

## Модуль спектрального анализа

### Назначение модуля

Модуль предназначен для обработки данных акселерометров или других датчиков за определенные интервалы времени для построения спектра колебаний и нахождения в полуавтоматическом режиме основных форм колебания и вычисления их параметров их пиков. Различает одиночные и двойные пики.

### Технические требования

Операционная система: Ubuntu 20/22, Linux OS 64 битная. PHP версии 7.3, модуль работы с PostgreSQL и ClickHouse.

### Требования к вычислительным ресурсам

1 ядро поддерживающее 64 битные вычисления, 500 Мбайт на жестком диске для временных данных.

### Описание работы

Структурно работу модуля можно поделить на две части: сбор, подготовку данных и отправку готовых данных, которую выполняет PHP скрипт «index.php». Обработка данных, формирование спектров и поиск основных форм колебаний выполняет программа RealTimeSpectrum. Модуль может быть вызван или из системы или из консоли в контейнере docker «php». Для запуска работы модуля запускается PHP скрипт «index.php». Блок-схема работы модуля представлена на рисунке.



Вначале работы скрипта «index.php» загружаются конфигурационные данные модуля из файла «config.php», содержащего данные к подключению к базам данных, он находится на директории выше модуля и файл конфигурации модуля «config.php», лежащего в директории модуля. Далее выбираются шины типа «an-d3» и «com-an-d3», шины для подключения акселерометров. В выбранных шинах выбираются устройства типа «and\_3». Далее просматриваются выбранные устройства и создается массив каналов этих устройств, у которых код равен «0.x» — ось X, «0.y» — ось Y, «0.z» — ось Z, «0.a» — модуль ускорения, обозначается через A.

serif;;#000000;;inherit>После формирования массива, обрабатываем оси. Проверяем, или есть настройка для каждого канала в конфигурационном файле модуля «config.php». Если данных настройки нет, по</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>обработка данной оси пропускается.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Если канал сконфигурирован, то запрашивается данные по этому каналу в интервале «\$time\_interval» до времени запрошенного в начале запуска скрипта, переменная «\$timestamp».</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Далее проверяется и создаются папки для выходных файлов программы RealTimeSpectrum «/var/www/html/public/Spectr».</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Данные программой RealTimeSpectrum обрабатываются в двух вариантах. Первый — для полноценной спектральной мощности, данные записываются в директорию «/data», второй — для цветовой спектрограммы, данные записываются в директорию «/data\_partial». Для спектрограммы спектральная мощность строится с меньшим частотным разрешением для увеличения быстродействия. Далее данные записываются в директории с именем равным id устройства, далее id канала, после год, и последняя директория месяц.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Для примера формирования пути, если id устройства 67, id канала 433, 2022 год и месяц сентябрь 9-й месяц, тогда путь будет выглядеть для первого случая «/var/www/html/public/Spectr/data/67/433/2022/09», для второго случая «/var/www/html/public/Spectr/data\_partial/67/433/2022/09».</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Далее формируются конфигурационные файлы «ofs\_options.ini» и «Config.path» для работы программы RealTimeSpectrum и записываются полученные данные в бинарном виде для обработки. Далее данные обрабатываются программой RealTimeSpectrum и полученные данные размещаются как указано выше, и полученные данные по пикам основных форм колебаний отправляются в базу данных. Обработка, формирование файлов и отправка данных выполняются для двух случаев подряд, так как для них используются одни и те же данные и должны использоваться одни и те же данные, что бы результаты были одинаковыми.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Рисунок. Блок-схема модуля.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Основные файлы модуля</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- config.php - файл настроек программы обработки спектров, должен быть в gitignore. config\_example.php - пример файла настроек программы обработки спектров</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>Config.path - динамический файл настроек датчиков для работы программы обработки спектров RealTimeSpectrum, формируется в процессе работы модуля, должен быть в gitignore.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- ofs\_options.ini - динамический файл общих настроек работы программы обработки спектров</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>RealTimeSpectrum, формируется в процессе работы модуля, должен быть в gitignore.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- .gitignore - содержит список файлов и директорий, которые должны игнорироваться и не попадать в индексы</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>git</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>RealTimeSpectrum - программа для обработки данных датчиков и формирования спектров и поиска пиков

основных форм колебания.

`index.php` - PHP скрипт вызываемый для обработки спектров. Непосредственно в нем берутся данные из базы данных, подготавливаются для обработки и вызывается программа `RealTimeSpectrum`. Скрипт формируют пути, куда записывается спектр сформированный `RealTimeSpectrum` и отправляет результаты определения частот и декрементов колебаний в базу данных.

`data_processing.sh` - bash скрипт для запуска модуля через cron в контейнере.

`source` - директория с временными рабочими файлами модуля

`index_check.php` - вспомогательный PHP скрипт, позволяет проверить сколько в системе установлено устройств типа АНД-3

`data_processing_test.sh` - вспомогательный bash скрипт для запуска `index_check.php` в контейнере

## RealTimeSpectrum

Программа `RealTimeSpectrum` обрабатывает данные сформированные акселерометрами и строит спектры колебания. Физический принцип, на котором основана работа программы, состоит в получении исходных данных ускорений с акселерометров от сборщика данных. Далее с помощью преобразования Фурье формируется спектральная мощность колебаний. Метод определения основных форм колебаний и их декрементов является полуавтоматическим. Для его работы необходимо задать интервал частот, в котором необходимо искать пик колебаний, и так же указать ищется ли одинарный или двойной пик. Далее специальным методом с помощью метода наименьших квадратов аппроксимируется пик или два пика в зависимости от настроек, и по данным аппроксимации вычисляются частота максимума пика и по ширине на полувысоте аппроксимированного пика — декремент колебаний.

```
=== Настройка модуля
=== Настройка модуля
производится в файле config.php, все параметры подробно описаны в
config_example.php, его содержание приведено ниже
$api_token =
'A8WQ0N4zYPQvxbBMvPVz2ZnhGGyfgjhbh'; api токен для доступа по rest
api
$time_interval =40960; Интервал в секундах от текущего
времени, за который запрашиваются данные с clickhouse
$length_zap_full=8192; Длина одной
реализации для построения одного спектра
$length_zap_spectrograms=1024; Длина одной реализации для
построения цветовой спектрограммы, так как вопрос ещё в
производительности
то
длина уменьшена для быстрого рендера картинки
$number_records_full=2; Количество
```

реализаций, по которым происходит усреднение для построения одного спектра

```
<font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$number_records_spectrograms=16; Количество реализаций, по которым происходит усреднение для построения цветовой спектрограммы</font>  
<font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$basic_waveforms=5; Количество основных форм колебания, которые обрабатываются скриптом PHP и отправляются в базу данных</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> если данных на i-ю форму нет после работы программы построения спектра, то она заполняется нулями</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit;></font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Настройка каналов для обработки</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> В массив $device_code добавляется код устройства, к которому принадлежит канал</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> в $min_frequency_all и</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>в $max_frequency_all с</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>ключем</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>равным</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> коду устройства указывается минимальная и максимальная граница интервалов, в которых нужно искать пики основных форм колебания. В $double_frequency_all</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>указывается количество пиков для поиска</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$device_code=array('433', '434', '501', '502');</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$min_frequency_all['433']='0.3 0.6 1.3';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$max_frequency_all['433']='0.35 0.8 1.6';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$double_frequency_all['433']='1 1 1';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$min_frequency_all['434']='0.3 0.6 1.3';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$max_frequency_all['434']='0.35 0.8 1.6';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$double_frequency_all['434']='1 1 1';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$min_frequency_all['501']='0.3 0.6 1.3';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$max_frequency_all['501']='0.35 0.8 1.6';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$double_frequency_all['501']='1 1 1';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$min_frequency_all['502']='0.3 0.6 1.3';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$max_frequency_all['502']='0.35 0.8 1.6';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$double_frequency_all['502']='1 1 1';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> Более подробное описание что есть что</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> $device_code=array('433'); $device_code - набор кодов устройств, где устройствово означает одну ось датчика, например 001X. Т.е. устройство с кодом 433 это датчик с номером 001, ось X.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> Для устройства 433 указываем интервалы, в которых нужно искать пики колебаний. Интервалы:</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>$min_frequency_all['433']='0.3 0.6 1.3';</font> <font
```

14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>\$max\_frequency\_all['433']='0.35 0.8 1.6';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Они означают 3 интервала, в которых искать пики. Интервал 1 0.3-0.35; интервал 2 0.6-0.8; интервал 3 1.3-1.6;</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> И количество пиков, которые необходимо искать \$double\_frequency\_all['433']='1 1 1';</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> Здесь указаны три интервала, в них искать по одному пику. Варианты значений 1 либо 2.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;inherit;;inherit></font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;inherit;;inherit></font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;inherit;;inherit></font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit> Файл для работы программы обработки спектров, общие настройки</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>\$file\_options='number\_records = '.\$number\_records.' Количество реализаций, по которым будет строиться</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>аппроксимация</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>спектра и находится параметры колебаний сооружения</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>length\_zap = '.\$length\_zap.' Длина одной реализации в количестве отсчетов, должно быть кратно  $2^n$ , 2 в степени n, где n целое число</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>number\_of\_records = 30 Сколько в одном файле реализаций</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>sampling\_time = 0.1 Время дискретизации датчиков в секундах</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>time = «22\_01\_10\_23\_59\_43\_021» Время, с которого считывать данные, данные до этой временной отметки будут игнорироваться,если указать 00\_00\_00\_00\_00\_00\_000, то будут обрабатываться все данные</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>time\_start = «2022\_02\_12\_07\_21\_00\_729» Время, с которого считывать данные, данные до этой временной отметки будут игнорироваться,если указать 00\_00\_00\_00\_00\_00\_000, то будут обрабатываться все данные</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>time\_end = «'.»\$year«.»\_«.»\$month«.»\_«.»\$day«.»\_«.»\$hour«.»\_«.»\$minute«.»\_«.»\$second«.»\_000»</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>big\_files = 0 Параметр, отвечающий за то, что мы берем большие файлы данных за сутки. 1 - мы берем, другое значение, не берем</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>debug\_mode = 0 Режим отладки, выводятся промежуточные данные обработки, по умолчанию отключено</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>proces\_all\_files = 0 Обработка всех файлов сразу, по умолчанию обрабатывается начиная с самого последнего</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>rusian = 1 Включение русского языка, по умолчанию включен</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>file\_size\_for\_processing = 1 Устанавливаем ограничение обработки файлов за один запуск</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>time\_shift=0.245733333333333 Сдвиг по времени в секундах Пропуск времени между соседними спектрами при обработке всех файлов сразу, величина в секундах.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>detector\_option\_file = «Config.path» Имя файла с настройками для датчиков.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>fast\_processing = 0</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>file\_format=4

Формат файлов данных monitoring\_horizont=1';  
Файл для работы программы обработки спектров, настройка датчиков  
\$file\_options\_conf='{  
limitation\_standart\_deviation=0  
Среднеквадратичное отклонение  
limitation\_ejection=50 Выброс в процентах от диапазона  
measuring\_range=3600 Тип датчика (диапазон) AN3600, AN7200  
axis='. \$detector\_name.' Номер датчика и его оси  
namefile=«.dirname(FILE).'/source/» Относительный путь к данным  
savadata=«. \$dir.'/» Относительный путь, куда сохранять результаты моделирования  
datatemperature=«. /» Относительный путь, откуда читать данные по температуре  
min\_frequency ='. \$min\_frequency.' Минимальная частота интервалов, в которых ищутся пики, в Гц, пример 0.4 0.8 2.3  
max\_frequency ='. \$max\_frequency.' Максимальная частота интервалов, в которых ищутся пики, в Гц. Пример 0.6 1.1 2.5  
double\_frequency ='. \$double\_frequency.' Количество пиков в интервале, допустимые значения 1 - один пик, 2 - два пика в интервале  
signal\_level=0;  
}';