

Санкт-Петербургский Государственный Университет

*Шеховцов Антон Сергеевич*

Выпускная квалификационная работа

*Интерфейс пользователя высокоскоростного  
цифрового осциллографа в АСУ TANGO  
ускорительного комплекса NICA*

Уровень образования: Магистратура

Направление 03.04.01 «Прикладные математика и физика»

Основная образовательная программа

ВМ.5698\* «Информационные и ядерные технологии»

Научный руководитель:  
доцент, кафедра ИиЯТ ПМ-ПУ,  
кандидат физ.-мат. наук,  
Сидорин А. О.

Рецензент:  
Начальник отдела УО ЛФВЭ ОИЯИ,  
кандидат технических наук,  
Карпинский В.Н.

Санкт-Петербург  
2019

# Оглавление

<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>Постановка задачи</b>	<b>5</b>
<b>Обзор литературы</b>	<b>6</b>
<b>1. Структура Web приложения</b>	<b>9</b>
<b>2. Серверная часть Web-клиента</b>	<b>10</b>
2.1. Регистрация устройства в системе TANGO . . . . .	10
2.2. Модули web-доступа к системе TANGO . . . . .	11
2.2.1. Функции REST DS . . . . .	11
2.2.2. Контроль доступа . . . . .	11
<b>3. Пользовательский web-клиент Pico 6x</b>	<b>13</b>
3.1. Средства разработки web клиента Pico 6x . . . . .	13
3.1.1. Библиотека Ext JS 6.2.0 . . . . .	13
3.1.2. Отладчик браузера Chrome и инструменты разра- ботчика . . . . .	14
3.1.3. AJAX запросы . . . . .	15
3.1.4. Формат данных JSON . . . . .	16
3.2. Описание разработанного web-клиента . . . . .	18
3.3. Методика отладки web-клиента в процессе разработки .	21
<b>Выводы</b>	<b>22</b>
<b>Заключение</b>	<b>23</b>
<b>Список литературы</b>	<b>24</b>

# Введение

Объединенный институт ядерных исследований(ОИЯИ) - международная межправительственная организация, известный научный центр, в котором в фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования интегрируются разработка и применение новейших технологий и университетское образование.

”В соответствии с уставом ОИЯИ осуществляет свою деятельность на принципах открытости для участия всех заинтересованных государств, их равноправного взаимовыгодного сотрудничества.

Основные направления теоретических и экспериментальных исследований в ОИЯИ:

- физика элементарных частиц
- ядерная физика
- физика конденсированных сред

Научная программа института ориентирована на достижение высокозначимых результатов.

Экспериментальная база ОИЯИ позволяет проводить не только передовые фундаментальные исследования, но и прикладные, направленные на разработку и создание новых ядерно-физических и информационных технологий.

Экспериментальная научная программа ОИЯИ поддерживается блестящей школой теоретической физики, хорошо развитой в Институте методикой физического эксперимента, современными информационными технологиями, включая грид-технологии”. [1]

”Флагманским проектом ОИЯИ является новый ускорительный комплекс NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility) - основной задачей которого является обеспечение экспериментов на встречных пучках тяжелых ионов вплоть до золота с кинетическими энергиями до  $4.5 \times 4.5$  ГэВ/н для изучения в лабораторных условиях сильно нагретой и сжатой ядерной материи, а также исследование природы спина нуклонов.

Это одни из наиболее перспективных направлений современной фундаментальной физики. Планируемая программа фундаментальных и прикладных исследований охватывает несколько научных направлений в разных областях науки: физике тяжелых ионов высоких энергий и спиновой физике, физике низких температур, ядерной физике, физике частиц, физике конденсированных сред, биофизике и радиобиологии, медицине. Выполнение этой программы требует новых решений в физике и технике ускорителей, применения новых математических методов для численного моделирования”. [2]

Основным ускорителем комплекса NICA является сверхпроводящий тяжелоионный синхротрон Нуклотрон. В системе диагностики Нуклотрона одной из подсистем является система измерения частот бетатронных колебаний частиц (Q-метр). Для тонкой настройки системы Q-метр, необходим высокоскоростной осциллограф PicoScope 6402C. Тонкая настройка проводится удаленно, так как в помещении где расположен осциллограф нельзя находиться из-за требований радиационной безопасности.

**Определение 1.** *PicoScope 6402C - четырёхканальный USB-осциллограф с функцией встроенного генератора функций производства компании Pico Technology, с полосой пропускания 250 МГц (с возможностью ограничения полосы пропускания до 20 МГц), выборкой 5 ГВ/с (в реальном масштабе времени), 50 ГВ/с (эквивалентная выборка), и объёмом буфера встроенной памяти на 256 М выборок.*

В качестве системы управления в комплексе NICA используется система TANGO controls.

# Постановка задачи

1. Необходимо изучить следующий набор инструментов:
  - автоматическая система управления TANGO Controls
  - приложение REST DS
  - технология AJAX
  - библиотека EXT JS 6.2.0
  - формат данных типа JSON
  - процедура контроля доступа устройств используемая в проекте NICA;
2. Разработать веб-клиентское приложение для управления высокоскоростным осциллографом PicoScope 6402C;
3. Произвести процедуру отладки, тестирования и организовать документацию.

## Обзор литературы

Изобретателями пространства под названием интернет являются Тим Бернерс Ли и, в меньшей степени, Роберт Кайо. Началась разработка в 1980 году, а в 1989 году проект под названием всемирная паутина стал внутренней сетью организации CERN [3].

**Определение 2.** *IP(межсетевой протокол) - низкоуровневый маршрутизируемый протокол сетевого уровня стека TCP/IP.*

Данный протокол позволяет передавать информацию между произвольными двумя устройствами в сети. Протокол IP вводит глобальную адресацию. То есть у каждого устройства в сети есть уникальный идентификатор. Протокол IP передает данные небольшими кусочками так называемыми дэйтограммами. Но есть недостаток, протокол IP не обеспечивает надежную передачу данных, поэтому поверх протокола IP работает протокол TCP. Надежная доставка - это при передаче информации с одного устройства на другое данные гарантированно дойдут. Время передачи при этом может быть не определено, это означает, что возможны задержки. Протокол TCP имеет интерфейс примерно похожий на передачу файлов, и протокол совершенно не интересуется внутренней структурой данных. Ещё уровнем выше действуют протоколы SSH, P2P и HTTP. P2P - позволяет скачивать файл одновременно с нескольких машин, SSH - получать защищенный доступ к рабочему столу. А нас больше интересует HTTP(hypertext transfer protocol), который позволяет получать не только страницу, но ещё и метаинформацию о ней.

Разработка системы измерения частот бетатронных колебаний частиц в Нуклотроне (Q-метр) началась в 2015 году [4], [5].

”Измерение частот бетатронных колебаний производится методом резонансного возбуждения когерентных поперечных колебаний пучка. Раскачка колебаний производится электрическими кикерами в плоскостях X и Z. Регистрация когерентных колебаний пучка производится позиционно-чувствительными пикапэлектродами. Для увеличения

уровней сигналов перед оцифровкой применяются усилители сигналов от пикапов-электродов с регулируемым усилением в диапазоне от 5 до 400 и четырёхканальные усилители Tegam с фиксированным усилением 10 на стороне обрабатывающей электроники. После оцифровки сигналов выполняется быстрое преобразование Фурье (БПФ) и определяется резонансная частота возбуждения.

Возбуждение колебаний пучка производится одним из двух методов — сканированием частоты и белым шумом, ограниченным по полосе. Проводятся измерения частот бетатронных колебаний, как с фиксированной частотой оцифровки, так и с переменной частотой, соответствующей частоте оборотов частиц пучка. В последнем случае спектр сигнала, полученный в результате быстрого Фурье-преобразования, выражается в нормированной частоте от 0 до половины оборотной частоты, то есть положение резонансного пика представляет собой дробную часть бетатронного числа без дополнительных вычислений”.[6]

Разработка системы TANGO началась в 1999 году. АСУ TANGO используется в проектах DESY(проект рентгеновского лазера на свободных электронах, XFEL, Германия), ESRF(Европейский синхротрон во Франции) и в Курчатовском институте [7]. В ускорителе Нуклотрон для проекта NICA система TANGO используется с 2013 года [8].

Tango - это проект с открытым исходным кодом для SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) и DCS (Distributed Control Systems). Open Source означает, что вы получаете весь исходный код по бесплатной лицензии Open Source (LGPL и GPL). Системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) обычно представляют собой системы промышленного типа, использующие стандартное оборудование. Распределенные системы управления (DCS) - более гибкие системы управления, используемые в более сложных средах.

Разработка набора инструментов с открытым исходным кодом под названием Tango Controls ведётся для построения высокопроизводительных и высококачественных распределенных систем управления для малых и больших установок. Дизайн инструментария основан на концепции распределенных объектов, называемых устройствами, и обеспе-

чивает встроенную поддержку нескольких языков программирования: C++, Java, Python. Инструментарий реализует полный набор инструментов для разработки, управления и мониторинга малых и больших систем управления, предназначенных для того, чтобы инструментарий Tango Controls постоянно совершенствовался и оставался современным, чтобы удовлетворять потребности сообщества, по крайней мере, в течение следующих 20 лет. Цель Tango Controls - стать широко применяемым набором инструментов для промышленных распределенных систем управления.

# 1. Структура Web приложения

Для обеспечения функционирования приложения оно должно иметь две части: серверную и клиентскую.

Серверная часть - это часть которая не видна обычному пользователю. На серверном компьютере расположены: система Tango Controls, приложение для обмена данными между сервером и клиентом REST DS, и драйвер для осциллографа PicoScope 6402C. REST DS, который применяется в данной работе, это реализация Tango REST API, разработанная ОИЯИ в соответствии с текущей реализацией gc4. Первая версия REST DS была опубликована в [9]. Для начала работы в системе Tango Controls осуществляется регистрация приложения REST DS и исполняемого файла драйвера устройства.

Клиентская часть - это часть, которую видит пользователь как окно в браузере. Клиент создавался на языке JavaScript в рабочей среде Sencha [10]. Разработанный проект получил рабочее название PicoBx.

Важным элементом приложения REST DS является обеспечение контроля доступа. В ОИЯИ для проекта NICA разработана система авторизации подробно изложенная в работе [11].

## 2. Серверная часть Web-клиента

### 2.1. Регистрация устройства в системе TANGO

Создание сервера и регистрация устройства в системе Tango Controls происходит с помощью утилиты Jive, диалоговое окно которой показано на (Рис. 1).

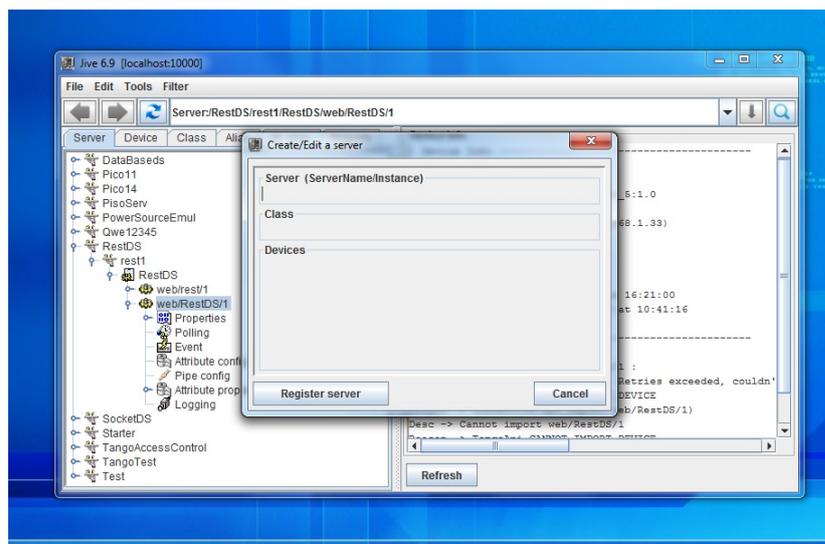


Рис. 1: Скриншот диалогового окна утилиты Jive используемого системой Tango Controls

После создания сервера, необходимо зарегистрировать. Регистрация происходит с помощью задания в первой строке ServerName(имя сервера)/Instance(объект), где имя сервера - это имя исполняемого файла, объект - это программа которую мы запускаем (служит для того, чтобы разделить процессы внутри данной машины). Во второй строке заполняется Класс - имя класса устройства, которое обычно соответствует запускаемому файлу. В третьей строке заполняется тройное имя Домен/Семейство/Имя. Завершаем процесс регистрации устройства. Далее переходим во вкладку инструменты и изменяем настройки данного устройства.

## 2.2. Модули web-доступа к системе TANGO

### 2.2.1. Функции REST DS

*Определение 3. REST DS - это сервер устройств Tango Controls, который предназначен для обеспечения web-доступа к автоматической системе управления Tango Controls.*

Основные характеристики REST DS:

- Требует мало ресурсов;
- Поддерживает стандартную http-аутентификацию;
- Поддерживает стандарт Tango REST API RC4[12];
- Поддерживает протоколы http, https.

Текущую версию приложения, а также руководство по использованию можно найти в [13]. REST DS может обращаться с устройствами читать и записывать атрибуты, работать с настройками устройства.

С помощью этого приложения можно просматривать: список устройств, состояние устройства, информацию о данном устройстве. Работа с атрибутами и командами устройств происходит с помощью GET, POST и PUT запросов. Например запрос для чтения значения атрибута с помощью REST DS выглядит так:

*/devices/domain/family/member/attributes/attr\_name/value.*

Запись значения атрибута происходит по POST-запросу:

*/devices/domain/family/member/attributes/attr\_name  
[?argin=arg1[argin=arg2...]].*

Чтобы выполнить команду нужно послать POST-запрос:

*devices/domain/family/member/commands/cmd\_name  
[?argin=arg1[argin = arg2...]].*

### 2.2.2. Контроль доступа

Web-приложение Pico бх взаимодействует с сервером по защищенному протоколу https. Для осуществления контроля доступа применяется

базовый механизм авторизации. Осуществляет контроль доступа приложение REST DS на стороне сервера. В запросе после "Authorization:" следует текст из которого выделяется имя пользователя и пароль. Существует специальное устройство в системе Tango, называемое Авторизационным сервером, в котором задаётся хост и порт нужного соединения. У Авторизационного сервера есть команда "check permissions\_www", которая получает: имя пользователя, пароль, IP-адрес клиентского компьютера, команда которую необходимо исполнить. На (Рис. 2) представлена схема контроля доступа.

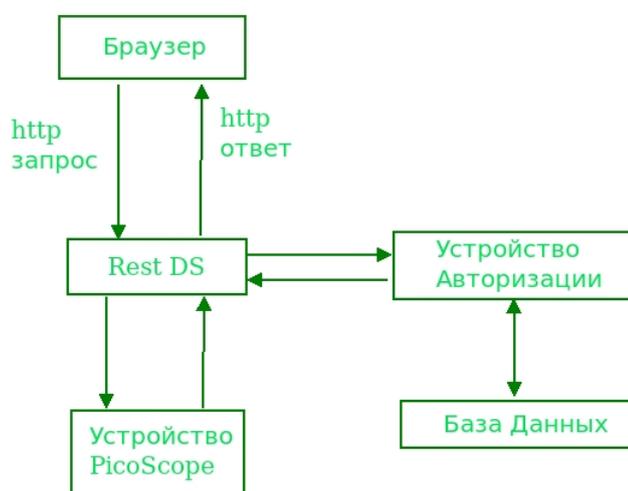


Рис. 2: Контроль доступа

Авторизация происходит следующим образом:

Браузер посылает запрос устройству REST DS, которое в свою очередь проверяет имя пользователя и пароль в базе данных. Если пользователь найден, для него проверяется соответствие прав доступа. При наличии достаточных прав REST DS выполняет запрос к адресуемому Tango-устройству и возвращает ответ клиенту в виде JSON-объекта с http-кодом 200(ОК). В случае, если пользователь не авторизован, ему возвращается http-код 401 (Unauthorized), если прав недостаточно для выполнения запроса, то возвращается http-код 403 (Forbidden).

## 3. Пользовательский web-клиент Pico 6x

При разработке web-клиента использовались:

- язык программирования Javascript;
- технология AJAX;
- формат данных типа JSON;
- библиотека EXT JS 6.2.0.

Для проверки работоспособности использовалась методика по принципу: внесение изменений в исходный код, затем компиляция кода оболочкой Sencha Cmd и отправка запроса на сервер через браузер Chrome.

### 3.1. Средства разработки web клиента Pico 6x

#### 3.1.1. Библиотека Ext JS 6.2.0

Библиотека EXT JS 6.2.0 и оболочка Sencha Cmd используются вместе. Всё что нужно получаем из "коробки", то есть в библиотеке есть всё необходимое для веб-разработки. Необходимо лишь научиться этим пользоваться. Изначально необходимо установить Sencha Cmd на свой компьютер и скачать библиотеку EXT JS 6.2.0 с официального сайта. Далее генерируем проект с нужным названием. В данном случае Pico 6x.

EXT JS обеспечивает поддержку прикладных архитектур MVC (Model-View-Controller), и MVVM(Model-View-View-Model). Оба этих подхода имеют общие понятия и направлены на разделение кода приложения по логическим линиям. У каждого подхода есть свои сильные стороны, основанные на том, как он решает разделить части приложения. Эти архитектуры приложений обеспечивают структуру и согласованность кода в программе(приложении). У данных архитектур есть преимущества:

- повышается переносимость кода

- все приложения работают по одному принципу

В данном приложении используется архитектура MVC (Модель-Представление-Контроллер). При такой архитектуре:

- "Модель(Model) - предоставляет данные и реагирует на команды контроллера, изменяя своё состояние;
- Представление (View) - отвечает за отображение данных модели пользователю, реагируя на изменения модели;
- Контроллер (Controller) - интерпретирует действия пользователя, оповещая модель о необходимости изменений".[14]

В EXT JS данные хранятся в специальных хранилищах называемых магазинами (Store). Пользователь взаимодействует с представлениями, которые отображают данные, хранящиеся в магазинах. Взаимодействия пользователя с представлением осуществляются контроллером, который затем реагирует на взаимодействия, обновляя представление и модель по мере необходимости. Вообще говоря, контроллер будет содержать логику работы в приложении с архитектурой MVC. Достоинством MVC является четкое определение обязанностей для каждого класса в приложении. Поскольку у каждого класса есть четко определенные обязанности, происходит отделение от большей среды. Это облегчает тестирование и обслуживание приложения, а его код оказывается наиболее пригоден для повторного использования.

### **3.1.2. Отладчик браузера Chrome и инструменты разработчика**

С помощью нажатия клавиши "F12", открывается дополнительное окно, в котором можно просматривать вкладки:

- Elements - вкладка отображает структуру HTML-страницы и каскадную таблицу стилей;
- Console - в данной вкладке отображаются отладочная информация в процессе выполнения приложения;

- Source - здесь отображается структура исполняемых файлов проекта, а также осуществляется управление отладчиком;
- Network - вкладка отображающая сетевые взаимодействия между клиентом и сервером.

### 3.1.3. AJAX запросы

Обозначение AJAX впервые было использовано в 2005 году [15].

AJAX не является отдельной технологией. AJAX - это представление применения нескольких технологий. Основными принципами AJAX являются:

- Использование технологии динамического опрашивания сервера "на лету", то есть без обновления всего содержимого страницы, к примеру с использованием XMLHttpRequest(основной объект);
- Применение DHTML чтобы динамически изменять содержимое web-страницы.

Действия с пользовательским интерфейсом модифицируются в операции с DOM (Document Object Model)[16], при помощи которых происходит обработка данных доступных пользователю, в итоге их представление изменяется. Здесь же производится обработка перемещений и щелчков мышью, а также нажатий клавиш. Каскадные таблицы стилей, или CSS(Cascading Style Sheets), обеспечивают слаженный внешний вид элементов приложения и упрощают обращение к объектам DOM. Объект XMLHttpRequest (или схожие механизмы) используются для асинхронного взаимодействия с сервером, обработки запросов пользователя и загрузки в процессе работы необходимых данных. Форматом передачи данных могут использоваться: простой текст, XML или JSON, HTML-код.

На Рис. 3 представлена архитектура проекта и приведен код AJAX запроса.

Преимуществом технологии AJAX является возможность обновления данных без полной перезагрузки страницы.

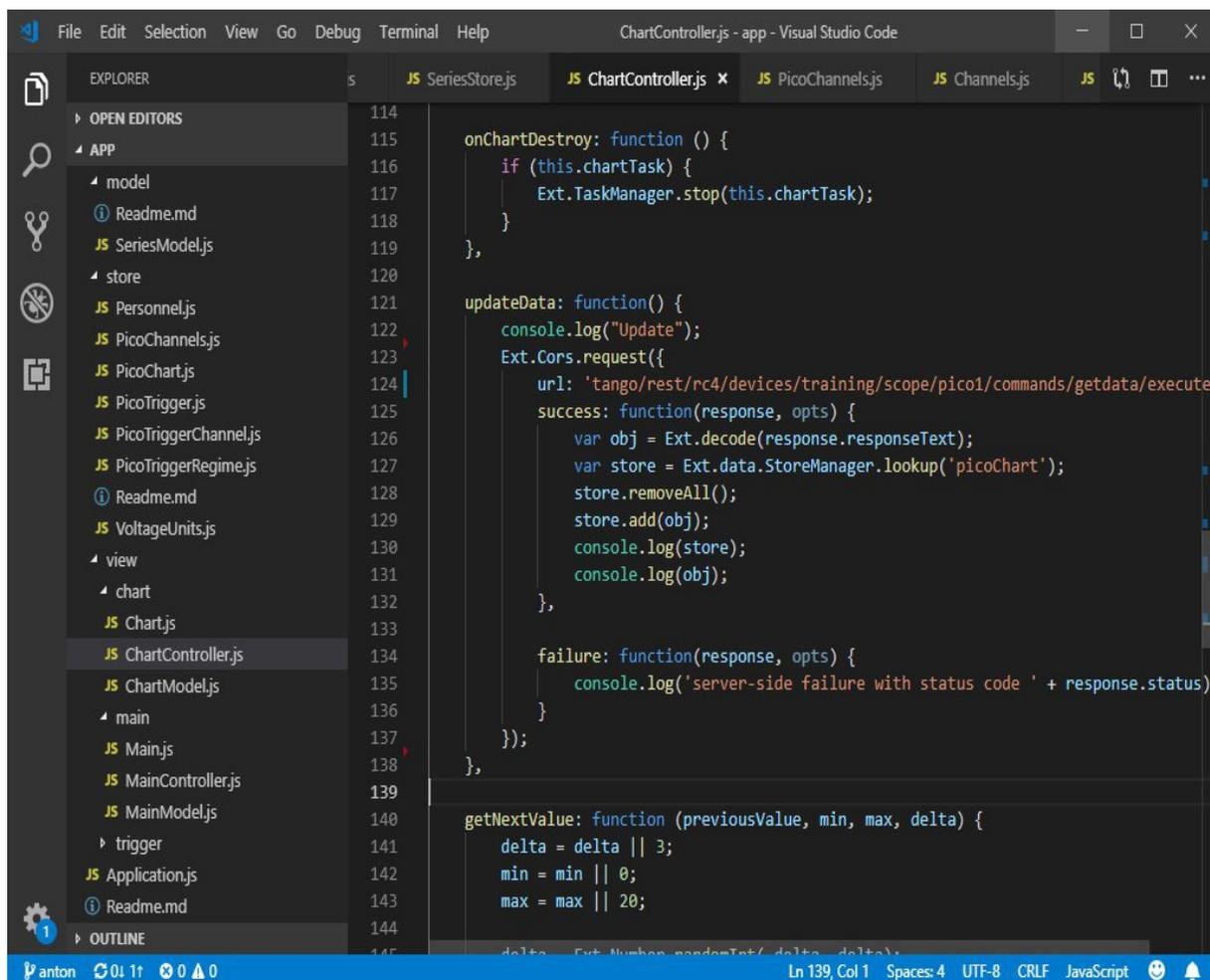


Рис. 3: Архитектура проекта и код запроса в клиентской части

### 3.1.4. Формат данных JSON

*Определение 4. JSON (JavaScript Object Notation) - это формат обмена данными, основанный на JavaScript.*

Данный формат был разработан Д. Крокфордом [17]. Для многих языков существует готовый код для создания и обработки данных в формате JSON. Формат JSON за счёт своей лаконичности, по сравнению с XML, подходит для сериализации более сложных структур. В веб-приложениях он уместен в задачах обмена данными как между пользователем и сервером (AJAX), так и между самими серверами.

Поскольку формат JSON является подмножеством синтаксиса языка JavaScript, то он может быть быстро десериализован встроенной функцией `eval()`. Также, возможна вставка работоспособных JavaScript-

функций. JSON-текст представляет собой (в закодированном виде) одну из двух структур:

- Набор пар "ключ:значение". В различных языках это реализовано как запись, структура, словарь, хеш-таблица, список с ключом или ассоциативный массив. Ключом может быть только строка, значением - любая форма.
- Упорядоченный набор значений. Во многих языках это реализовано как массив, вектор, список или последовательность.

"Это универсальные структуры данных: как правило, любой современный язык программирования поддерживает их в той или иной форме. Они легли в основу JSON, так как он используется для обмена данными между различными языками программирования." [18]

В качестве значений в JSON могут быть использованы:

- Строка - это упорядоченное множество из нуля или более символов юникода, заключённое в двойные кавычки;
- Число;
- Массив - упорядоченное множество значений;
- Булево значение (true, false, null);
- Запись - это неупорядоченное множество пар ключ:значение, заключённое в фигурные скобки "{}". Пары ключ-значение отделяются друг от друга запятыми.

"Строка очень похожа на одноимённый тип данных в языках C и Java. Число тоже очень похоже на C- или Java-число, за исключением того, что используется только десятичный формат. Пробелы могут быть вставлены между любыми двумя синтаксическими элементами".[18]

На Рис. 4 представлены получаемые веб-клиентом данные в формате JSON, с помощью AJAX запроса.

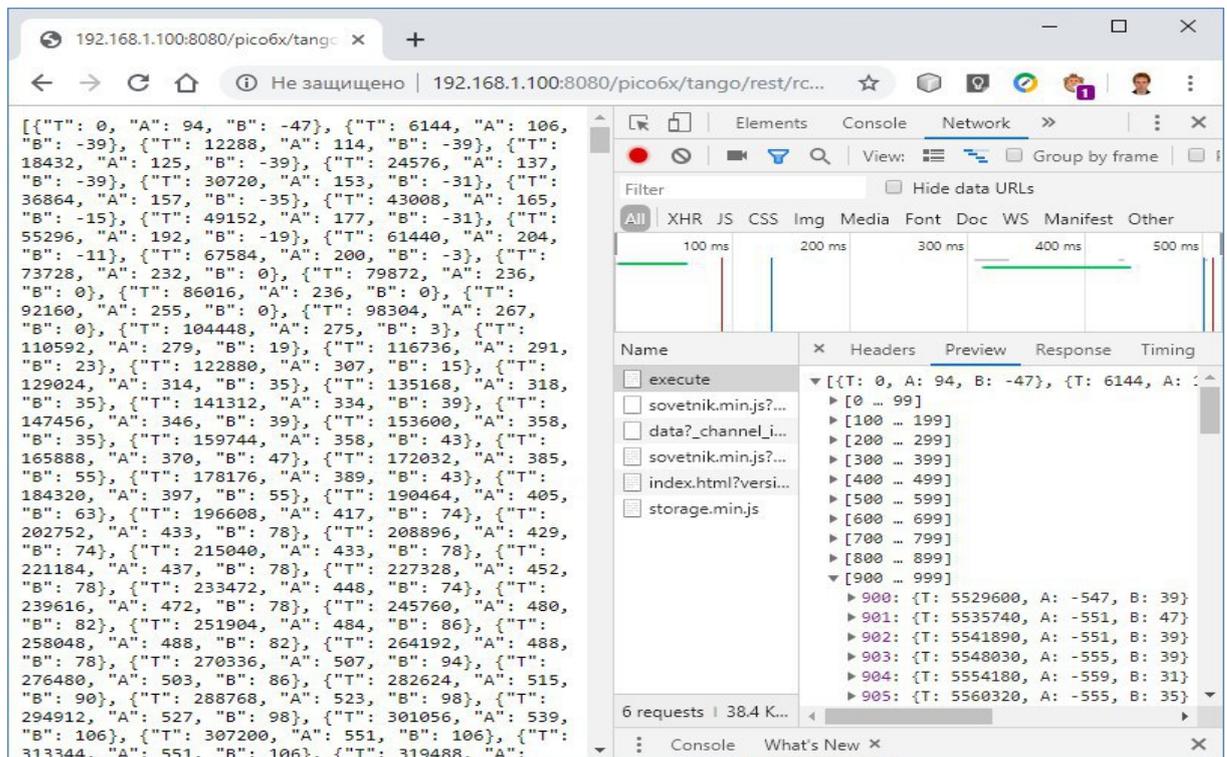


Рис. 4: данные формата JSON получаемые веб-клиентом

### 3.2. Описание разработанного web-клиента

Для работы web клиента также используется драйвер для PicoScore 6402C, который был разработан М.Р. Ефимовым [19], а также сам осциллограф.

Основная функция клиента - отображать на графике данные которые получает драйвер. Кроме клиента данные может отображать стандартная утилита Tango - Atk Panel. Данная утилита отображает данные на том же компьютере где запущен драйвер, как показано на Рис. 5.

Самое значительное преимущество нашего приложения над стандартным заключается в том, что данные с осциллографа можно получать удаленно, то есть может оказаться что вы находитесь далеко от здания где располагается осциллограф.

В окне браузера web-клиент выглядит как показано на Рис. 6.

Данный клиент может отображать только те каналы которые вы хотите видеть, для этого внизу есть так называемые легенды, для каждого канала используется свой цвет (Рис. 7).

Шкалу для каждого канала также можно менять, причем по от-

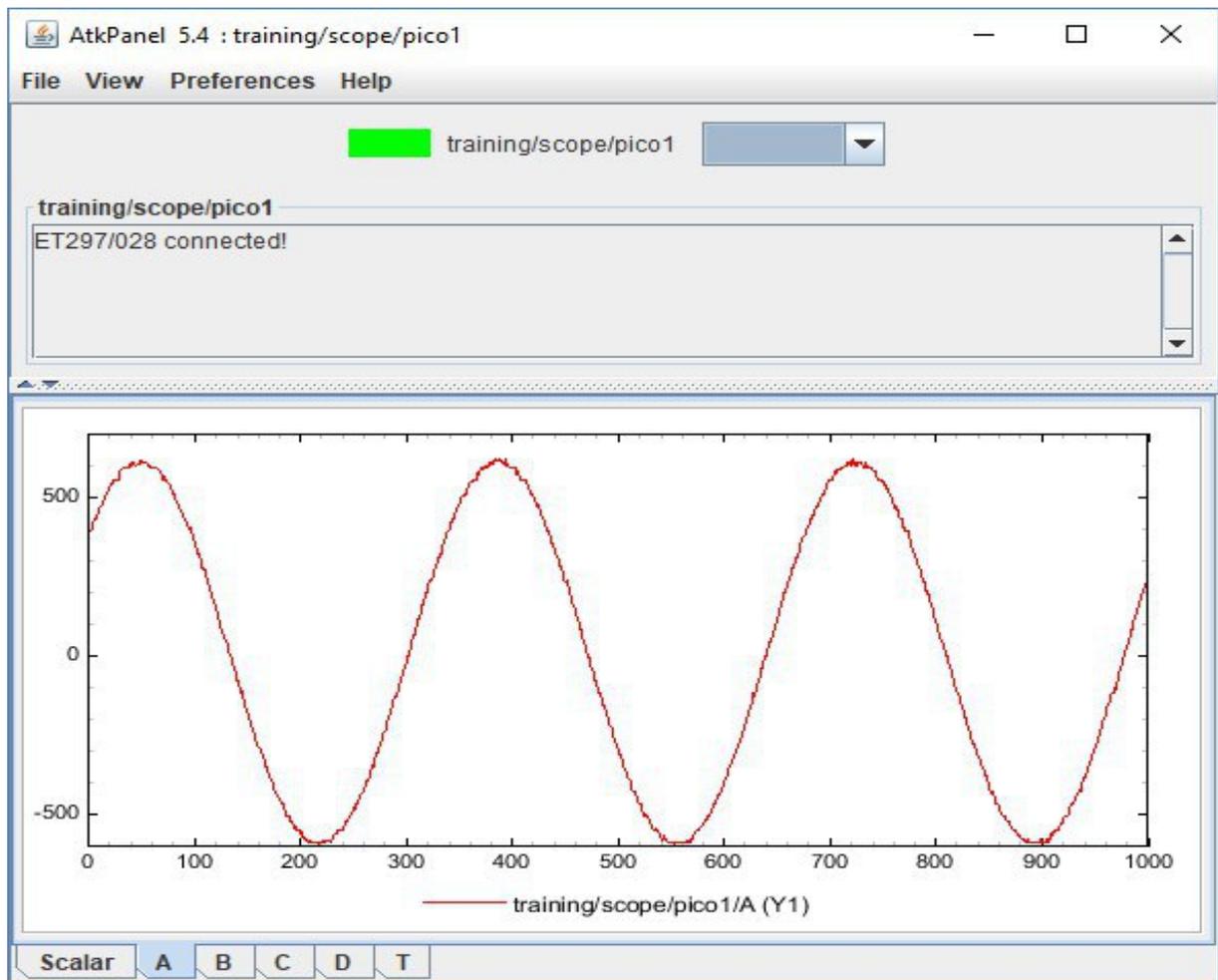


Рис. 5: Отображение данных стандартной утилитой

дельности. Реализуемая развёртка изменяется на все каналы. Задаётся развёртка на клетку (указывается сколько времени помещается в одну клетку). Рядом с изменением шкалы есть кнопка обновить, которая обновляет данные на графике.

В данном web-клиенте в соответствии с техническим заданием осуществлен простой тип триггера. Он срабатывает по уровню. Для настройки задаётся включенный канал, уровень и направление прохождения уровня (снизу вверх, сверху вниз и по обоим направлениям прохождения одновременно). Настройки триггера на нижней панели повторяют вид стандартного приложения. Это было сделано для того, чтобы пользователю было легко пользоваться данным клиентом.

Также выполняется прореживание которое позволяет выполнить стандартный набор функций PicoScope 6402C. Например имеется изна-

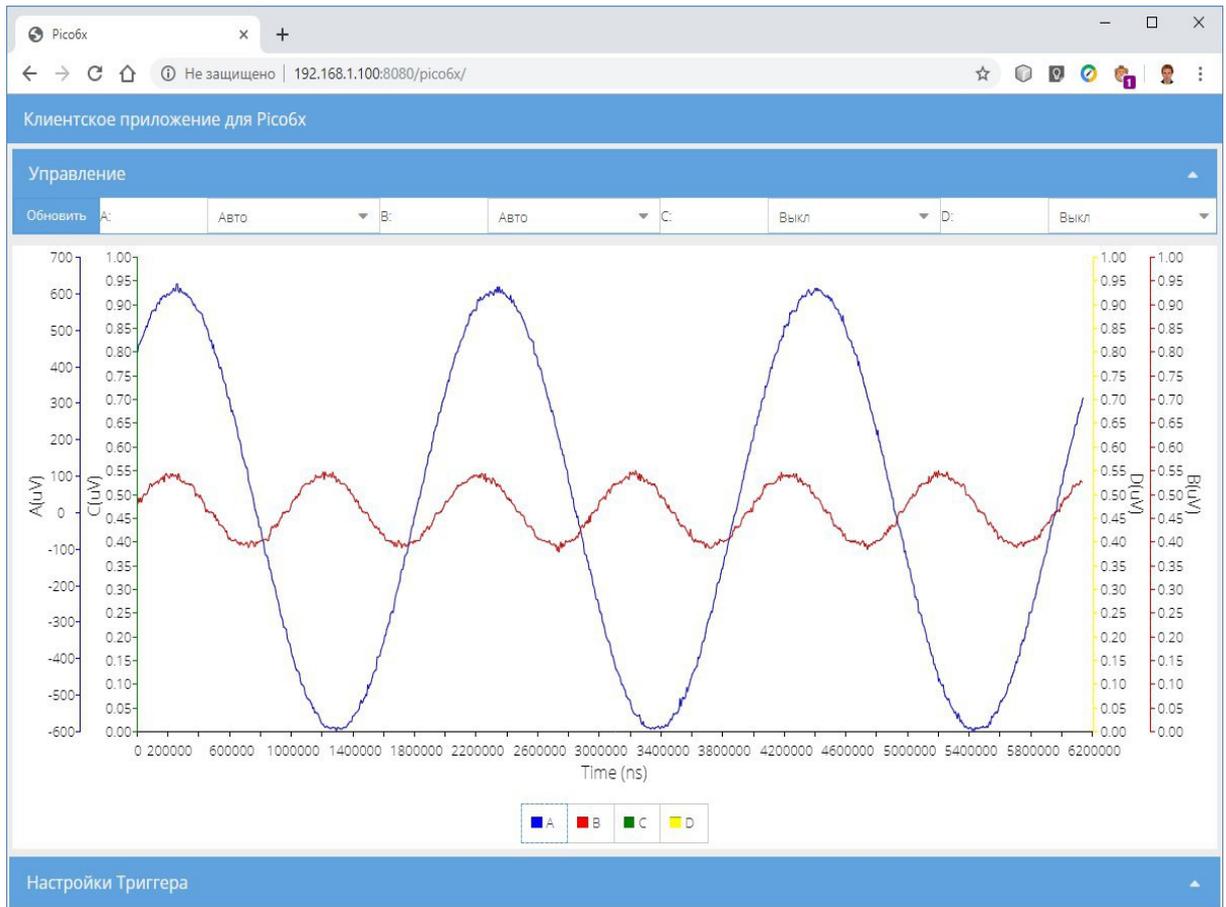


Рис. 6: Web клиент Pico bx

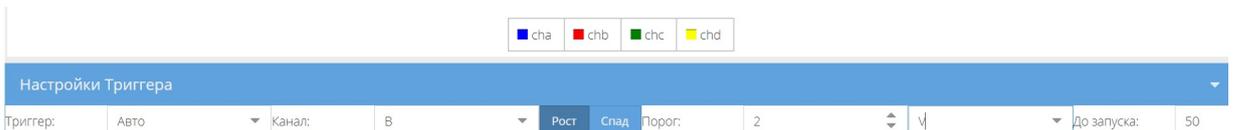


Рис. 7: Настройки триггера и легенды

начально 100000 точек, а на web-клиенте отображается 1000 точек на канал. Включение прореживания производится при инициализации клиента.

### 3.3. Методика отладки web-клиента в процессе разработки

В процессе отладки на стороне сервера был запущен REST DS, система управления TANGO, драйвер, описанный в [19], и к серверному компьютеру был подключен осциллограф PicoScope 6402C в соответствии со схемой приведенной на Рис. 8.

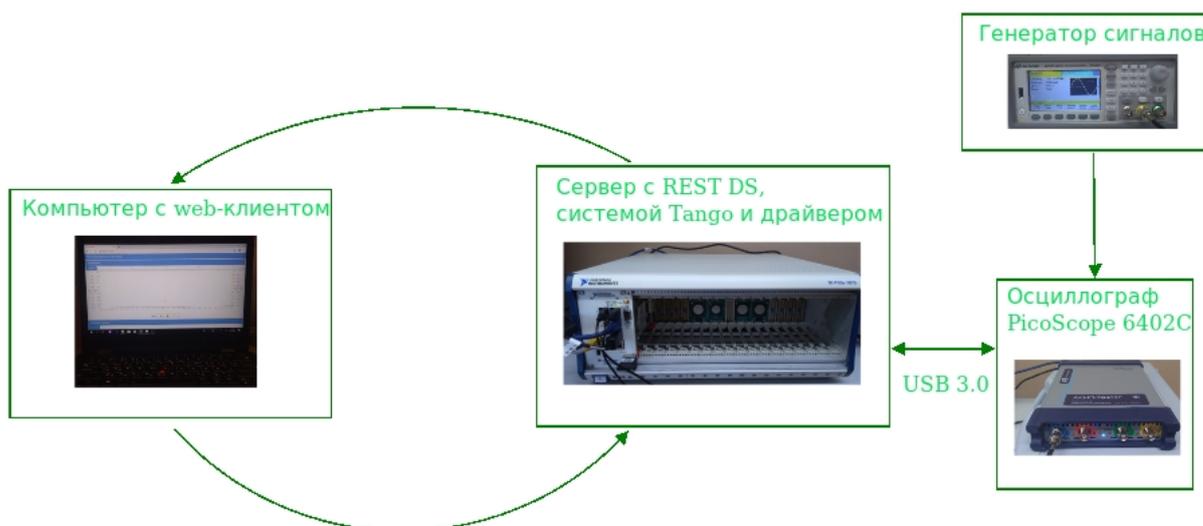


Рис. 8: Схема отладки

Отладка проводилась по следующей методике:

- Вносились изменения в код программы;
- Осуществлялась компиляция утилитой Sencha Cmd;
- Производилась отладка в браузере при помощи инструментов разработчика.

В случае если приложение работало некорректно или выдавались сообщения об ошибках, производились изменения в исходном коде программы. В итоге получено надежно работающее приложение Pico бх.

## Выводы

В работе были изучены элементы с помощью которых, было разработано web-приложение Pico бх: автоматическая система управления Tango Controls, приложение REST DS, технология AJAX, библиотека EXT JS 6.2.0, формат данных типа JSON, процедура контроля доступа устройств используемая в проекте NICA.

Было разработано web-приложение Pico бх обеспечивающее выполнение необходимых функций:

- Включение/Выключение каналов;
- Изменение масштаба для каждого канала на графике;
- Настройки триггера;
- Отображение и обновление необходимых каналов на графике.

Приложение было отлажено по итеративной процедуре, в результате обеспечена его надежная работоспособность. Проект размещен в репозитории.

## Заключение

В результате выполнения данной работы разработан и отлажен web клиент для осциллографа PicoScope 6402C. Отлаженный проект доступен по адресу [20].

Результаты работы представлены на 23-ей международной научной конференции молодых специалистов (AYSS-2019) [21].

## Список литературы

- [1] JINR. Объединенный институт ядерных исследований // ОИЯИ. — 2019. — URL: <http://www.jinr.ru/about/>.
- [2] Трубников Григорий Владимирович. Синхротрон релятивистских тяжелых ионов нуклотрон в ускорительном комплексе NICA : Ph. D. thesis / Григорий Владимирович Трубников ; Объед. ин-т ядер. исслед.(ОИЯИ). — 2012.
- [3] Википедия. Всемирная паутина — Википедия, свободная энциклопедия. — 2019. — URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=99546273>.
- [4] Monakhov D.V. Gorbachev E.V. Betatron tune measurement system upgrade at Nuclotron // CEUR Workshop Proceedings, ISSN:1613-0073. — 2017.
- [5] Development of tools for real-time betatron tune measurements at the Nuclotron / E.V. Gorbachev, A.E. Kirichenko, D.V. Monakhov et al. // Physics of Particles and Nuclei Letters. — 2016. — Vol. 13, no. 5. — P. 583–585.
- [6] Мешков И.Н., Трубников Г.В., Бутенко А.В. и др. Технический проект ускорительного комплекса NICA // ОИЯИ. — 2015. — URL: [http://nucloweb.jinr.ru/nica/TDR/2015/TDR\\_Volume\\_4.pdf](http://nucloweb.jinr.ru/nica/TDR/2015/TDR_Volume_4.pdf).
- [7] TANGO. Home - TANGO controls // TANGO. — 2015. — URL: <https://www.tango-controls.org/>.
- [8] Present status of NICA project / N. Agapov, A. Butenko, A. Eliseev et al. // Proc. of COOL. — Vol. 13. — 2013.
- [9] Sedykh Georgy, Gorbachev Evgeny, Elkin Vladimir. Tango Web Access Modules and Web Clients for NICA Control System // JACoW Publishing. — 2018.

- [10] Sencha. Sencha Ext JS // An Idera, Inc. Company. — 2019. — URL: <https://www.sencha.com/products/extjs/>.
- [11] Gorbachev Evgeny, Sedykh Georgy. Development of NICA Control System: Access Control and Logging // Proceedings, 16th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (ICALPCS 2017): Barcelona, Spain, October 8-13, 2017. — 2018. — P. TUPHA171.
- [12] TANGO. Tango REST API specification // TANGO. — 2015. — URL: <https://tango-rest-api.readthedocs.io/en/latest/>.
- [13] Sedykh Georgy Sergeevich. TANGO Web Access Modules and Web Clients For NICA Control System // Sedykh G.S. — 2017. — URL: <http://tangodevel.jinr.ru/git/tango/web/RestDS>.
- [14] Википедия. Model-View-Controller — Википедия, свободная энциклопедия. — 2019. — [Online; accessed ']. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=98732846>.
- [15] Garrett Jesse James et al. Ajax: A new approach to web applications. — 2005.
- [16] w3schools.com. JavaScript HTML DOM. — 2019. — URL: [https://www.w3schools.com/js/js\\_htmlDOM.asp](https://www.w3schools.com/js/js_htmlDOM.asp).
- [17] The application/json media type for javascript object notation (json) : Rep. ; Executor: Douglas Crockford : 2006.
- [18] w3schools.com. JSON - Introduction. — 2019. — URL: [https://www.w3schools.com/js/js\\_json\\_intro.asp](https://www.w3schools.com/js/js_json_intro.asp).
- [19] М.Р. Ефимов. Драйвер для высокоскоростного цифрового осциллографа в АСУ TANGO ускорительного комплекса NICA // СПб-ГУ. — 2019.
- [20] Shekhovtsov A.S. Pico6x // GitLab. — 2019. — URL: <http://tangodevel.jinr.ru/git/tango/web/pico6x/blob/anton/ext>.

- [21] Shekhovtsov A.S. Creating oscilloscope GUI with Tango Controls // JINR.— 2019.— URL: <https://indico.jinr.ru/event/756/contributions>.