

P10-2025-45

Трунтова Л. А., Кирилов А. С.

НОВАЯ ВЕРСИЯ ПРОГРАММЫ SpectraViewer
ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ
НА УСТАНОВКАХ РЕАКТОРА ИБР-2

Трунтова Л. А., Кирилов А. С.

P10-2025-45

Новая версия программы SpectraViewer
для визуализации данных на установках реактора ИБР-2

Программа SpectraViewer является важным компонентом программного комплекса Sonix+, предназначенным для визуального контроля данных, измеренных на установках реактора ИБР-2 ЛНФ. История ее разработки насчитывает более 20 лет, в течение которых она неоднократно изменялась, что потребовало коррекции кода. В работе рассмотрены особенности новой версии программы, в которой был выполнен так называемый рефакторинг, т. е. полная переработка кода с сохранением его функциональности. Как и предшествующая версия, программа реализована на языке Python с использованием фреймворка PyQt, библиотеки matplotlib и пакета numpy. При этом размер кода был сокращен вчетверо. Кроме того, программа может использоваться и как 32-, и как 64-битное приложение, что практически не ограничивает размер TOF-данных. Программа установлена и успешно использовалась на ряде установок реактора ИБР-2.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2025

Truntova L. A., Kirilov A. S.

P10-2025-45

A New Version of SpectraViewer for Data Visualisation
at the IBR-2 Reactor Instruments

The SpectraViewer program is an important component of the Sonix+ software package designed for data visualization at the IBR-2 reactor instruments. Its development history goes back more than 20 years, during which it was changed several times, which required the code correction. The paper discusses the features of the new version of the program, in which the so-called refactoring was performed, i. e., complete code reprocessing while maintaining its functionality. Like the previous version, the program is implemented in the Python language using the PyQt framework, the matplotlib library and the numpy package. After this the code size was reduced by four times. Besides, the program can be used both as a 32- and 64-bit application, which practically does not limit the size of the spectra. This year the program was installed and successfully used at a number of the IBR-2 instruments.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2025

ВВЕДЕНИЕ. НАЗНАЧЕНИЕ, ИСТОРИЯ И АВТОРЫ

Программа SpectraViewer является одним из важнейших компонентов программного комплекса Sonix+ [1], предназначенным для визуального контроля данных, измеренных на установках реактора ИБР-2 ЛНФ. История ее разработки насчитывает более 20 лет, в течение которых она периодически дополнялась по просьбе пользователей, а также переделывалась в связи с появлением новых возможностей в средствах программирования.

Первая версия программы [2] была разработана В. Е. Юдиным в 2003 г. Несмотря на удачный дизайн, реализация программы на Visual C++ без использования каких-либо внешних библиотек затрудняла ее дальнейшее развитие, поэтому разработка была продолжена.

Следующая версия стала результатом магистерской работы Стояна Велешки в 2013 г. Она сохранила основной дизайн своей предшественницы, но была написана на языке Python с использованием фреймворка Qt [3] и библиотеки matplotlib [4] для графики, а также пакета numpy [5] для обработки многомерных массивов. Впоследствии эта версия совершенствовалась А. С. Кириловым [6].

В последние годы сопровождение программы продолжала Л. А. Трунтова, которая, оценив ситуацию, полностью ее переработала, воспользовавшись новыми возможностями используемых программных средств. К сожалению, трагическая смерть Л. А. Трунтовой не позволила ей закончить работу, которую продолжил вновь А. С. Кирилов.

ОБЩИЙ ФУНКЦИОНАЛ

Программа SpectraViewer может быть использована для визуализации данных в online- и offline-режимах и как компонент общего GUI-пользователя [7], и самостоятельно.

Программа отображает данные со всех применяемых на установках реактора ИБР-2 типов детекторов: точечных в виде графиков, а позиционно-чувствительных (ПЧД) в виде карт плотности и сечений.

При работе в online-режиме данные, собранные контроллерами DAQ и подготовленные другими модулями Sonix+, доступны для отображения непосредственно во время измерения. Помимо собственно TOF-распределений интенсивности (далее TOF-данных), также можно отслеживать и соответствующие параметры.

При работе в offline-режиме данные считываются из файлов в форматах Sonix+ (в том числе из zip-архивов), а предварительная загрузка комплекса не нужна.

Программа предназначена для работы с данными в форматах Sonix+, которые могут быть архивированы. Традиционный формат образуют два одноименных файла с расширениями .law для TOF-данных и .vgtm для параметров и состава детекторов и других параметров измерения.

Для визуализации гистограмм, образованных из файлов со списком событий, предназначен формат [8], в котором гистограмма сохранена вместе с размерностью и именем детектора. Эти файлы имеют расширение .hst.

ДИЗАЙН И КОМПОНЕНТЫ ОКНА

На рис. 1 представлен общий дизайн главного окна SpectraViewer. В правой части находится окно для визуализации графических данных, его левая граница перемещаемая, и оно может быть расширено на все окно программы. В левой части основного окна могут находиться четыре дополнительных:

- Working directory — для выбора данных для изображения, сохраненных в файловой структуре;
- Watch list — для просмотра параметров TOF-данных или окружения образца;
- Online spectrum — для выбора детектора и TOF-данных при online-визуализации;
- Polarisation — для изображения поляризационных TOF-данных.

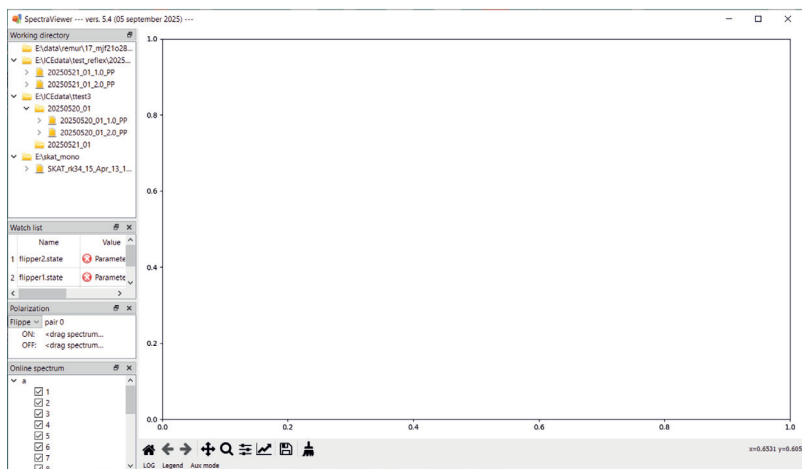


Рис. 1. Общий вид главного окна программы SpectraViewer

Эти четыре плавающих и встраиваемых окна управляются из контекстного меню главного окна. По желанию пользователя конкретное размещение может быть изменено.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ С ТОЧЕЧНЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Данные с точечных детекторов, обычно объединенные в группы (detector set), отображаются в виде набора одномерных графиков, где ось X обозначает номер временного канала, а ось Y — интенсивность. Для отрисовки графиков использована панель matplotlib, в которой уже заложена часть операций, а именно:

- вырезание фрагмента с его увеличением;
- перемещение графика в пространстве данных;
- сохранение картинки в файле;
- ряд других операций.

Под панелью matplotlib расположена другая панель, которая позволяет переключать масштаб изображения log/linear (кнопка LOG), вывод легенды (кнопка Legend), а также включать дополнительный режим (кнопка Aux).

В общем режиме (см. рис.2) допускается наложение графиков из TOF-данных разных измерений при условии совпадений их длин. Поэтому для стирания картинки предусмотрена кнопка «метла» — крайняя правая кнопка на панели matplotlib.

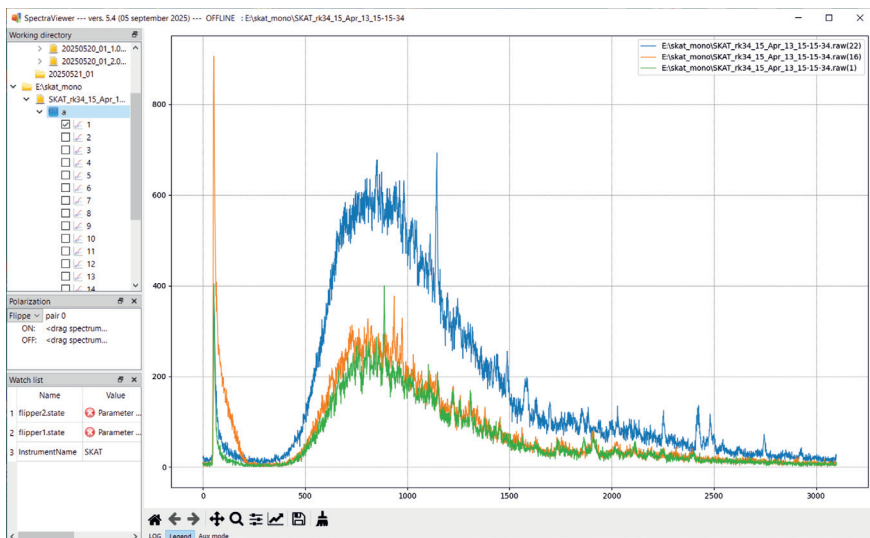


Рис. 2. Пример изображения графиков одномерных TOF-данных в общем режиме

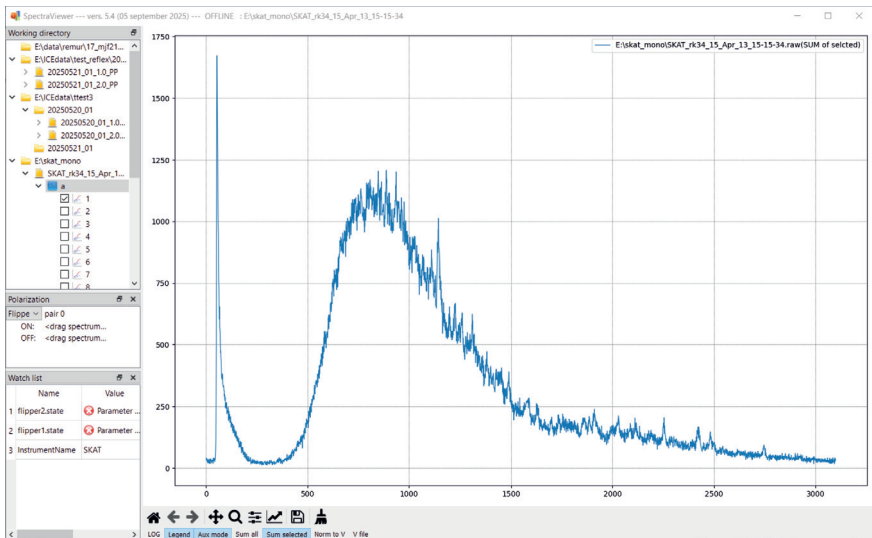


Рис. 3. Пример построения графика суммы выбранных одномерных TOF-данных в дополнительном режиме

В дополнительном режиме (рис. 3), кроме того, реализованы:

- построение графика суммы всех TOF-данных детектора (кнопка Sum all) или суммы изображенных (выделенных) TOF-данных (кнопка Sum selected);
- построение нормализованного спектра (кнопка Norm to V) и выбор спектра для нормировки (кнопка V file).

В этом режиме наложение графиков не допускается и стирание картинки производится автоматически при выборе нового спектра.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ С ПЧД

По просьбе пользователей измеренные данные с ПЧД изображаются в виде карт плотности с дополнительными одномерными графиками (сечениями).

Каждый из графиков может быть изображен в логарифмическом или линейном масштабах (кнопки log, Log V, Log H). С помощью цветных курсоров пользователь может выбрать область, в которой ведется подсчет общего числа нейтронов. Также предусмотрена кнопка Save slices для сохранения графиков сечений в ASCII-формате.

Для визуализации двумерных данных (с 1D ПЧД) рисуется карта плотности $X(\text{tof})$, дополненная одномерными графиками суммированных TOF-данных по осям.

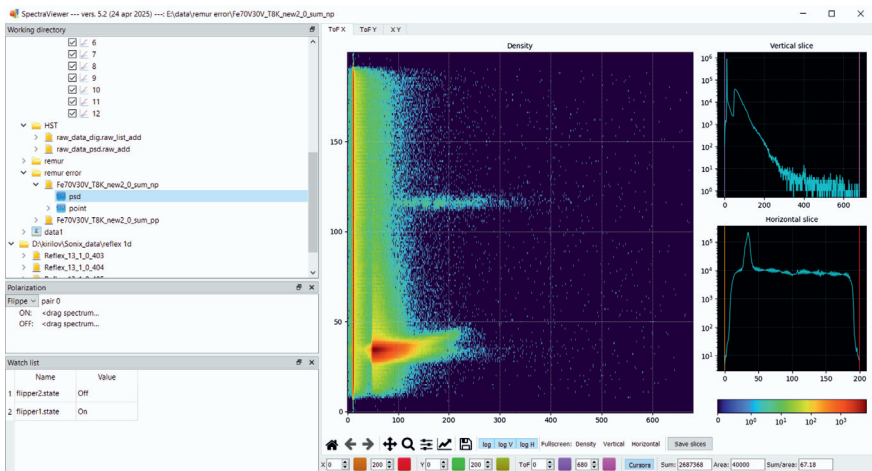


Рис. 4. Визуализация данных для 2D ПЧД в логарифмическом масштабе для карты плотности

Трехмерные данные отображаются в виде трех карт плотности, нарисованных для массивов, полученных при суммировании исходного спектра по осям ToF, X и Y соответственно (рис. 4).

Каждый график может быть расширен до размеров всего поля графиков (кнопки Density, Vertical, Horizontal).

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ TOF-ДАННЫХ

Визуализация поляризованных данных используется на рефлектометрах, в составе которых есть специальные устройства для управления магнитным полем (флипперы). Они могут находиться в так называемых «светлом» или «темном» состояниях. Как правило, один из флипперов располагается в пучке до объекта, а второй после него.

Поляризационный спектр рассчитывается по формуле

$$S(t) = (S_{on}/T_{on} + S_{off}/T_{off}) / (S_{off}/T_{off} - S_{on}/T_{on}),$$

где S_{on} и S_{off} — суммы по всем пространственным каналам при включенных и выключенных флипперах соответственно; T_{on} и T_{off} — времена измерений.

Для визуализации поляризационных данных в SpectraViewer предусмотрены два режима: основной для данных с детекторов всех типов и дополнительный для данных с двумерных ПЧД.

На примере (рис. 5) иллюстрирован общий режим. На нем верхний график соответствует поляризационной кривой, на нижнем приведены графики сумм «светлого» и «темного» состояний, нормированных по времени экспозиции.

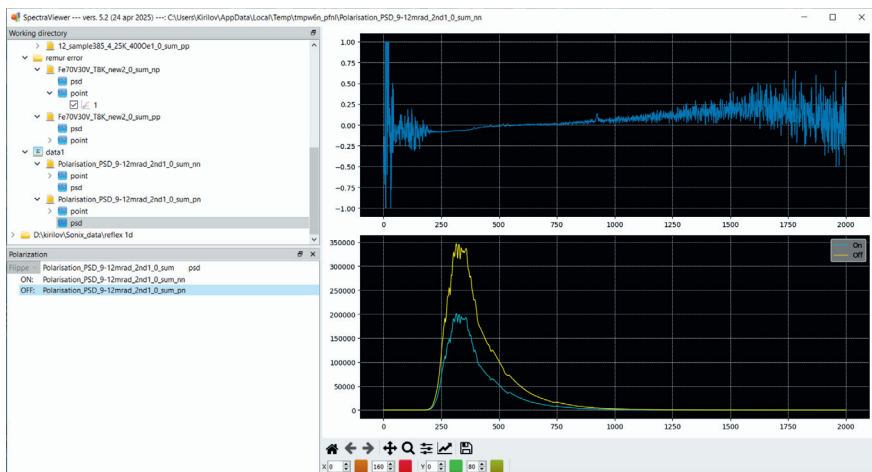


Рис. 5. Изображение поляризации данных в основном режиме

В дополнительном режиме помимо графика поляризационной кривой изображается и первый из пары TOF-данных.

О РЕАЛИЗАЦИИ

В этой реализации были использованы новые возможности PyQt5 (версия 5.15.11) и matplotlib3 (версия 3.8.4) и numpy (версия 1.26.4), что позволило более компактно реализовать используемые алгоритмы. Кроме того, были устранены дублирования кода в программе, а ее внутренняя структура реорганизована. При этом код программы был переработан полностью и сокращен более чем в 4 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программы, используемые продолжительное время, периодически нуждаются в обновлении в связи с изменением запросов пользователей, а также необходимостью соответствовать новым версиям постоянно обновляемых используемых программных средств.

При разработке данного варианта Spectra Viewer были решены обе эти задачи. Программа была адаптирована для новых версий matplotlib и numpy, что существенно сократило объем кода.

Были добавлены возможности для работы с новым форматом данных (.hst) и архивированными файлами.

Важно отметить, что SpectraViewer может работать и как 32-, и как 64-битное приложение, что снимает ограничения на размер TOF-данных.

В 2025 г. программа была установлена и успешно использовалась на ряде спектрометров реактора ИБР-2.

Авторы признательны коллегам за ценные замечания и проявленный интерес к работе, а В. И. Боднарчуку за ценные замечания при подготовке рукописи.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования, соглашение № 075-10-2025-153 от 5 июня 2025 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://sonix-wiki.jinr.ru/doku.php?id=ru:index>
2. <https://sonix-wiki.jinr.ru/doku.php?id=ru:spectraviewer>
3. <https://qt.io>
4. <https://matplotlib.org>
5. <https://numpy.org>
6. *Kirilov A. S.* New Versions of Instrument Tuning Program and Visualization of Spectra for Reflectometers at the IBR2 Reactor // *Phys. Part. Nucl. Lett.* 2016. V. 13, No. 1, P. 132–139.
7. *Kirilov A. S. et al.* The Unified GUI for Neutron Instrument Control Based on PyQt // *Proc. of the NEC'2013.* Dubna: JINR, 2013. P. 158–160.
8. *Кирилов А. С., Морковников И. А., Мурашкевич С. М., Петухова Т. Б., Трунтова Л. А.* Реорганизация Sonix+ для работы с данными в виде списка событий. Препринт ОИЯИ Р10-2023-14. Дубна, 2023.

Получено 11 сентября 2025 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 22.09.2025.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 0,62. Уч.-изд. л. 0,80. Тираж 110 экз. Заказ № 61176.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/