

519.254

Семенов Д.Ю., студент ОЯТЦ ИЯТШ
(ТПУ, г. Томск)

Semenov D.Yu., student of Nuclear Fuel Cycle Department, School of
Nuclear Technology Engineering
(TPU, Tomsk)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АСУЗ

DEVELOPMENT OF A DATA PROCESSING ALGORITHM FOR ASMS

Аннотация: Статья посвящена разработке алгоритма предварительной обработки данных, поступающих от АСУЗ ядерного реактора ИБР-2. Для анализа данных от АСУЗ, которые собираются с высокой частотой, предложен метод быстрой обработки больших объемов информации. Описан алгоритм вычисления реактивности на основе данных о положении стержней регулирования, температуре и расходе натрия, а также тепловой мощности реактора.

Abstract: The article is devoted to the development of an algorithm for preprocessing data received from the ACS of the IBR-2 nuclear reactor. To analyze the data from the ACS, which are collected with high frequency, a method for fast processing of large amounts of information is proposed. An algorithm for calculating reactivity based on data on the position of the control rods, temperature and sodium consumption, as well as the thermal power of the reactor is described.

Автоматизированная система управления защитой (АСУЗ) является ключевым элементом в обеспечении безопасности ядерного реактора, к основным задачам которой относится предупреждение аварийных ситуаций и управление реактором.

АСУЗ предоставляет большой объем данных, которые отражают состояние ядерного реактора. Данные можно разделить на несколько категорий, в том числе импульсная и стационарная мощность реактора, положение стержней регулирования и безопасности, периоды основного и дополнительного подвижных отражателей, расход и температура натрия, уровень вибраций и энергия импульса.

Данные с АСУЗ собираются с высокой частотой, как правило, каждые 100 миллисекунд. Это необходимо для оперативного мониторинга состояния реактора и своевременного отклика на возникновение аварийных ситуаций. Для анализа долговременных изменений в работе реактора требуется рассматривать множество дней работы АСУЗ, для чего требуется

разработать алгоритм быстрой обработки объемных файлов, а также разработать графическое приложение с возможностью построения графиков для удобной работы оператора.

Одним из ключевых показателей работы ядерного реактора является его реактивность, позволяющая оценить, насколько близок реактор к критическому состоянию. Обработка данных с АСУЗ позволяет рассчитать реактивность с высокой точностью, основываясь на реальных значениях параметров ядерного реактора.

Для вычисления реактивности необходимо ввести кривые эффективности регулирующих органов: xk_1 описывает положение 1-ого регулирующего органа в мм, ek_1 описывает значения реактивности в данных точках. Аналогичные обозначения введем для кривых второго регулирующего органа: xk_2 и ek_2 , а также кривых эффективности промежуточного регулятора: xp_r и ep_r ; и автоматического регулятора: xa_r и ea_r .

На основании сведений о положениях регулирующих органов, полученных в виде файлов данных от АСУЗ, с помощью интерполяции сплайном получаем эффективность соответствующих стержней регулирования. Отняв от этих значений величину реактивности данных органов в критическом положении и приведя значения к долям $\beta_{\text{эфф}}$, получим величины dk_1 , dk_2 , dp_r и da_r .

Вычислить совокупную реактивность органов регулирования в долях $\beta_{\text{эфф}}$ можно по следующей формуле:

$$R_R = dp_r + da_r + dk_1 + dk_2 \quad (1)$$

Энерговыработку реактора можно определить по следующей формуле:

$$Wn_i = \sum_t \frac{20.4 W_i}{100 t_c} \quad (2)$$

где t_c – время цикла в секундах, вычисляемое как время конца цикла за вычетом времени начала цикла,

W_i – средняя нейтронная мощность, получаемая из файлов данных от АСУЗ.

Влияние изменения расхода натрия на реактивность можно найти по формуле

$$R_G = -0.007(G_{Na} - G_{Na}^{\text{крит}}) \quad (3)$$

где G_{Na} – расход натрия суммарный по двум петлям, получаемый от АСУЗ;

$G_{Na}^{\text{крит}}$ – значение расхода натрия в критической точке.

Оценить влияние температуры натрия на реактивность позволяет формула:

$$R_T = -0.0119(T_{Na} - T_{Na}^{\text{крит}}) \quad (4)$$

где T_{Na} – значение температуры натрия, получаемое от АСУЗ;

$T_{Na}^{\text{крит}}$ – значение температуры натрия в критической точке.

Тогда итоговая реактивность определяется по следующей формуле:

$$R_w = R_R + R_G + R_T - \frac{Wn_i}{200} \quad (5)$$

Обработка полученной с АСУЗ информации включает в себя чтение и парсинг csv-файлов, многопоточную обработку данных, вычисление итоговой реактивности и мощности реактора. Для чтения и парсинга файлов использовался подход отображения файла в память (memory mapping) с последующим разделением полученного файла на части и обработкой с помощью доступного количества потоков. В ходе дальнейшей обработки полученные из нескольких файлов данные совмещались, после чего производилась многопоточная обработка – для каждого столбца данных выделялся отдельный поток для усреднения по выбранному количеству точек и исключения выбросов. При этом время обработки csv-файла с данными значительно снизилось относительно обработки с использованием одного потока.

Для исключения выбросов в алгоритме используется следующий подход: все данные в каждом столбце делятся на блоки заранее установленного в настройках программы размера. Затем для каждого выделенного блока рассчитывается среднеквадратичное отклонение. Если разность какого-либо значения в блоке и среднего значения блока превышает 3 среднеквадратичных отклонения, то такое значение рассматривается как выброс и заменяется средним значением. Алгоритм обработки данных АСУЗ приведен на рисунке 1.

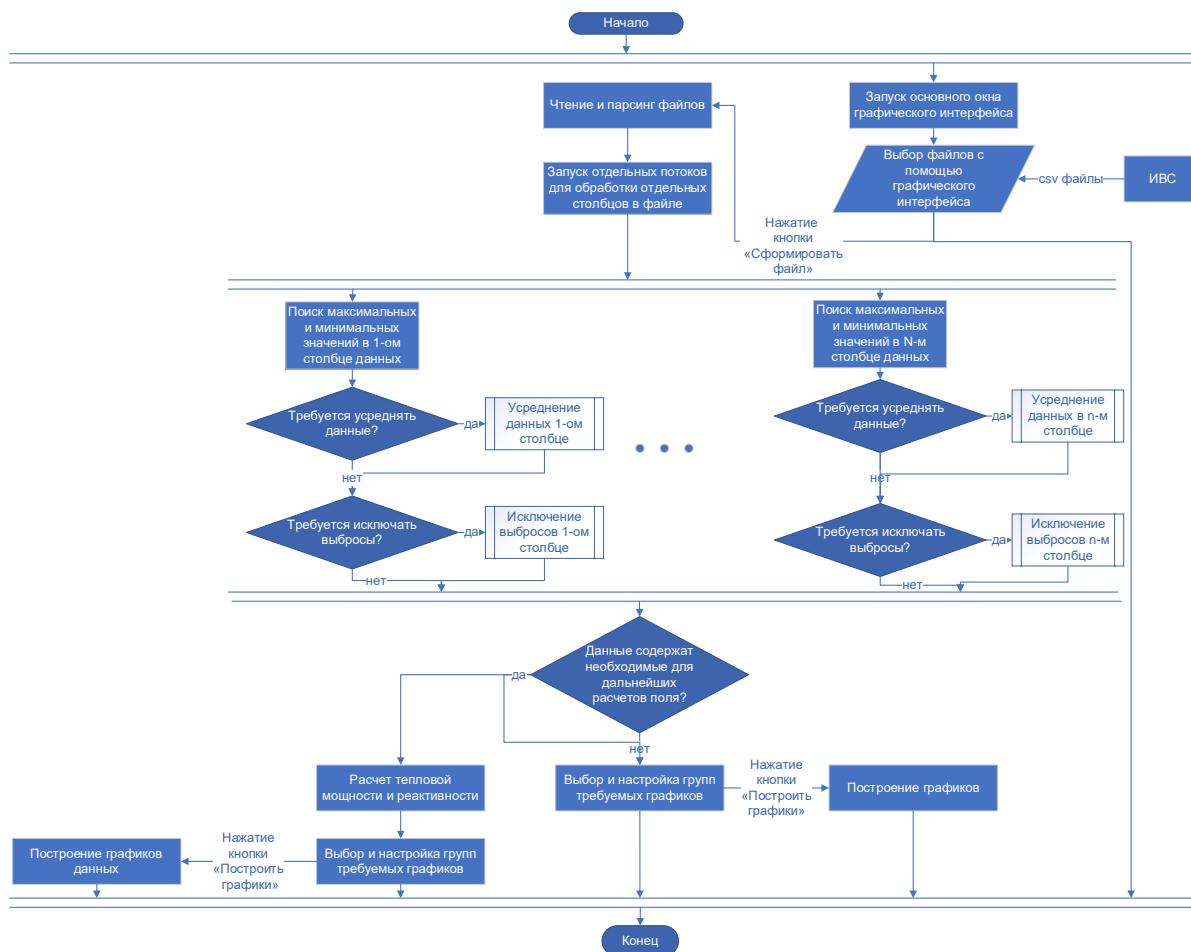


Рисунок 1 – Алгоритм обработки данных АСУЗ

В целом, данный алгоритм обработки данных АСУЗ является ключевым элементом в обеспечении безопасной и эффективной работы ядерного реактора. Он позволяет предоставлять операторам информацию о работе реактора в удобном графическом виде, производить точный расчет реактивности реактора, анализировать данные и выявлять возможности для оптимизации работы реактора.

В результате работы была разработана и реализована эффективная методика обработки данных, поступающих с автоматизированной системы управления защитой (АСУЗ) ядерного реактора. Применение многопоточной обработки и memory mapping значительно сократило время анализа больших объемов данных, что позволяет оперативно оценивать состояние реактора и вычислять ключевые параметры, такие как реактивность и мощность. Внедренные алгоритмы по исключению выбросов обеспечили высокую точность расчетов, что важно при анализе сотрудниками изменений в работе реактора на больших временных промежутках.

Список литературы

1. On-line monitoring and Analysis of the IBR-2 Pulsed Neutron State by WEB Technologies ~2001, 22 с
2. Electronic System for Measurement of kinetic Parameters of pulsed subcritical Assemblies. 1992, 9 с
3. СКУ-АТОМ. Руководство по эксплуатации «Измерительно-вычислительная система ИВС-01». 2012 – 67 с.