та усереднення отриманого положення фотопіку, визначення температури у термокамері та занесення даних у архів. Під час експерименту, одразу після проведення чергового вимірювання даних, будується температурна залежність положення обраного фотопіку від температури.

Після завершення експерименту, дані експортуються у вигляді графіку чи таблиці даних.

Графічний код програми наведений у додатку 1.

Інтерфейс програми наведений на рис. 7.

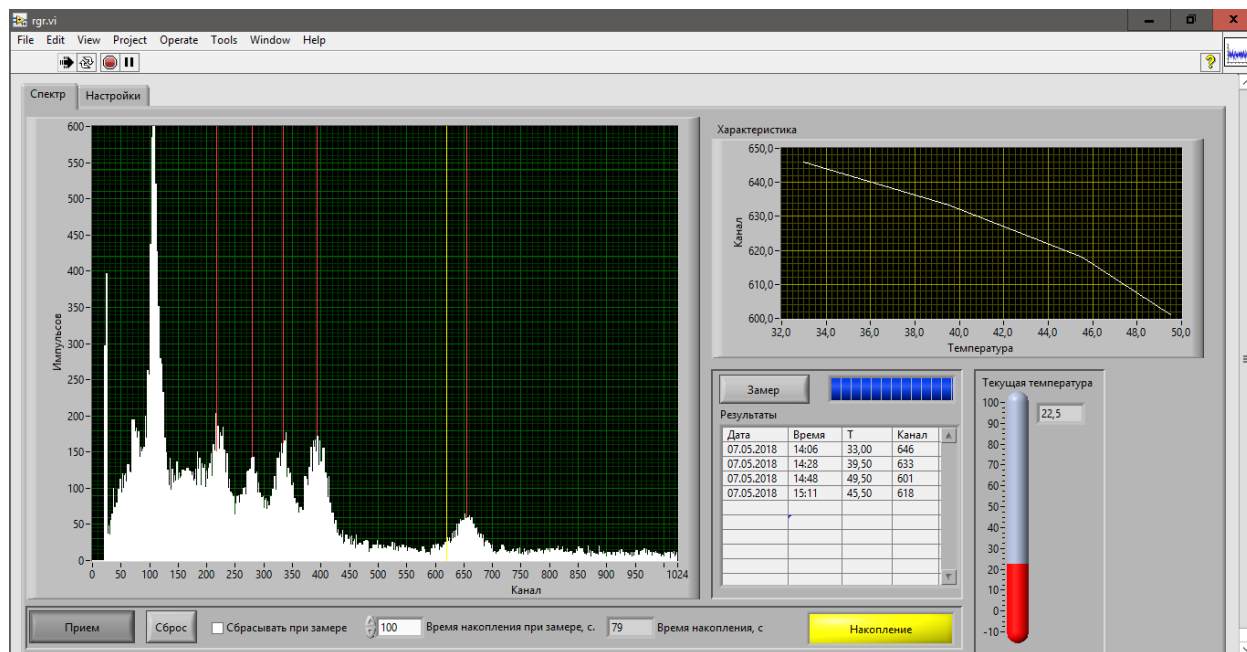


Рис. 7 – Интерфейс ПЗ

Проведення експерименту

У термокамері закріпили разом з детектором джерело випромінювання – тумблер з світломасою постійної дії з додаванням Ra-226.

Термокамеру закрили та підняли температуру до 30 °С. За часом стабілізації положення фотопіку визначили час прогрівання детектору.

Далі температуру підвищували ступінчато, витримуючи «полички» температури, необхідні для прогрівання детектору. Після прогрівання ініціювали вимірювання положення піку за допомогою ПЗ.

Після досягнення температури 50 °С та проведення виміру на цій температурі, термокамеру стали охолоджувати, провівши додаткові виміри для уточнення характеристики.

Після досягнення кімнатної температури в термокамері, камеру відкрили та провели вимір положення фотопіку при кімнатній температурі.

За результатами роботи ПЗ було експортовано залежність, наведену на рис. 8.

Характеристика

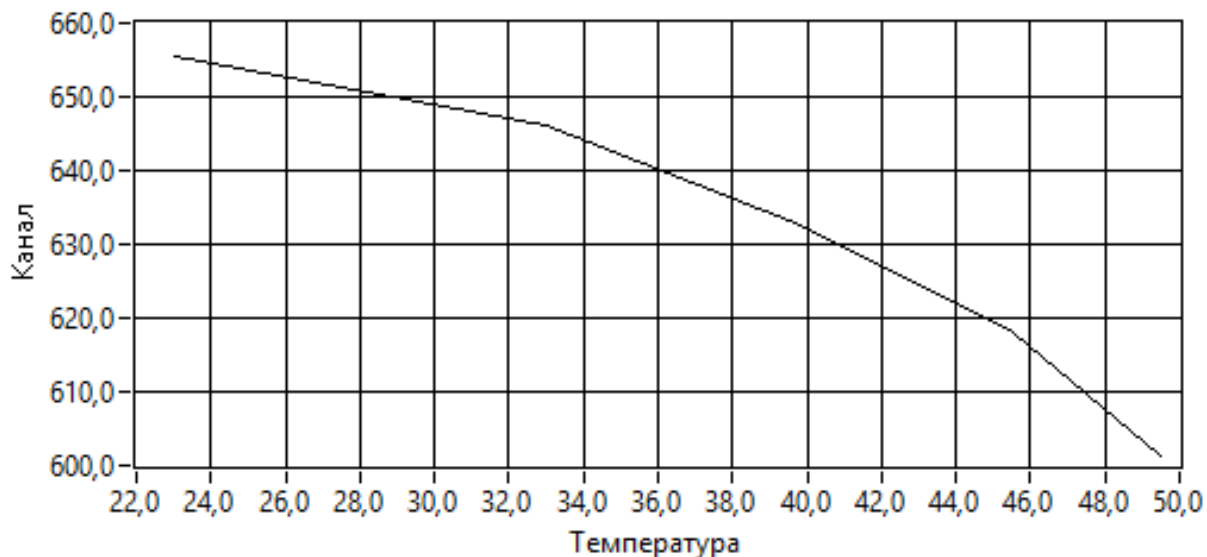


Рис. 8 – Отримана характеристика температурного ходу детектору

Отримана температурна залежність цілком узгоджується з теоретичною (рис. 9).

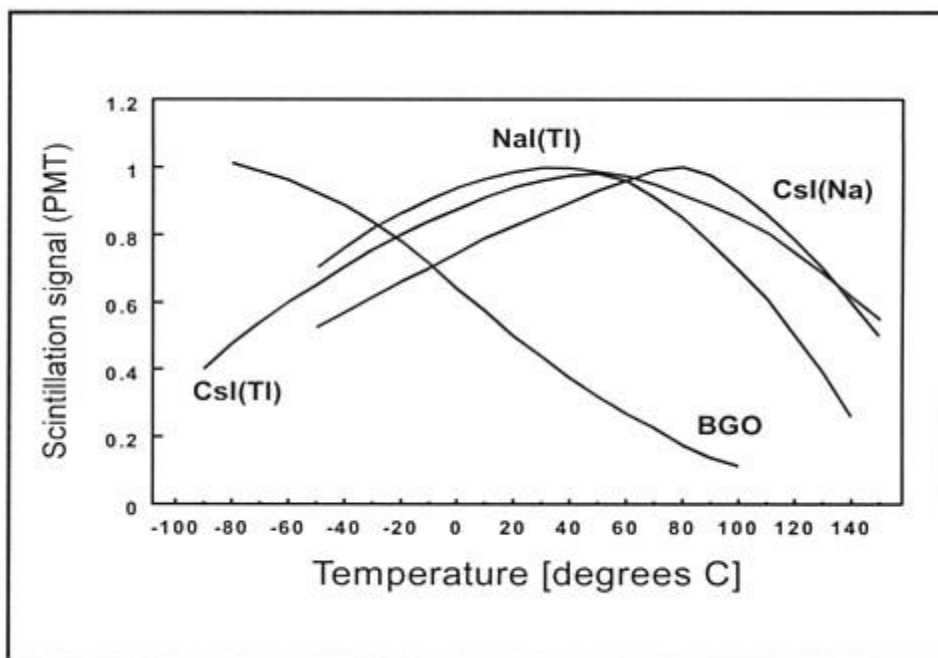
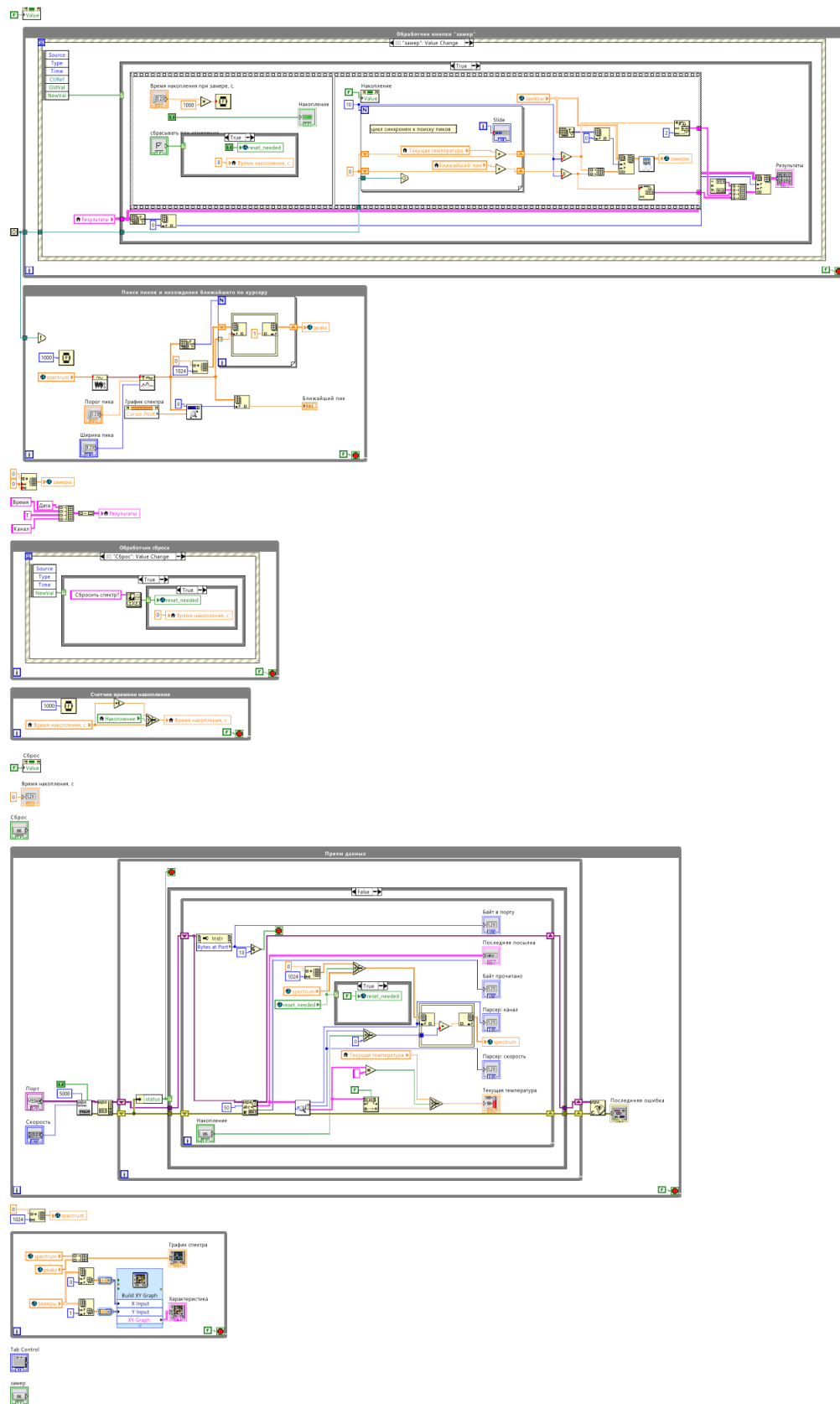


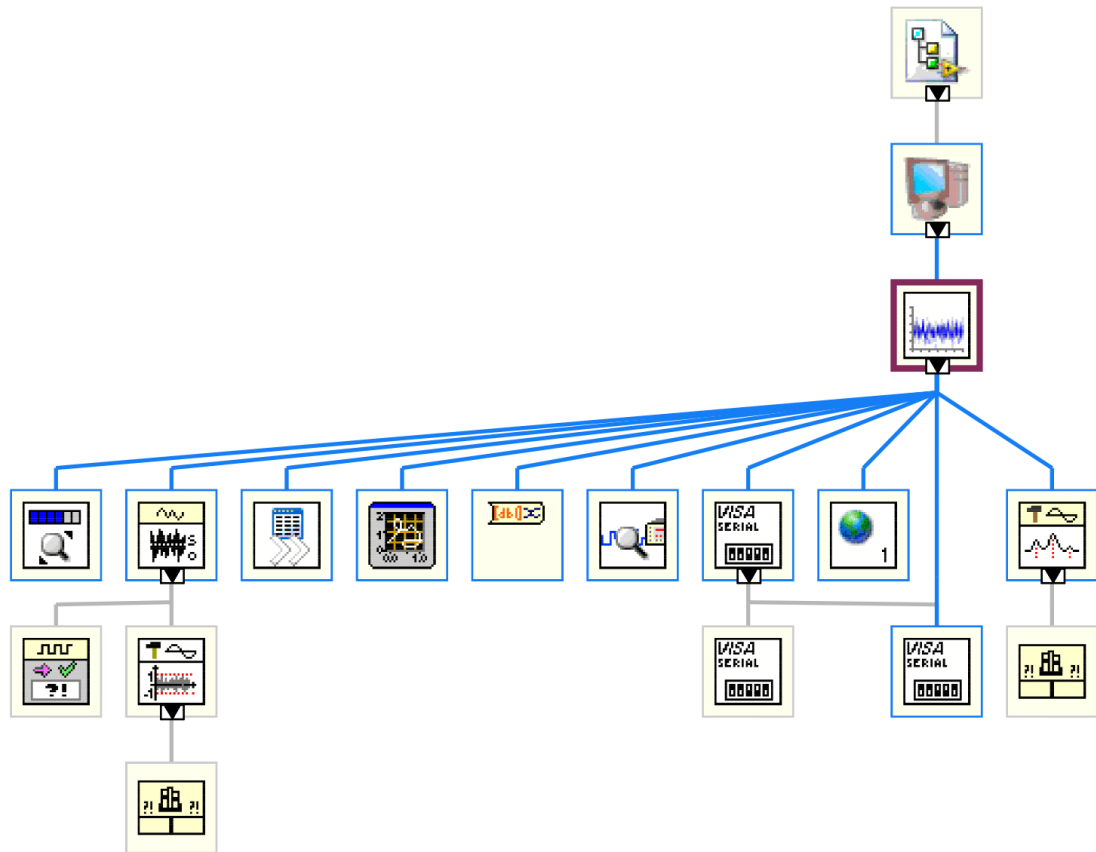
Рис. 9 – Теоретична характеристика температурного ходу сцинтиляторів (матеріал детектору, що досліджується – NaI(Tl))

Висновки

Під час виконання даної роботи було створено експериментальну установку для вимірювання температурних характеристик детекторів. Установка включає в себе програмне забезпечення для проведення напів-автоматичних досліджень. На установці провели експеримент з дослідження детектору гамма-опромінення дозиметра та отримали температурну залежність, що відповідає теоретичній. Характеристики, що отримуються на даній установці можуть бути використані для побудови прецизійних термостабільних спектрометрів. Збудована термокамера може бути використана для ряду інших досліджень – проведення температурних випробувань, тощо.

Додаток 1





Waveform Array To Dynamic.vi



C:\Program Files\National Instruments\LabVIEW 2014\vi.lib\Instr_visa.lib\VISA Configure Serial Port



C:\Program Files\National Instruments\LabVIEW 2014\vi.lib\Instr_visa.lib\VISA Configure Serial Port (Instr).vi



C:\Program Files\National Instruments\LabVIEW 2014\vi.lib\Analysis\8numeric.llb\Peak Detector.vi



C:\Program Files\National Instruments\LabVIEW 2014\vi.lib\Waveform\WDTOps.llb\Normalize Waveform.vi