



## ООО «Контур Автоматизация»

Платформа гибкого управления технологическими процессами  
(FlexPCP)

Программа моделирования технологических объектов для систем  
усовершенствованного управления  
FlexPCP Analyzer for Linux (сокращенно – FlexPCP AL)  
(Flexible Process Control Platform for Analysis for Linux)

Инструкция по эксплуатации экземпляра,  
предоставленного для экспертной проверки



## Оглавление

Введение.....	3
1. Общие сведения об интерфейсе FlexPCP AL .....	4
2. Работа с процедурой «Данные» .....	5
2.1. Загрузка данных.....	5
2.2. Первичная обработка данных .....	8
3. Работа с процедурой «Подготовка данных».....	12
3.1. Просмотр статистик параметров .....	12
3.2. Расчет корреляций .....	13
3.3. Расчет аппроксимирующей прямой.....	15
3.4. Фрагментирование данных .....	16
4. Работа с процедурой «Идентификация» .....	24
4.1. Идентификация моделей статики .....	24
4.2. Идентификация моделей динамики .....	29



## **Введение**

Данная инструкция по эксплуатации разработана для проведения экспертной проверки экземпляра программы моделирования технологических объектов для систем усовершенствованного управления FlexPCP Analyzer for Linux (далее – FlexPCP AL).

FlexPCP AL – это пакет подготовки, статистической обработки и идентификации временных рядов, обеспечивающих реализацию функций моделирования технологических объектов на основе исторических данных.

Подразумевается, что программное обеспечение FlexPCP AL установлено на стационарном компьютере проверяющей организации, согласно предоставленной ООО «Контур Автоматизация» «Инструкции по установке экземпляра, предоставленного для экспертной проверки». Стационарный компьютер организации должен работать под управлением 64-битной операционной системы семейства Linux с графическим интерфейсом.

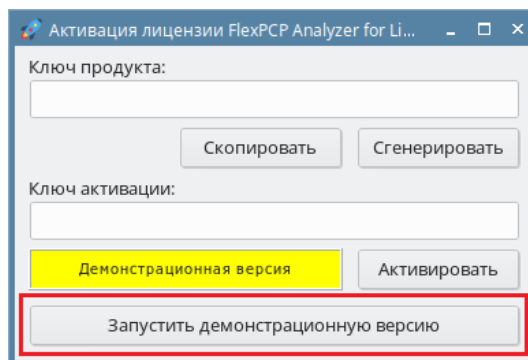
Все приведенные в предоставленном для экспертной проверки экземпляре данные являются условно абстрактной информацией, не являющейся конфиденциальной и не представляющей государственную тайну.



## 1. Общие сведения об интерфейсе FlexPCP AL

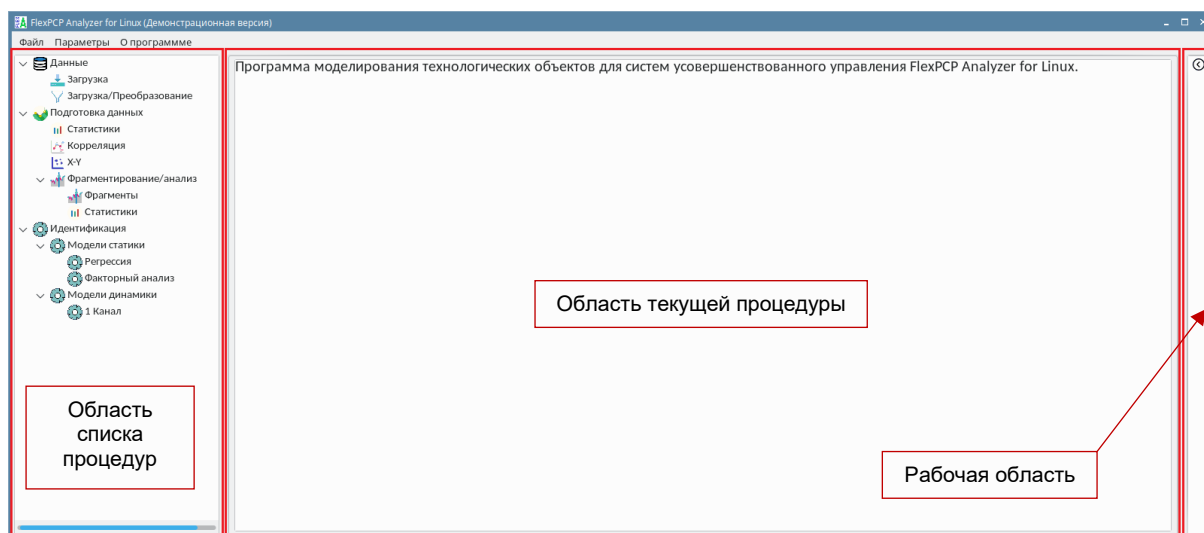
Запуск среды моделирования FlexPCP AL сопровождается выводом окна активации лицензии программы.

Нажмите кнопку «Запустить демонстрационную версию».



Откроется главное окно программы, которое условно можно поделить на три основные области:

- список процедур моделирования (в левой части главного окна);
- окно выбранной текущей процедуры (центральная часть главного окна);
- рабочая область (в правой части окна). При запуске программы рабочая область свернута.



В области текущей процедуры размещаются данные той процедуры моделирования, которая выбрана в списке процедур слева в данный момент.



Управление работой FlexPCP AL осуществляется с помощью контекстного меню, которое вызывается нажатием правой клавиши мыши (далее – ПКМ), так и с помощью строки меню в верхней части экрана, и сопровождается вводом информации с клавиатуры при необходимости. Содержимое контекстного меню зависит от области, в которой происходит нажатие.

Для изменения размеров отображаемых областей необходимо:

- 1) подвести курсор к границе между областями (курсор изменит свой вид на двустороннюю стрелку);
- 2) щелкнуть левую клавишу мыши (далее – ЛКМ), и не отпуская ее, перенести границу на новое место, с помощью мыши.

В зависимости от действий конкретного пользователя графики и численные значения расчетных параметров могут отличаться от представленных в настоящей инструкции рисунках.

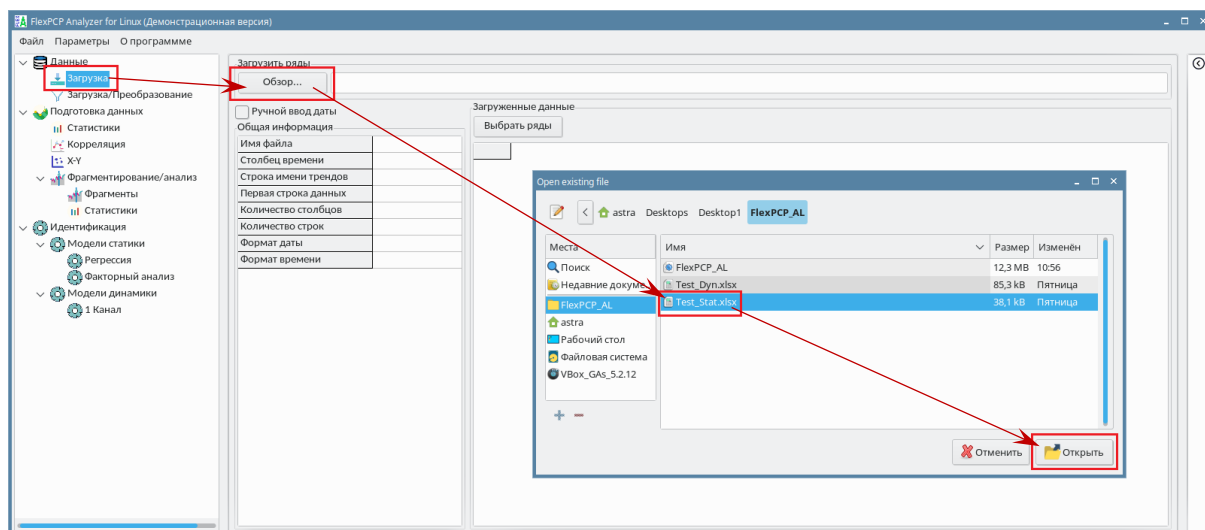
## **2. Работа с процедурой «Данные»**

### **2.1. Загрузка данных**

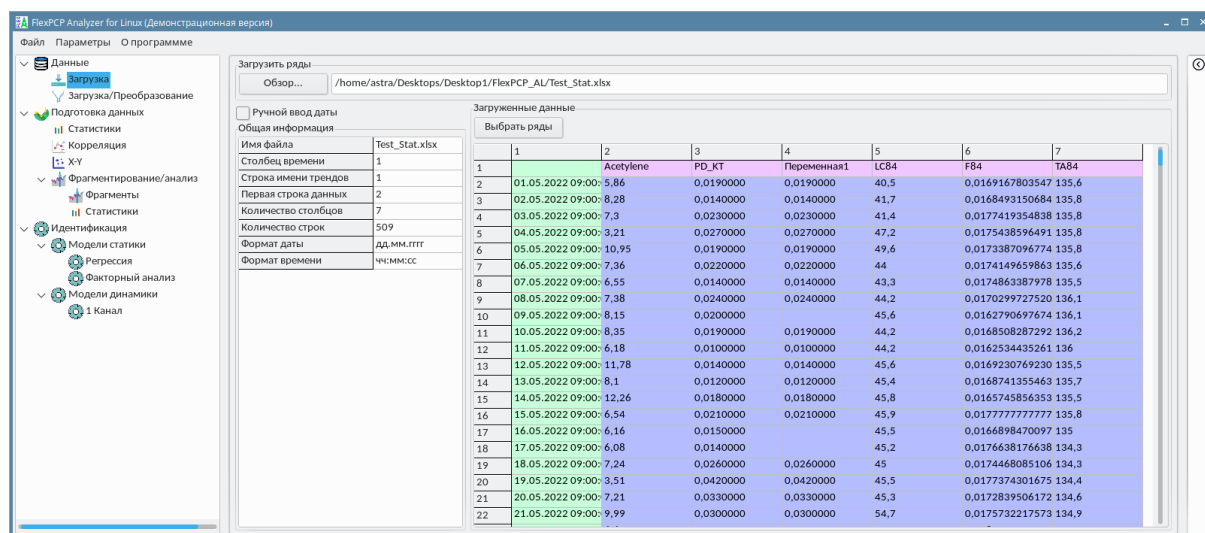
Для загрузки исходных исторических данных выберите пункт «Загрузка» в списке процедур.

Нажмите на кнопку «Обзор...» в окне текущей процедуры. В открывшемся окне выберите файл для загрузки данных для проведения тестирования Test\_Stat.xls и нажмите «Открыть».

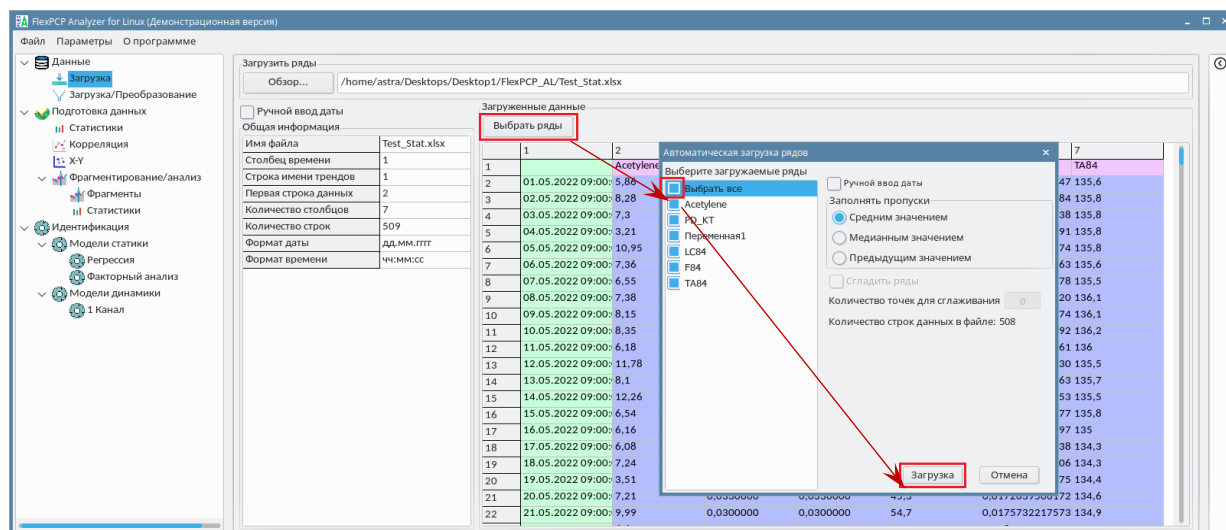
Примечание: файлы с тестовыми историческими данными Test\_Stat.xls и Test\_Dyn.xls для демонстрации работы программы размещены вместе с исполняемым файлом FlexPCP AL.



В окне текущей процедуры отобразятся данные в виде временных рядов из загружаемого файла.

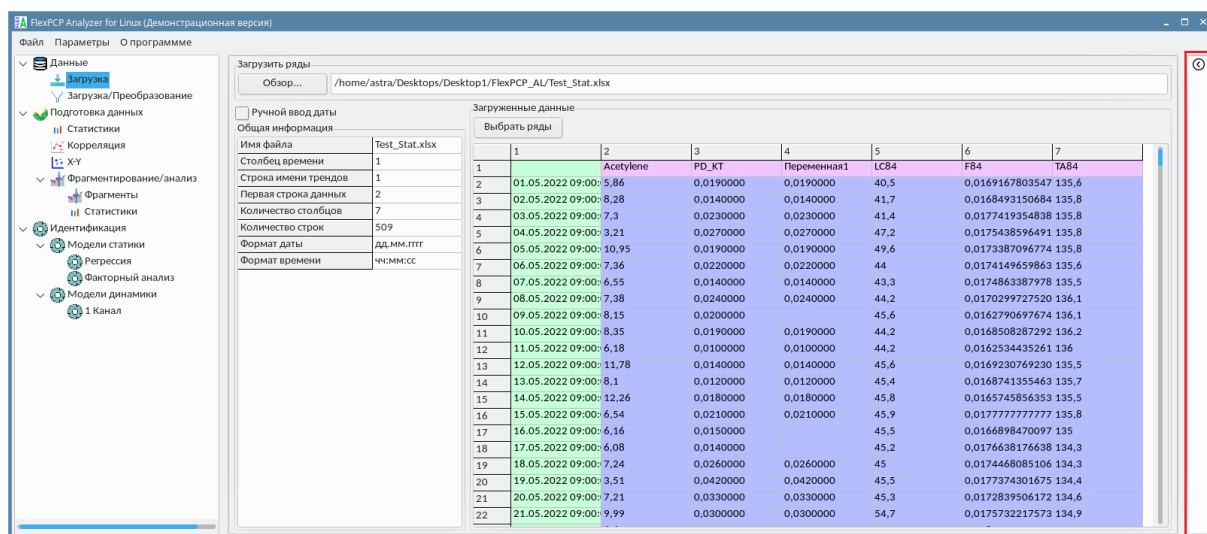


Нажмите на кнопку «Выбрать ряды» в окне текущей процедуры. В открывшемся окне «Автоматическая загрузка рядов» выставьте галочку в чекбоксе «Выбрать все», после чего все последующие чекбоксы будут автоматически заполнены. Нажмите кнопку «Загрузка».

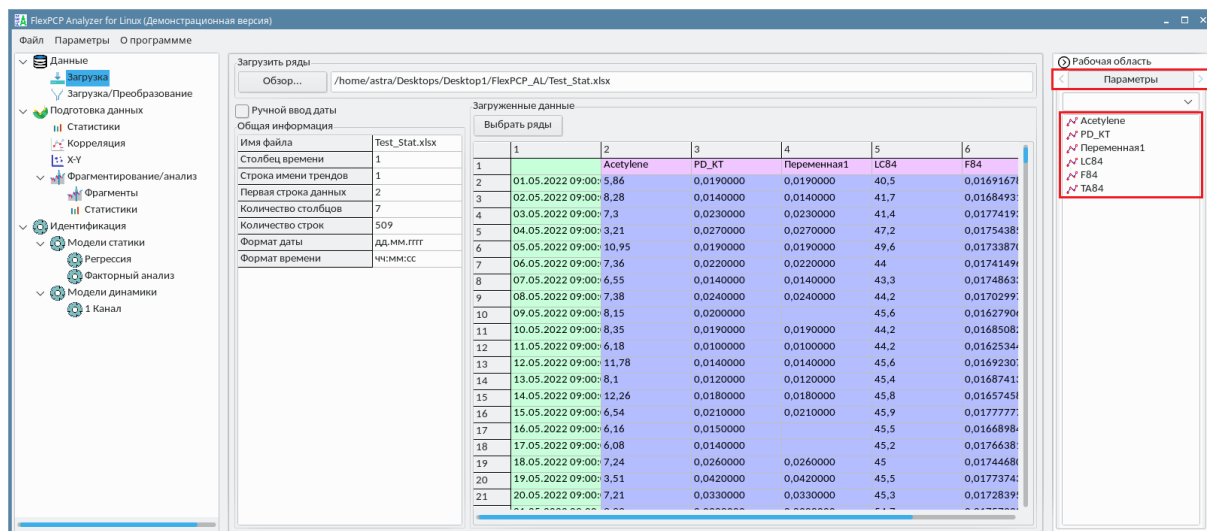




Раскройте окно списка загруженных переменных, щелкнув ЛКМ на свернутой рабочей области в правой части экрана.



При этом развернется окно рабочей области с вкладкой «Параметры», в которой содержится список параметров (выбранные ранее ряды). Нажимая на кнопки «<» или «>» рядом с названием вкладки, можно переключаться между вкладками «Параметры», «Модели статистики» и «Модели динамики».



Примечание: чтобы свернуть рабочую область, необходимо щелкнуть по заголовку «Рабочая область» над вкладками («Параметры» и др.).

## 2.2. Первичная обработка данных

Первичная обработка предназначена для оценки корректности значений загруженных данных, фильтрации их минимальных/максимальных значений,

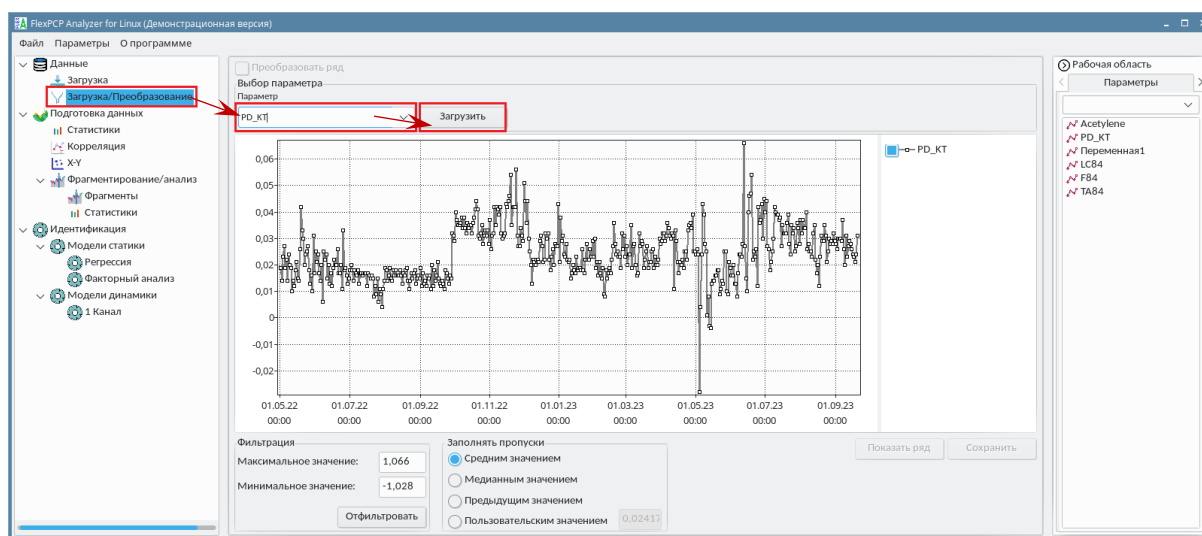




определения точек с некорректными значениями, заполнения возможных пропусков данных.

Выберите пункт «Загрузка/преобразование» в списке процедур. Раскройте выпадающий список «Параметр» текущей процедуры и выберите пункт PD\_KT. Нажмите кнопку «Загрузить».

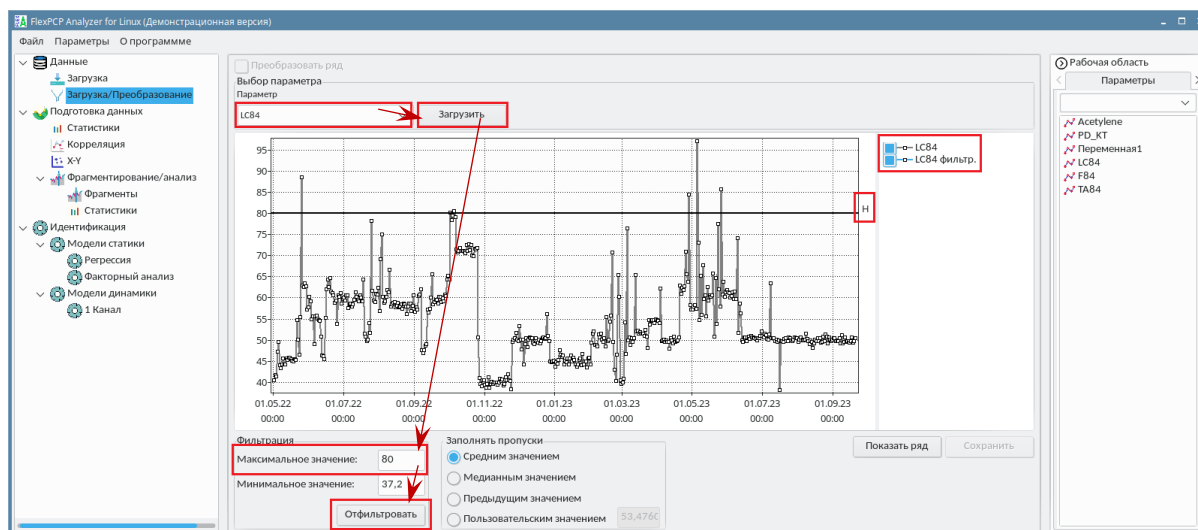
В окне текущей процедуры будет выведен график (тренд) параметра «PD\_KT».



Вновь раскройте выпадающий список «Параметр», выберите параметр «LC84» и нажмите кнопку «Загрузить». Теперь на полотне трендов отображен параметр «LC84».

Под графиком в блоке «Фильтрация» указаны границы (минимальное и максимальное значение) по оси ординат. В поле «Максимальное значение» введите значение «80» и нажмите «Enter». На графике отобразится горизонтальная линия «Н», соответствующая введенному значению 80.

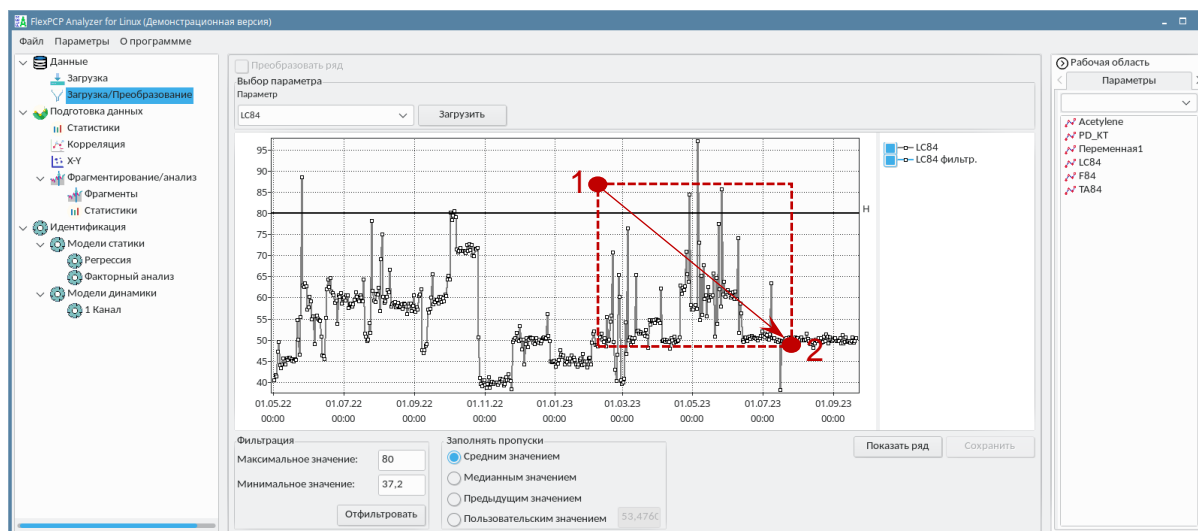
Нажмите на кнопку «Отфильтровать». В легенде справа от полотна трендов появится обозначение нового параметра, отфильтрованного по максимальному значению 80,0.



Чтобы детально просмотреть тренды в нужном интервале времени, выделите нужную прямоугольную область на графике. Для выбора области:

- 1) наведите курсор на точку полотна, соответствующую левому верхнему углу нужной прямоугольной области (например, на рис. – точка 1);
- 2) нажмите на ЛКМ и, не отпуская ее, перенесите курсор вправо и вниз – выделяемая область будет обведена прямоугольной рамкой;
- 3) при наведении курсора на точку, соответствующую правому нижнему углу нужной прямоугольной области (например, на рис. – точка 2), отпустите левую кнопку мыши.

Если в пункте 2 выше вести курсор влево и вверх будет выполнен сброс выделения области и возврат к отображению полного графика. Сброс выделенной области также осуществляется по нажатию ЛКМ в любой точке полотна.



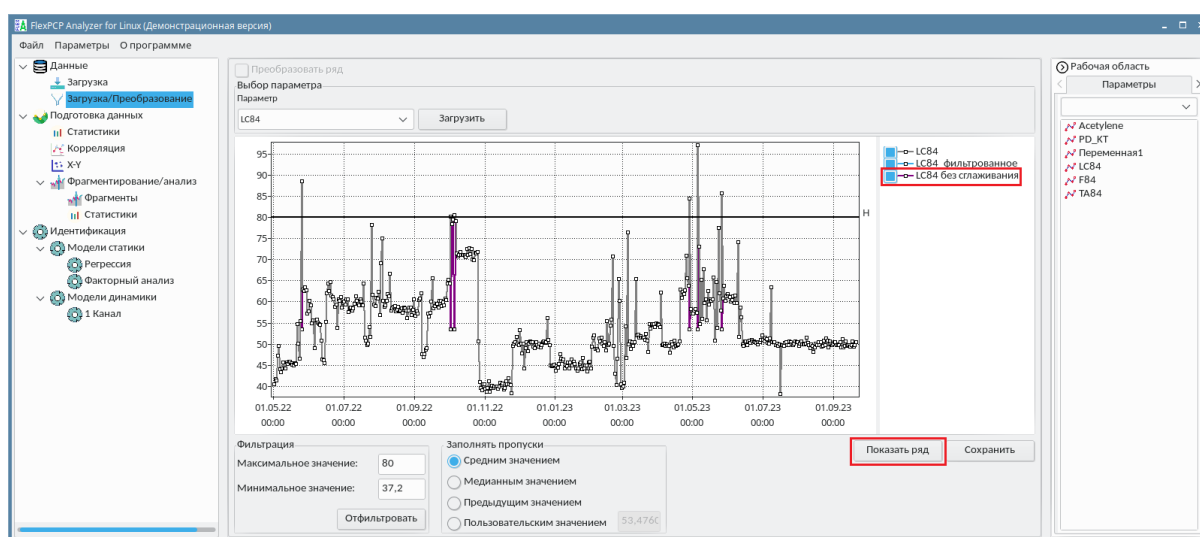


На полотне трендов будет отображен выделенный интервал значений параметра.

Примечание: процедуру выделения и масштабирования области полотна трендов можно производить необходимое количество раз.

Примечание: графики трендов, представленные на рисунках, могут отличаться в зависимости от конкретных действий пользователя.

Нажмите кнопку «Показать ряд», расположенную под полотном трендов. На полотно будет добавлен график «LC84 без сглаживания».

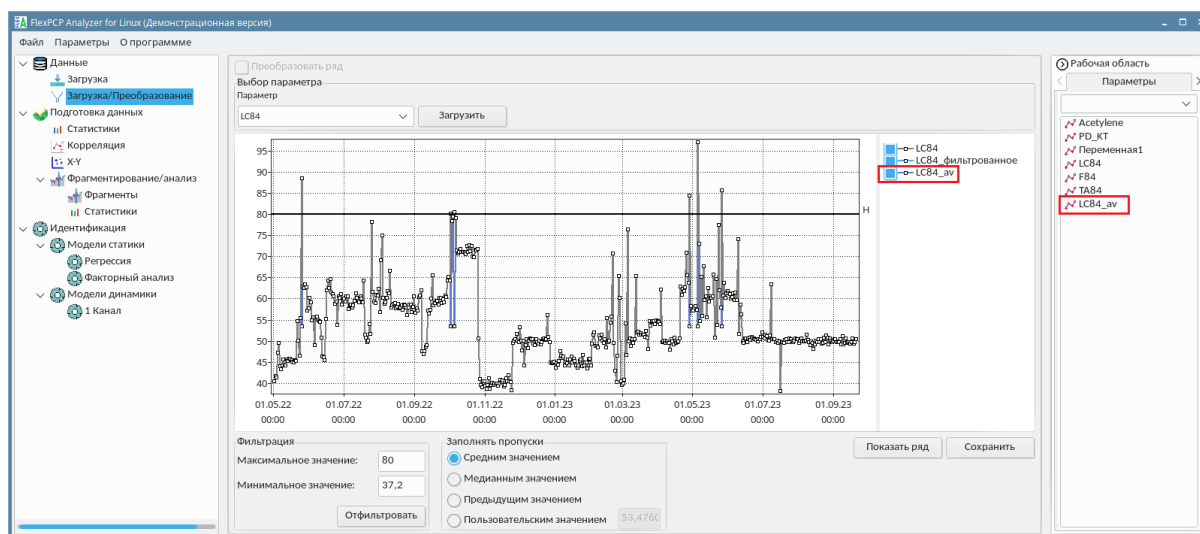


Нажмите на кнопку «Сохранить». В появившемся окне «Сохранение ряда» измените имя ряда, например, на «LC84\_av» и нажмited кнопку «Сохранить».





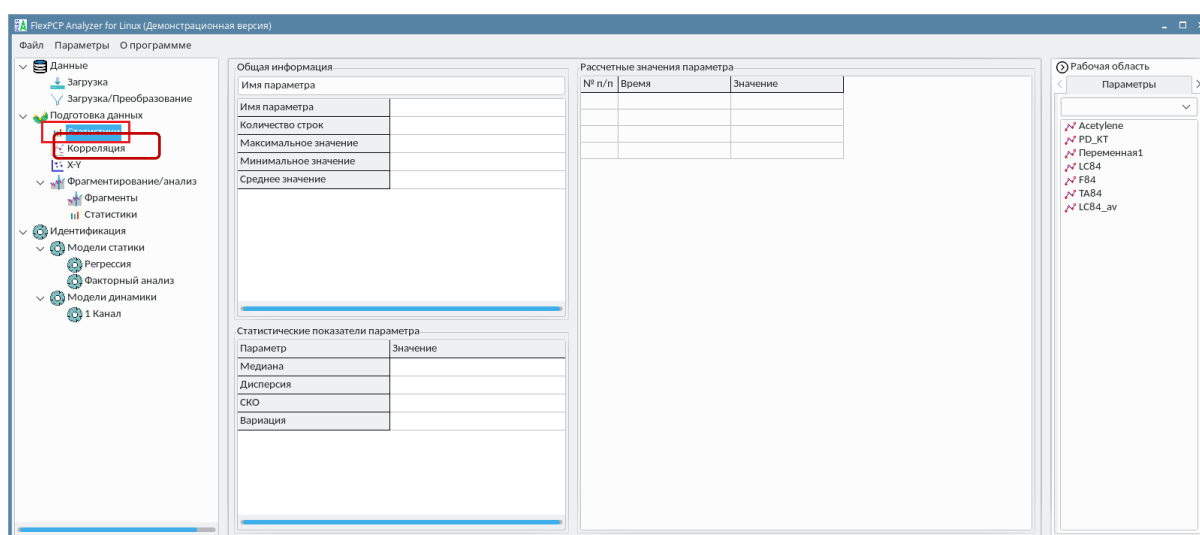
В окне списка загруженных параметров в рабочей области отобразится имя новой сохраненной переменной.



### 3. Работа с процедурой «Подготовка данных»

#### 3.1. Просмотр статистик параметров

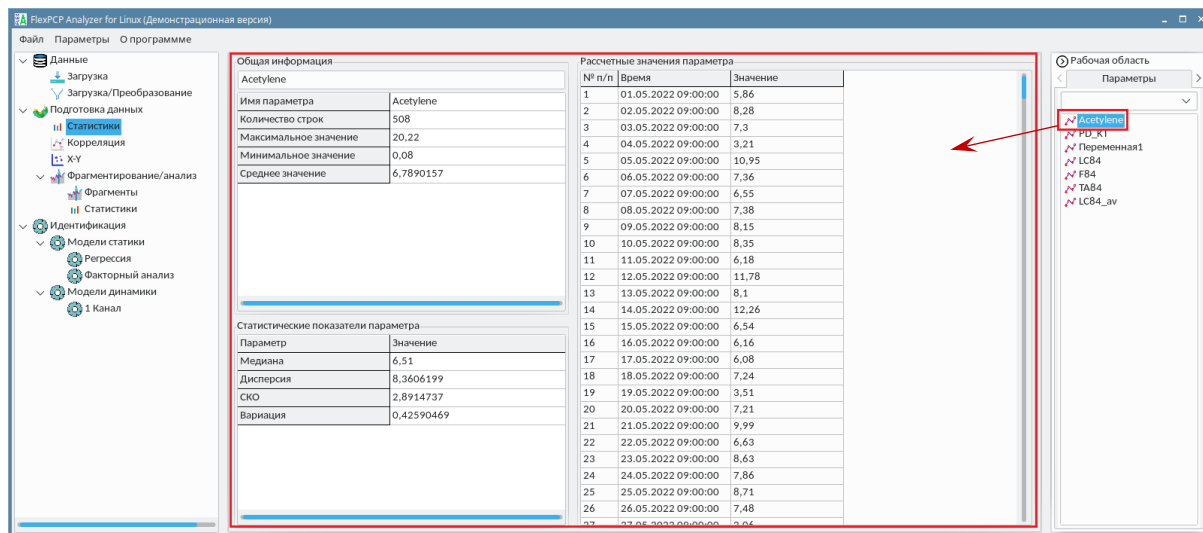
Для просмотра статистики временных рядов параметров перейдите в раздел «Статистика» процедуры «Подготовка данных». Для этого выберите в окне процедур пункт «Статистики». При этом в окне текущей процедуры отобразится окно статистических данных.





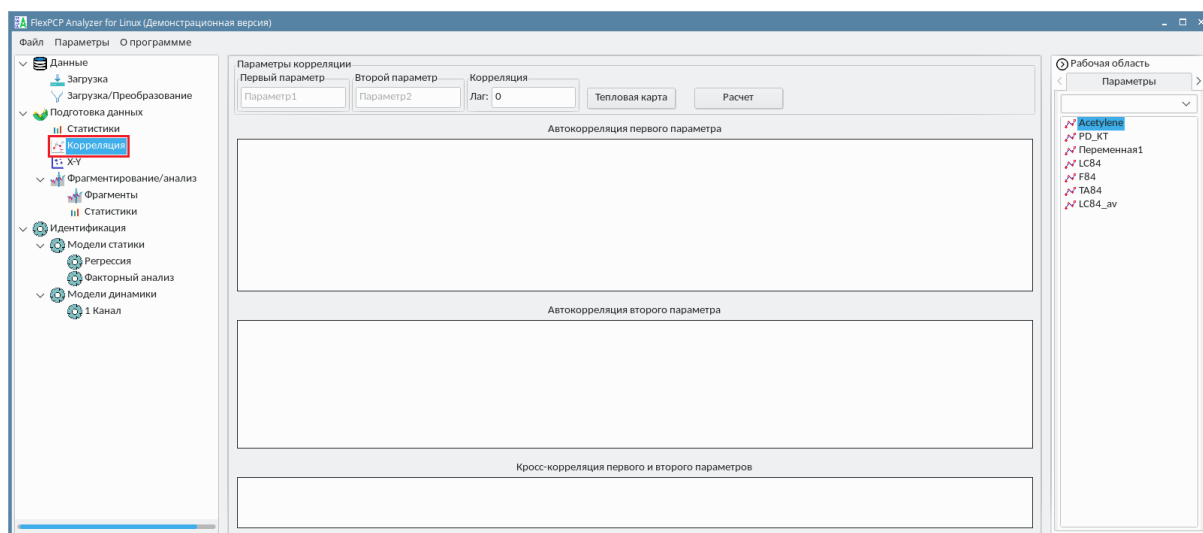
В рабочей области на вкладке «Параметры» двойным щелчком ЛКМ выберите параметр «Acetylene». В окне текущей процедуры будут выведены:

- общая информация о временном ряде выбранного параметра (в левой верхней части окна);
- значения временного ряда параметра (в правой части окна);
- статистики временного ряда (в левой нижней части окна).



### 3.2. Расчет корреляций

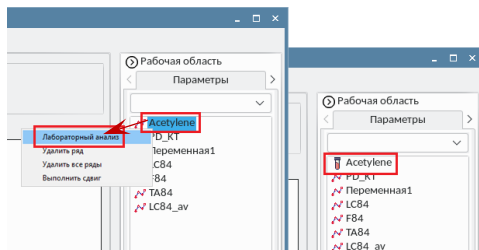
Для проведения расчета корреляции между параметрами выберите пункт «Корреляция» в списке процедур.



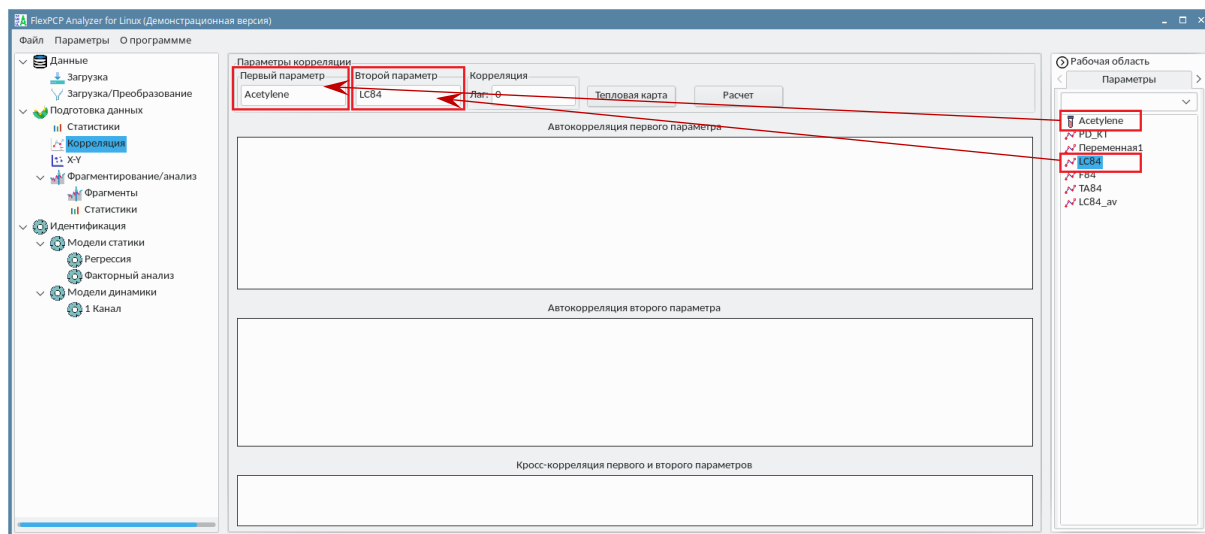
В рабочей области выберите тег «Acetylene», нажмите ПКМ и в выпадающем меню выберите «Лабораторный анализ». Теперь у параметра «Acetylene»



появилась иконка, обозначающая его как лабораторное измерение. Она обозначает выбранный параметр как целевой и помогает пользователю ориентироваться в дальнейшем.



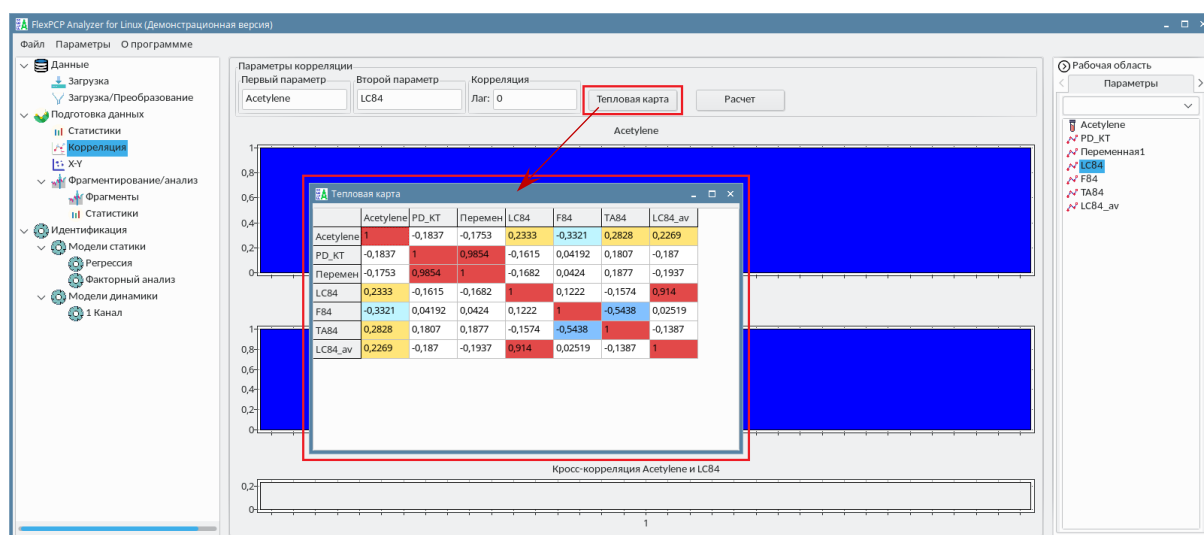
Наведите курсор на параметр «Acetylene» в рабочей области, нажмите ЛКМ и, не отпуская ее, перетащите курсор в поле «Первый параметр» в окне текущей процедуры. В окне «Первый параметр» теперь появилось название выбранного параметра. Аналогичным образом перетащите параметр «LC84» из рабочей области в поле «Второй параметр».



Для расчета корреляции нажмите кнопку «Расчет». В окне текущей процедуры будут отражены рассчитанные коэффициенты корреляции между выбранными параметрами.



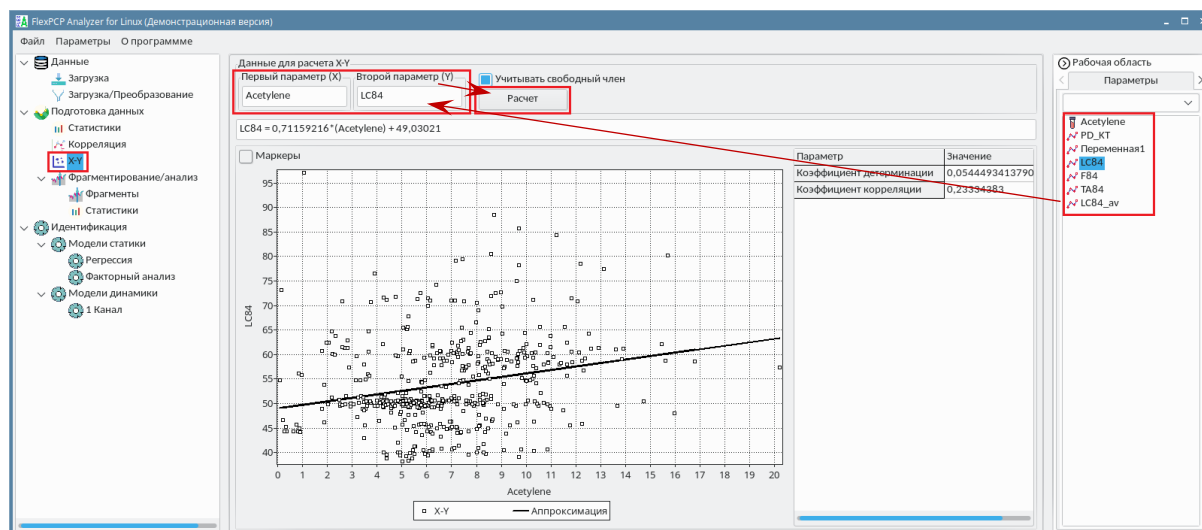
Щелкните на кнопку «Тепловая карта» и во всплывающем окне будет выведена полная карта коэффициентов корреляции всех загруженных параметров.



Закройте окно «Тепловая карта», щелкнув ЛКМ на кнопку «×».

### 3.3. Расчет аппроксимирующей прямой

Выберите пункт «X-Y» в списке процедур. Заполните поля «Первый параметр» и «Второй параметр» аналогично пункту 3.2 настоящей инструкции и нажмите кнопку «Расчет». В поле под кнопкой «Расчет» будет выведено линейное уравнение, аппроксимирующее зависимость между указанными параметрами.

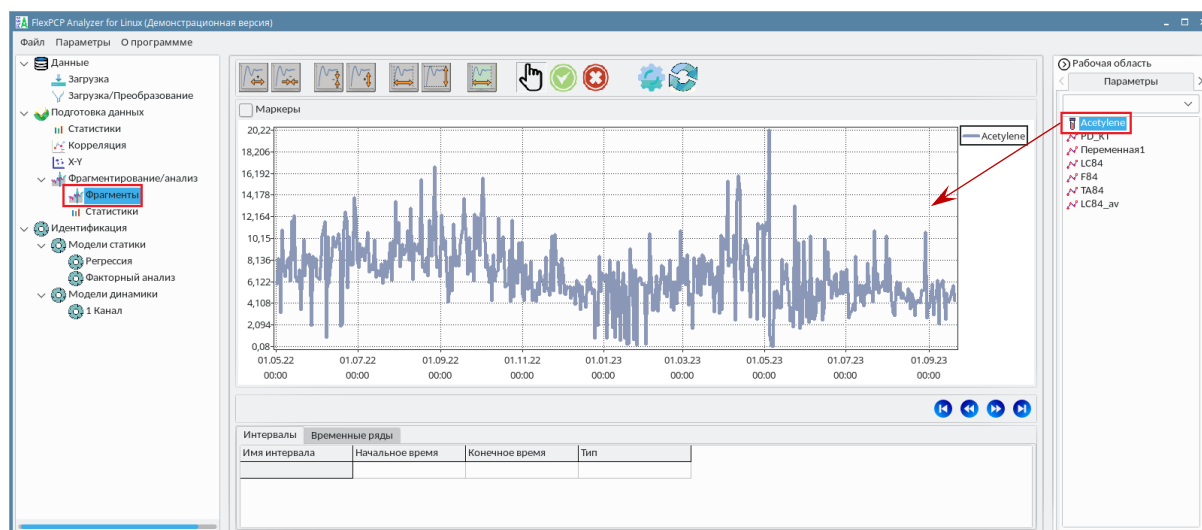


### 3.4. Фрагментирование данных

Фрагментирование данных заключается в выделении интересных участков на общем временном интервале для дальнейшего анализа временного ряда в пределах выделенных временных фрагментов.

Выберите пункт «Фрагменты» в списке процедур.

Наведите курсор на параметр «Acetylene» в рабочей области, нажмите ЛКМ, и не отпуская ее, и перетащите курсор на полотно трендов в окне текущей процедуры. На полотне трендов отобразится график выбранного параметра.



#### 3.4.1. Масштабирование графиков

Масштабирование графиков по осям помогает проводить анализ поведения значений переменной во времени, позволяя оценивать значения переменной как в

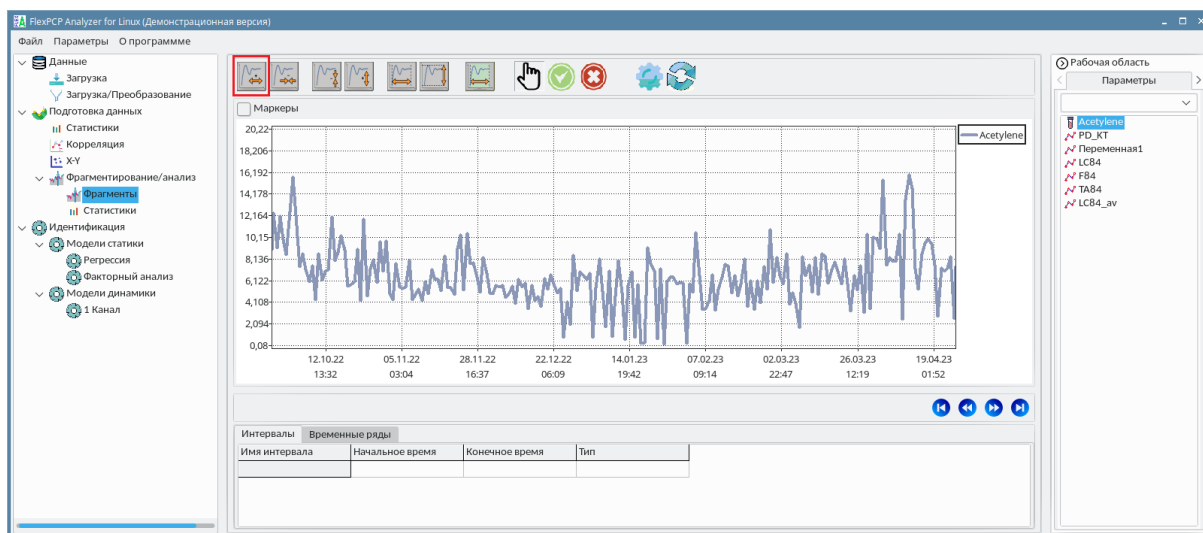




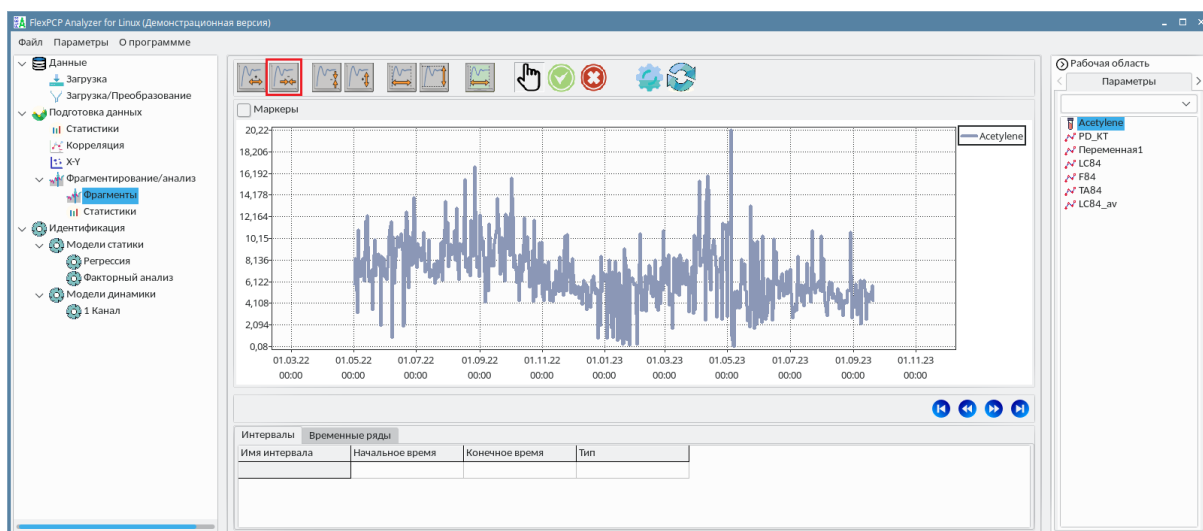
конкретных моментах времени, так и характер изменений на всем временном отрезке в целом.

Нажмите несколько раз на кнопке «Растянуть по X» в верхней части рабочей области. С каждым нажатием на эту кнопку масштаб времени графика будет увеличиваться, отображая при этом все более короткие временные интервалы.

Примечание: Следующий рисунок может отличаться от реального и зависит от количества действий пользователя.



Уменьшите масштаб графика с помощью нескольких нажатий на кнопку «Сжать по X».

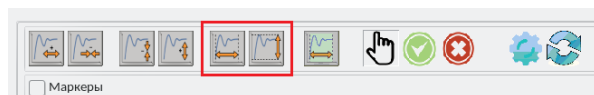




Аналогичные операции по изменению масштаба оси значений можно провести с помощью кнопок «Растянуть по Y» и «Сжать по Y».



Чтобы вернуть масштаб осей к исходному, нажмите кнопки «Автоматический масштаб по X» и «Автоматический масштаб по Y».

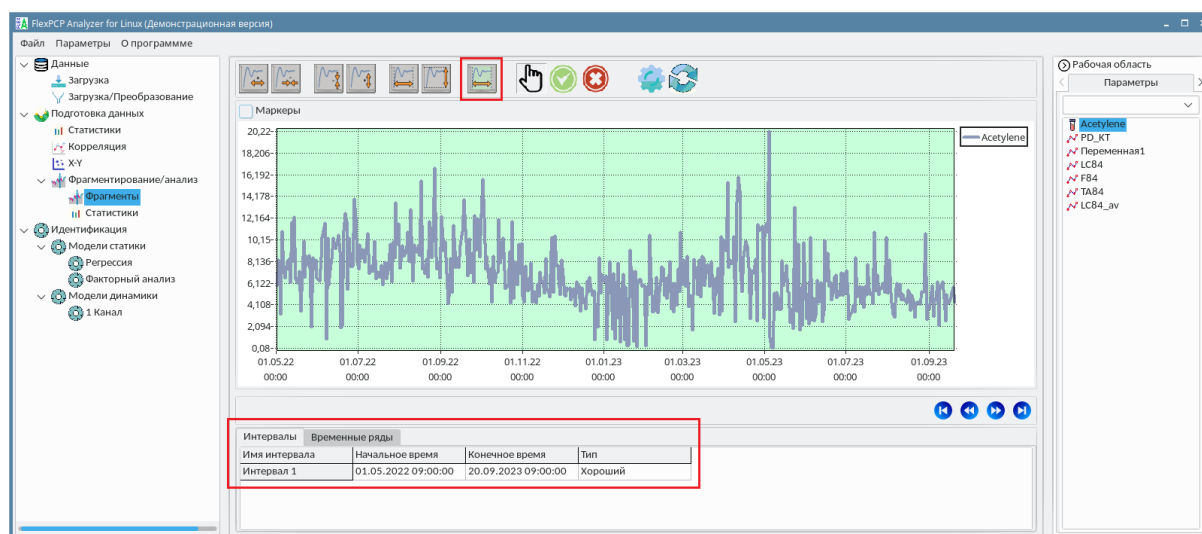


### 3.4.2. Определение временных интервалов


В целях идентификации, а также для анализа поведения переменных во времени, используется разбиение всего временного массива данных на отдельные целевые интервалы.

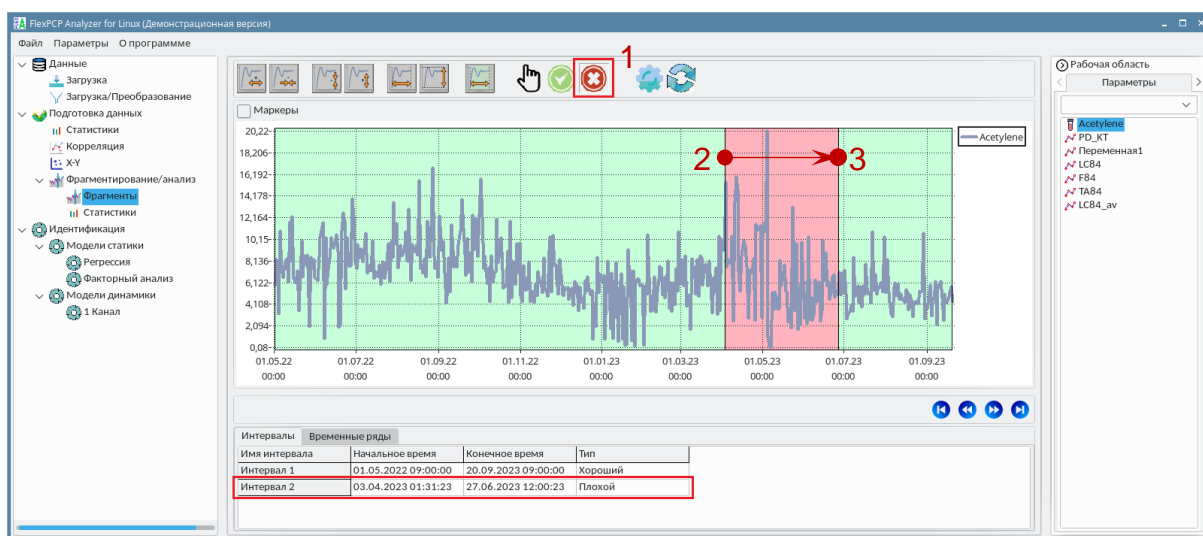
Таблица со списком интервалов отображается под полотном трендов (вкладка «Интервалы»).

Чтобы определить временной интервал согласно загруженным данным нажмите кнопку «Выбрать полный интервал». Поле графика будет залито зеленым цветом и в список интервалов будет внесен временной интервал, соответствующий загруженным исходным данным выбранного параметра. Интервал будет иметь тип качества «Хороший». Это говорит о том, что все данные этого интервала будут приняты для последующего моделирования.



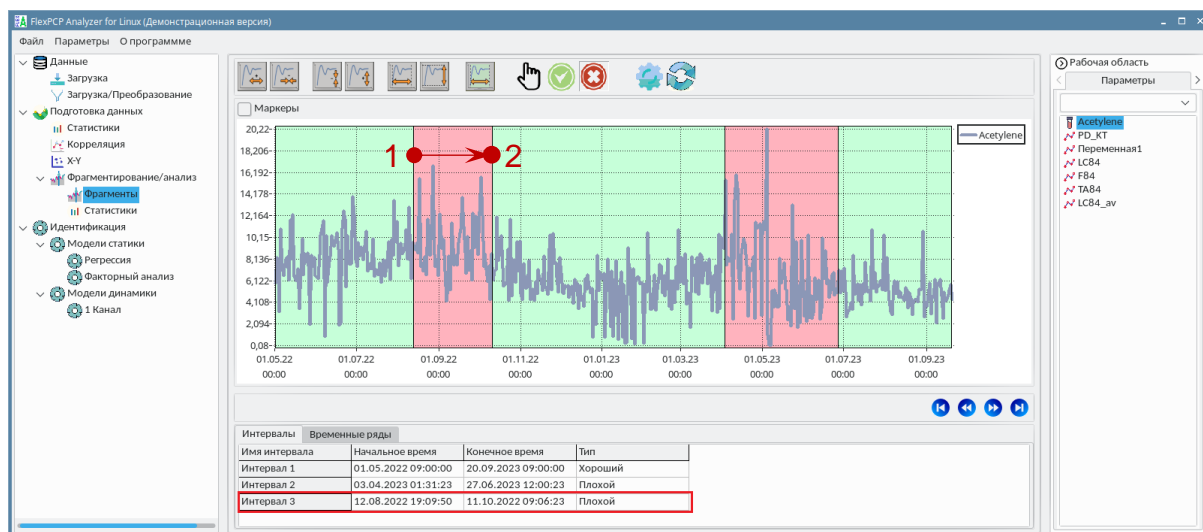


Для отметки «плохого» интервала, данные которого не будут в дальнейшем использоваться для идентификации, нажмите сначала кнопку  выбора режима «Плохой». Затем подведите курсор мыши к началу определяемого интервала, нажмите ЛКМ и, удерживая ее, протяните курсор к концу выбираемого интервала. Отпустите ЛКМ. Будет определен новый временной интервал с типом «Плохой». При этом на поле графика участок этого интервала закрасится розовым цветом, а в списке интервалов появится его описание.



Обозначенные временные интервалы будут теперь справедливы для всех параметров.

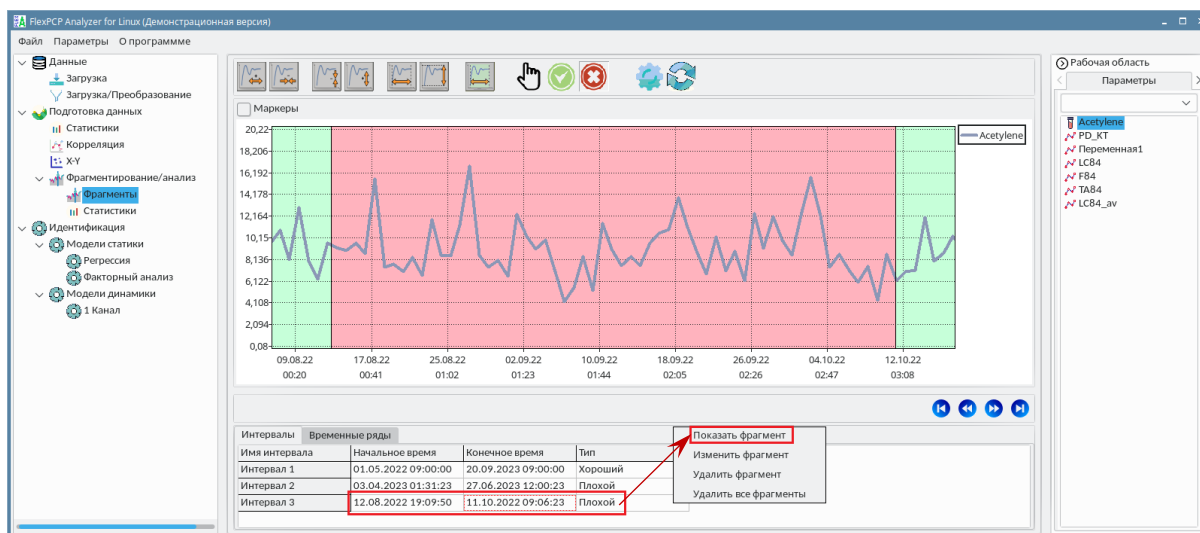
Повторите процедуру определения «плохого» интервала в любом месте графика.





В таблицу интервалов будет добавлен «Интервал 3» с типом «Плохой».

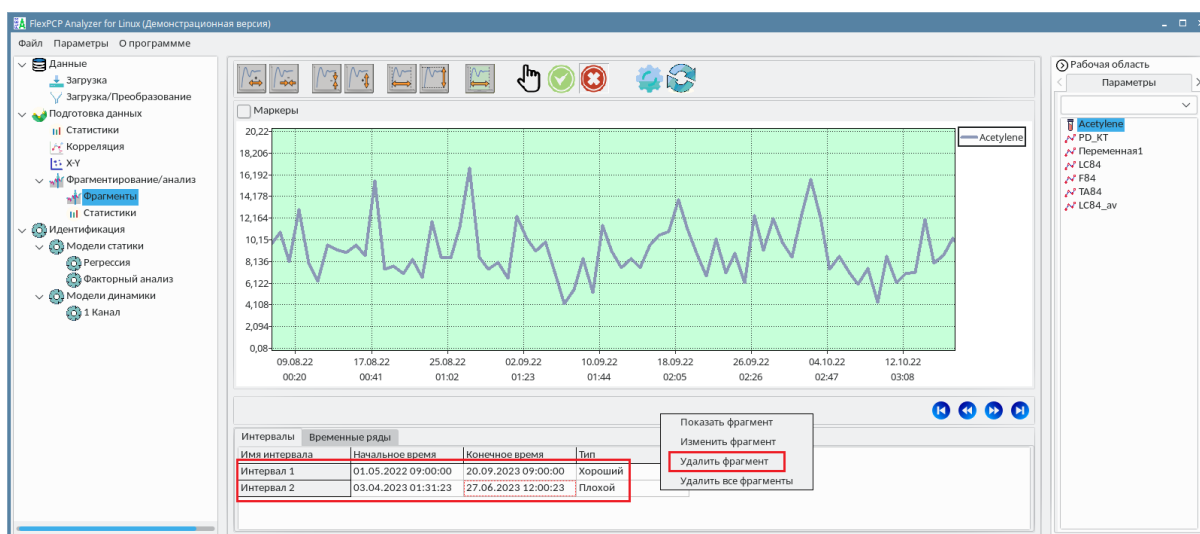
Выберите строку «Интервал 3» в таблице «Интервалы», щелкнув на ней ЛКМ, и вызовите контекстное меню, щелкнув по таблице ПКМ. В выпадающем меню выберите опцию «Показать фрагмент».



Полотно трендов будет отмасштабировано на основании выбранного Интервала 3.

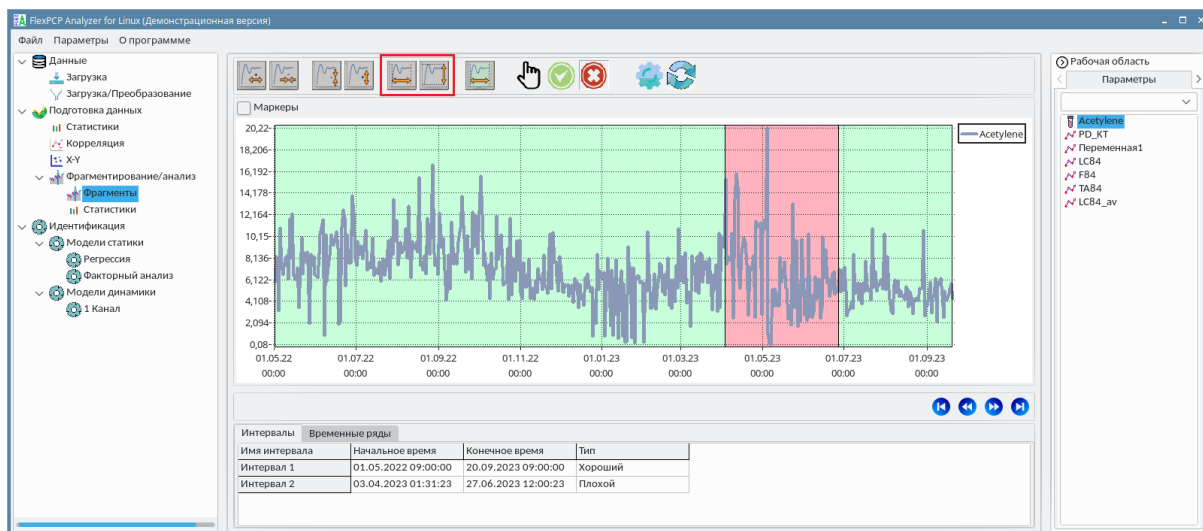
Подведите курсор мыши к любой ячейке строки Интервала 3 и нажмите ЛКМ. В выпадающем окне выберите опцию «Удалить фрагмент».

Поле графика станет зеленым, а в таблице интервалов строка с указанным интервалом будет удалена.

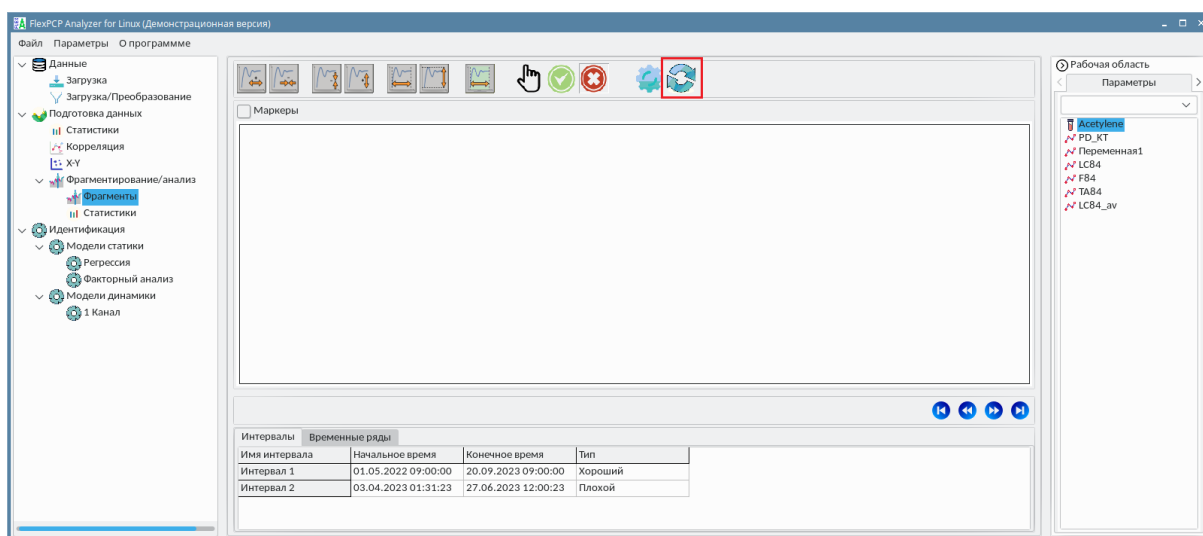




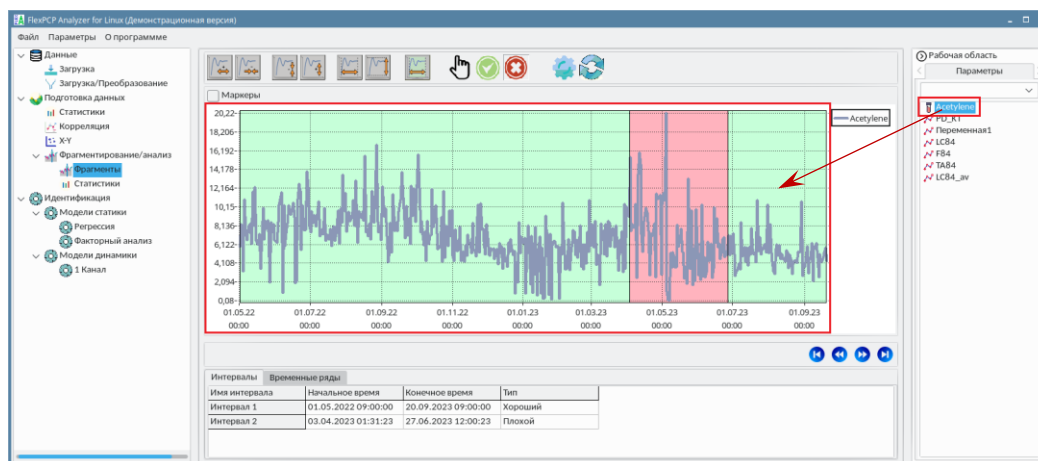
Нажатием на кнопки «Автоматический масштаб по X» и «Автоматический масштаб по Y» верните окно трендов к отображению исходного временного интервала.



Нажмите кнопку «Очистка области графиков» – окно вывода графиков будет очищено.



Выберите в рабочей области параметр «Acetylene», нажав на нем ЛКМ, и, не отпуская ее, перетащите курсор на полотно трендов, отпустите ЛКМ. В поле графика отобразится временной ряд выбранного параметра.



Перетащите остальные параметры на полотно трендов. Либо по одному, как описано выше, либо все сразу, для чего выполните следующие действия:

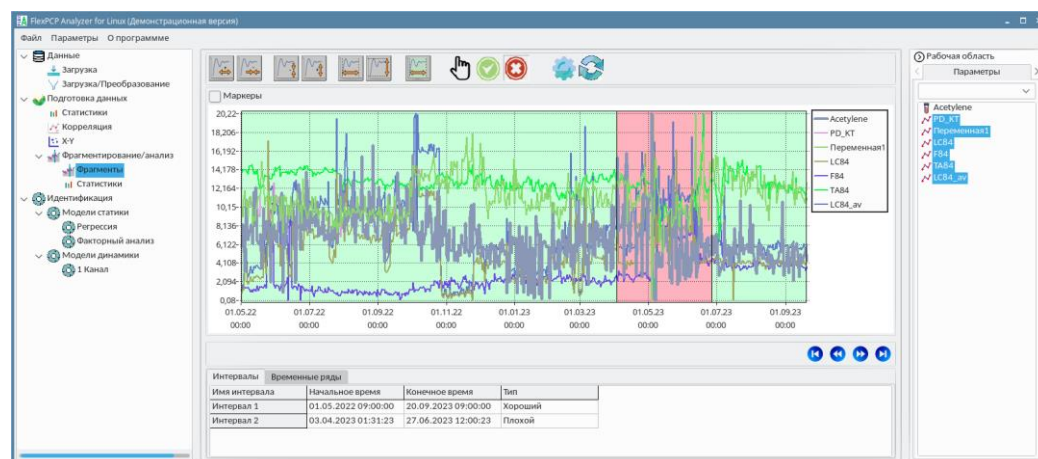
1) выделите параметры в рабочей области одним из способов:

- щелкнуть ЛКМ на каждом параметре при зажатой клавише Ctrl на клавиатуре;

- щелкнуть на втором параметре (в примере – «PD\_KT») и, зажав клавишу Shift на клавиатуре, щелкнуть на последнем параметре (в примере – «LC84\_av»).

2) нажмите на выделенные параметры ЛКМ, и, не отпуская ее, перетащите курсор на полотно трендов, отпустите ЛКМ.

Примечание: цвет графиков выбирается случайным образом и может отличаться от представленного ниже.



### 3.4.3. Статистики временных интервалов и корреляция параметров

Для всех указанных интервалов программа оценивает значения статистик и рассчитывает корреляцию между всеми параметрами.



Для просмотра статистик отдельных интервалов выберите пункт «Статистики» в списке процедур. В результате будет выведено окно с закладками «Статистики» и «Корреляция».

На вкладке «Статистики» в блоке «Текущий параметр» выберите любой параметр (в примере – «F84») и нажмите кнопку «Загрузить». В блоке «Статистики по интервалам» отобразятся рассчитанные статистики для выбранного параметра на всех «хороших» интервалах, определенных ранее.

Примечание: в таблице «Статистики по интервалам» указаны две части полного интервала «Интервал 1», разделенного «плохим» интервалом «Интервал 2».

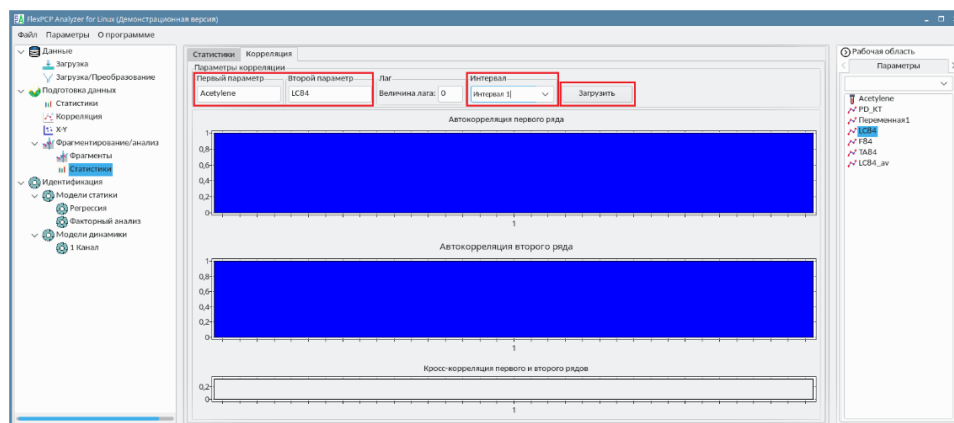
Интервал	F84_Интервал 1	F84_Интервал 1+
Нижняя граница интер	01.05.2022 09:00:00	27.06.2023 12:00:23
Верхняя граница интер	03.04.2023 01:31:23	20.09.2023 09:00:00
Количество точек	337	85
Максимальное значение	0.039643347	0.036423841
Минимальное значение	0.014111262	0.02
Мат.ожидание	0.018353414	0.023813861
Дисперсия	9.2474703E-6	5.5931906E-6
СКО	0.0030409654	0.0023649927
Вариация	0.16568936	0.099311602
Медиана	0.017985612	0.023262032

Теперь выберите вкладку «Корреляция».

Заполните поля «Первый параметр» и «Второй параметр», перетаскив параметры из рабочей области как было показано ранее или двойным щелчком ЛКМ на соответствующих параметрах в рабочей области (в примере использованы параметры «Acetylene» и «LC84»).

В поле «Интервал» из выпадающего списка выберите «Интервал 1».

Нажмите кнопку «Загрузить». В окне процедуры будут выведены рассчитанные коэффициенты корреляции для указанных параметров на выбранном интервале.







## 4. Работа с процедурой «Идентификация»

Работа с процедурой идентификации представлена двумя опциями – идентификация моделей статике в пункте «Модели статике» и идентификация моделей динамики в пункте «Модели динамики».

### 4.1. Идентификация моделей статике

Идентификация моделей статике в программе FlexPCP AL представлена двумя видами расчетов: регрессия и факторный анализ.

#### 4.1.1. Регрессия

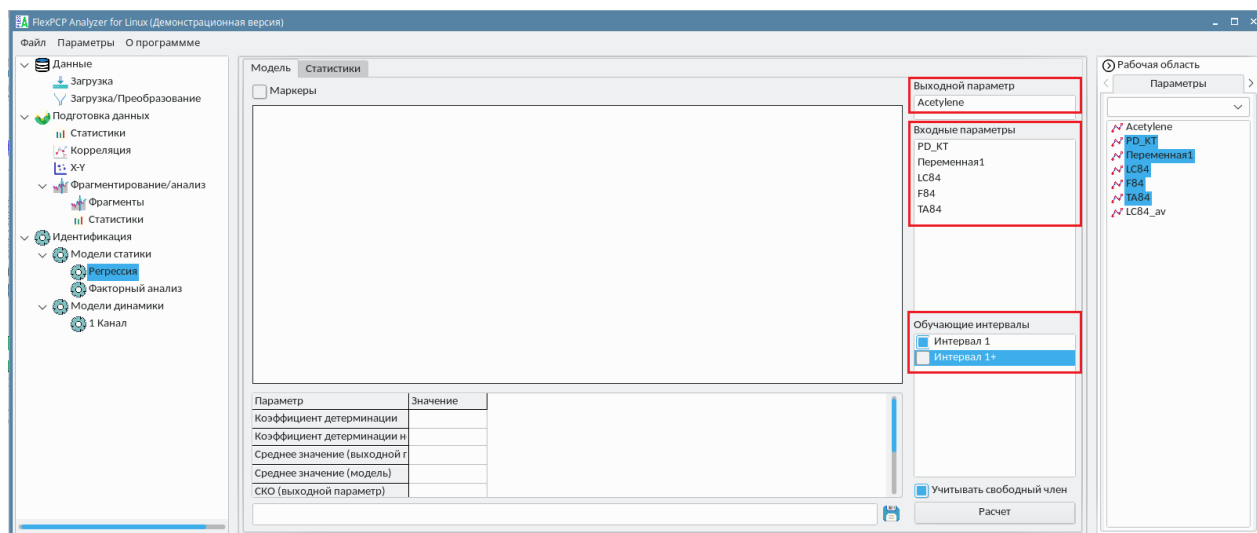
Выберите пункт «Регрессия» в списке процедур. В окне текущей процедуры отобразятся две вкладки: «Статистики» и «Модель».

Перетащите параметр «Acetylene» из списка параметров в рабочей области в блок «Выходной параметр» (процедура перетаскивания была описана выше).

Перетащите все остальные параметры из списка кроме «LC84\_av» в блок «Входные параметры».

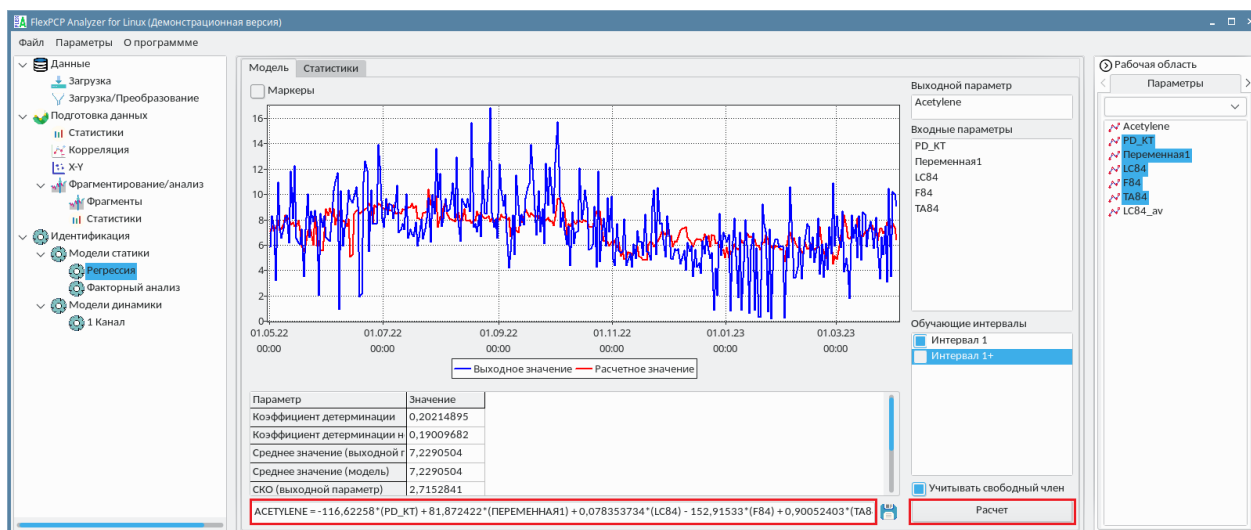
В блоке «Обучающие интервалы» оставьте галочку только в чекбоксе «Интервал 1».

В результате рабочая область будет выглядеть следующим образом.

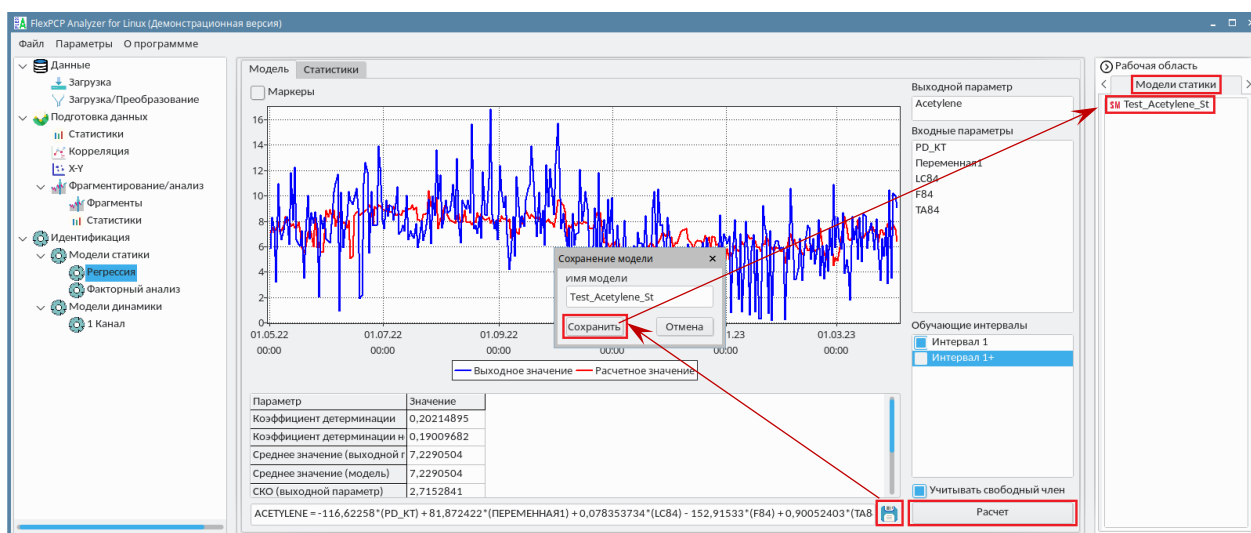


Нажмите на кнопку «Расчет». В окне «Модель» будет выведен расчет модели регрессии при заданных исходных данных.





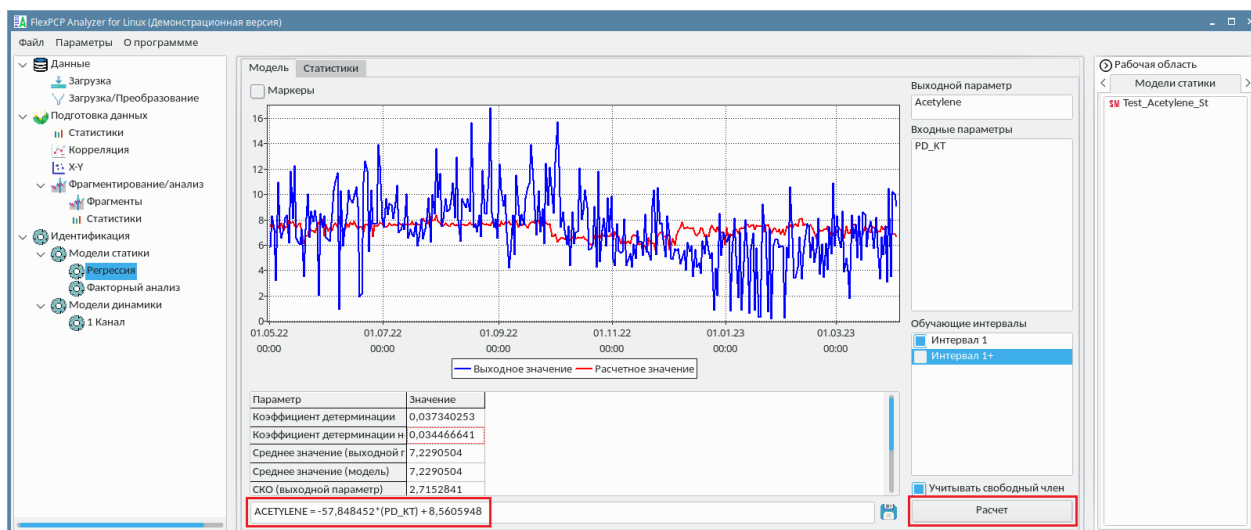
Нажмите на иконку с изображением дискеты рядом с кнопкой «Расчет» и в открывшемся окне сохранения модели введите имя полученной модели «Test\_Acetylene\_St», нажмите кнопку «Сохранить».



В рабочей области перейдите на вкладку «Модели статистики». Теперь на этой вкладке отображается сохраненная модель.

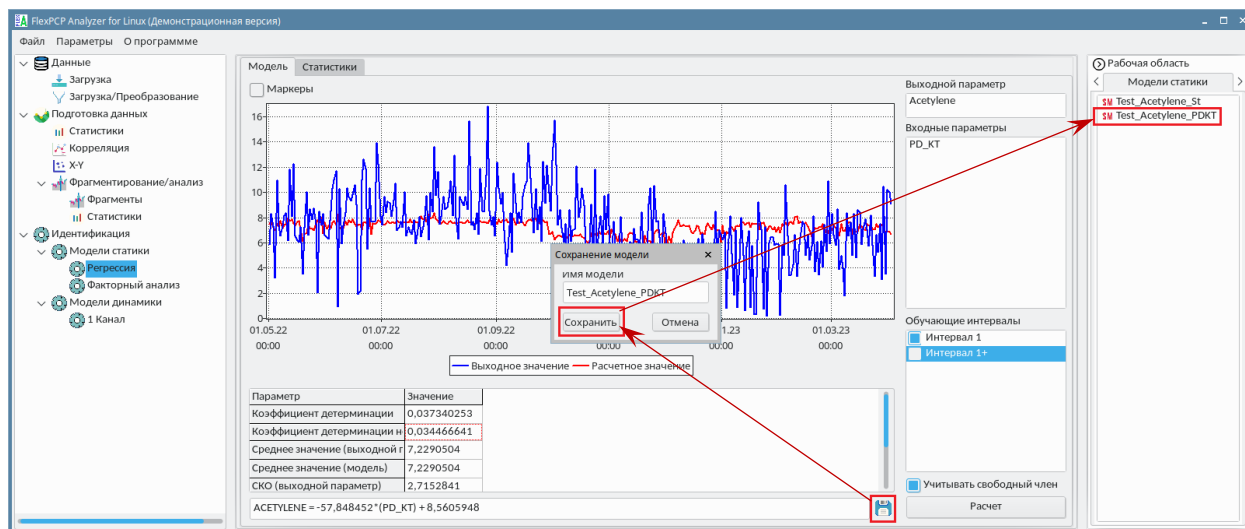
Для удаления параметра из блок «Входные параметры» наведите курсор на него и двойным щелчком ЛКМ удалите его из списка. Удалите описанным способом все параметры кроме PD\_KT.

Щелкните на кнопку «Расчет». Теперь в окне «Модель» будет выведен расчет модели регрессии для выходного параметра Acetylene при входном параметре PD\_KT.

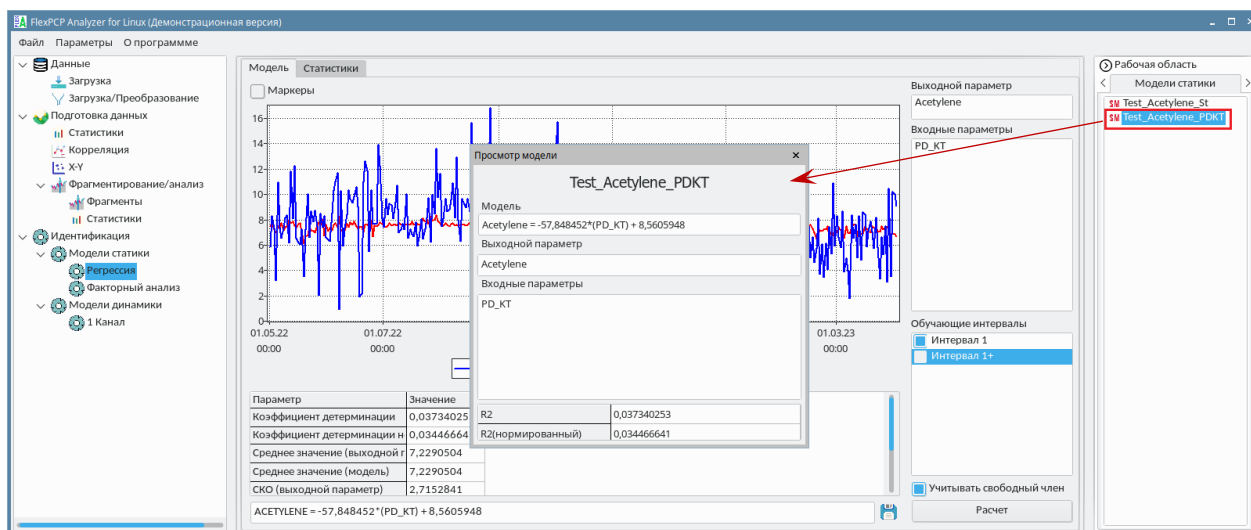


Вновь нажмите на иконку с изображением дискеты рядом с кнопкой «Расчет» и в открывшемся окне сохранения модели введите имя модели «Test\_Acetylene\_PDKT», нажмите кнопку «Сохранить».

В рабочей области на вкладке «Модели статистики» теперь добавилась вторая модель «Test\_Acetylene\_PDKT».



Наведите курсор на модель «Test\_Acetylene\_PDKT» и двойным нажатием ЛКМ откройте окно «Просмотр модели» в котором выводятся основные характеристики указанной модели.

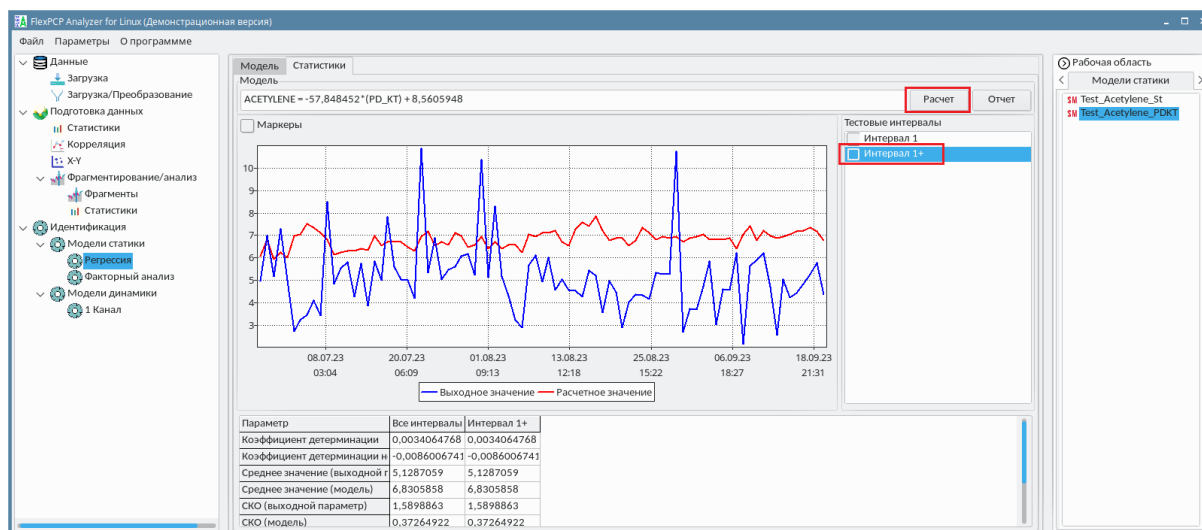


Закройте всплывающее окно, нажав на кнопку «X».

Перейдите на вкладку «Статистики».

В блоке «Тестовые интервалы» выставьте галочку в чекбоксе «Интервал 1+» и нажмите кнопку «Расчет». В рабочей области будут выведены наложенные графики исходных данных выходного параметра и значения, рассчитанного по полученной модели. Так же в нижней левой части будут выведены рассчитанные статистики полученного по модели расчетного значения параметра.

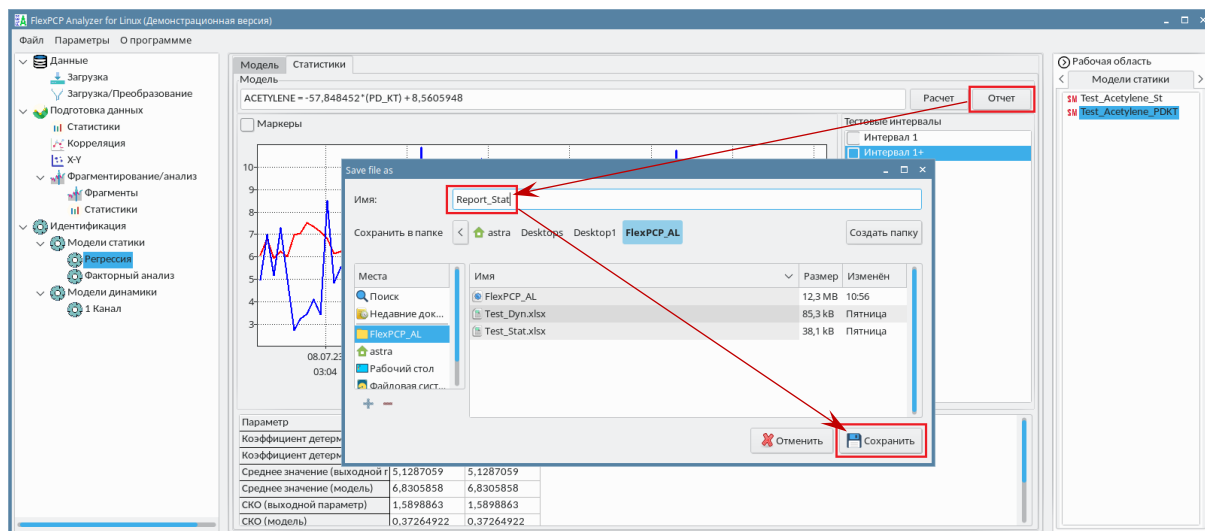
Примечание: численные значения рассчитанных параметров могут отличаться, так как зависят от предыдущих действий пользователя (определение временных интервалов и пр.).



Для сохранения полученных результатов в отдельный файл, нажмите кнопку «Отчет». В открывшемся окне задайте имя сохраняемого файла «Report\_Stat» и



нажмите кнопку «Сохранить». Теперь результаты идентификации сохранены в указанном файле и доступны для просмотра в любом браузере без использования программы FlexPCP AL.



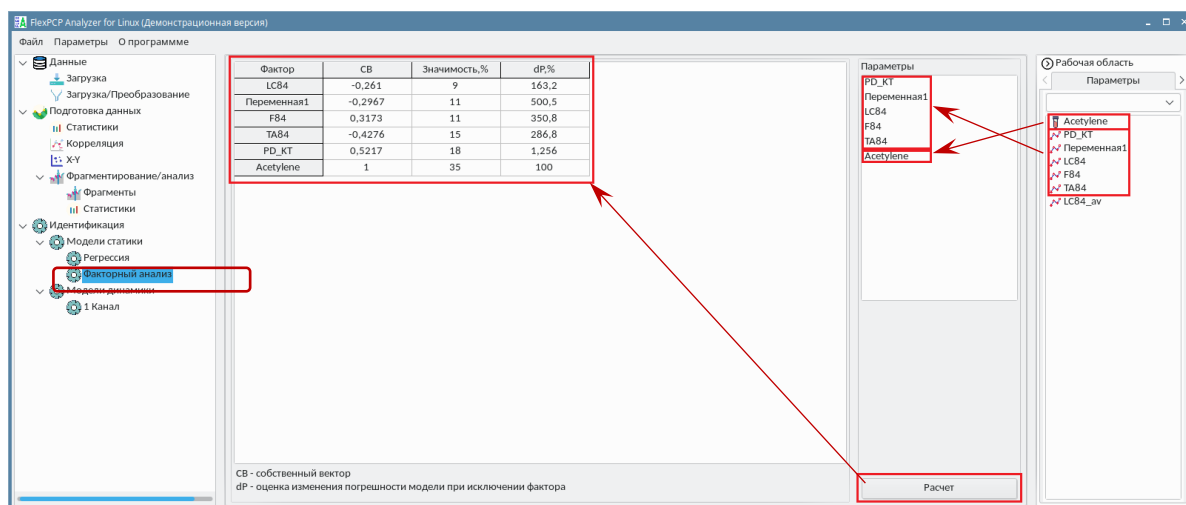
#### 4.1.2. Факторный анализ

Для идентификации модели статистики методом факторного анализа выберите пункт «Факторный анализ» в списке процедур.

Перетащите все параметры кроме «Acetylene» и «LC84\_av» из рабочей области в правой области экрана в поле «Параметры» (процедура перетаскивания была описана выше).

Перетащите параметр «Acetylene» из рабочей области в поле «Параметры».

Нажмите кнопку «Расчет». В таблице будут выведены статистические параметры факторного анализа параметра «Acetylene»: собственный вектор и др.



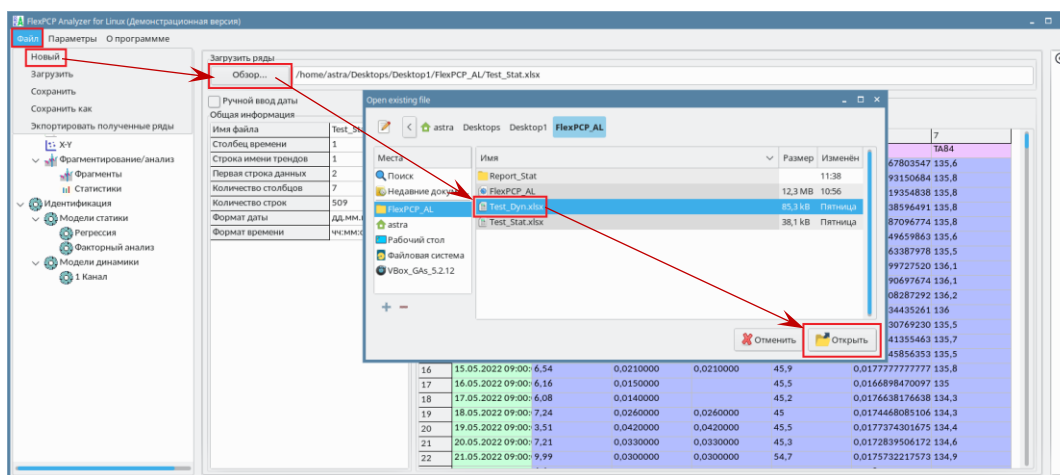


## 4.2. Идентификация моделей динамики

Для построения моделей динамики используются иные временные ряды, поэтому необходимо загрузить новый файл исходных данных.

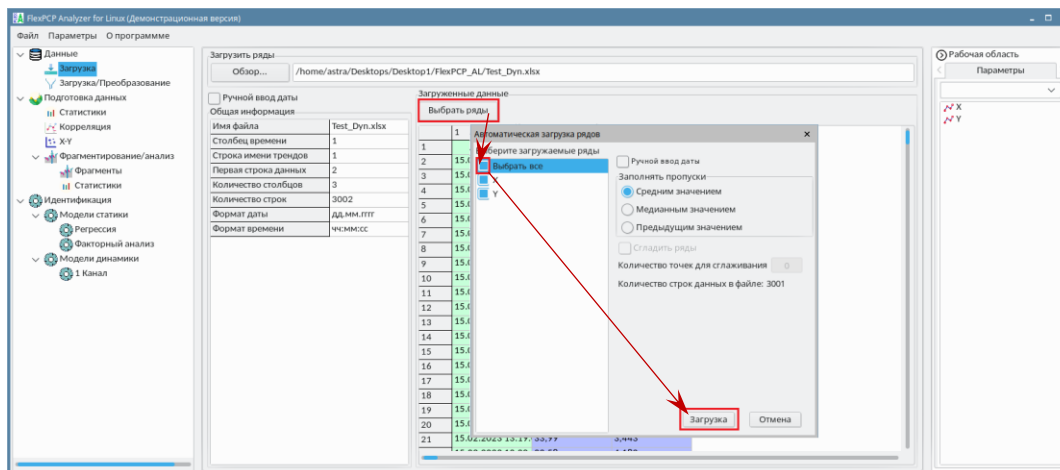
Выберите меню «Файл» в верхней строке экрана и в выпадающем окне выберите «Новый».

Для загрузки новых данных перейдите в процедуру «Загрузка» в окне структуры процедур, в окне текущей процедуры нажмите «Обзор» и в открывшемся окне браузера выберите файл «Test\_Dyn.xls», нажмите кнопку «Открыть».



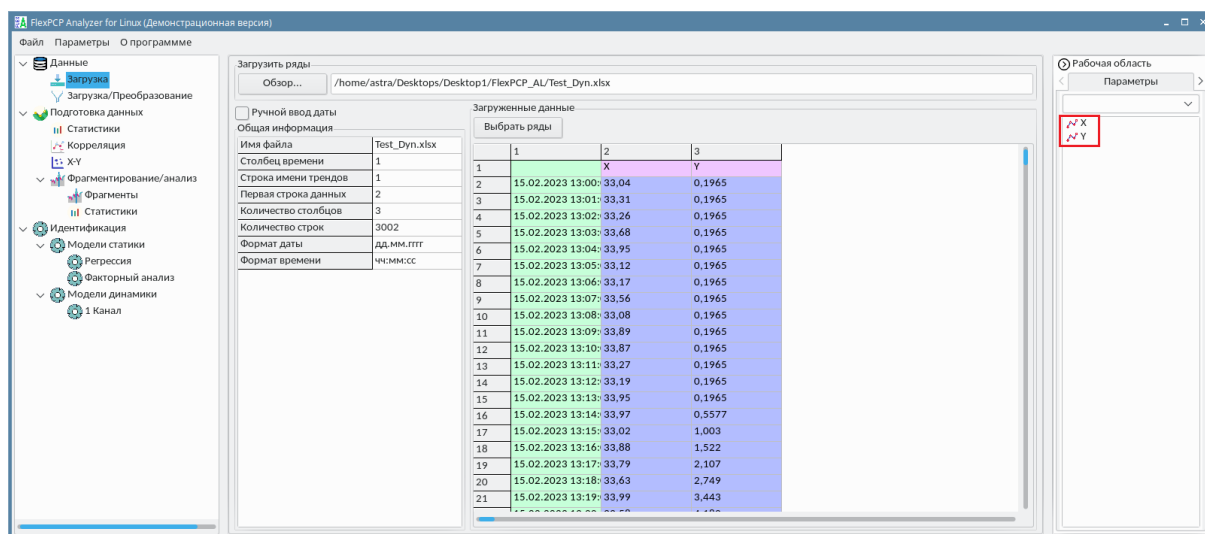
В окне текущей процедуры отобразятся новые данные в виде временных рядов.

Нажмите на кнопку «Выбрать ряды» в окне текущей процедуры. В открывшемся окне «Автоматическая загрузка рядов» выставьте галочку в чекбоксе «Выбрать все», после чего все последующие чекбоксы будут автоматически заполнены. Нажмите кнопку «Загрузка».



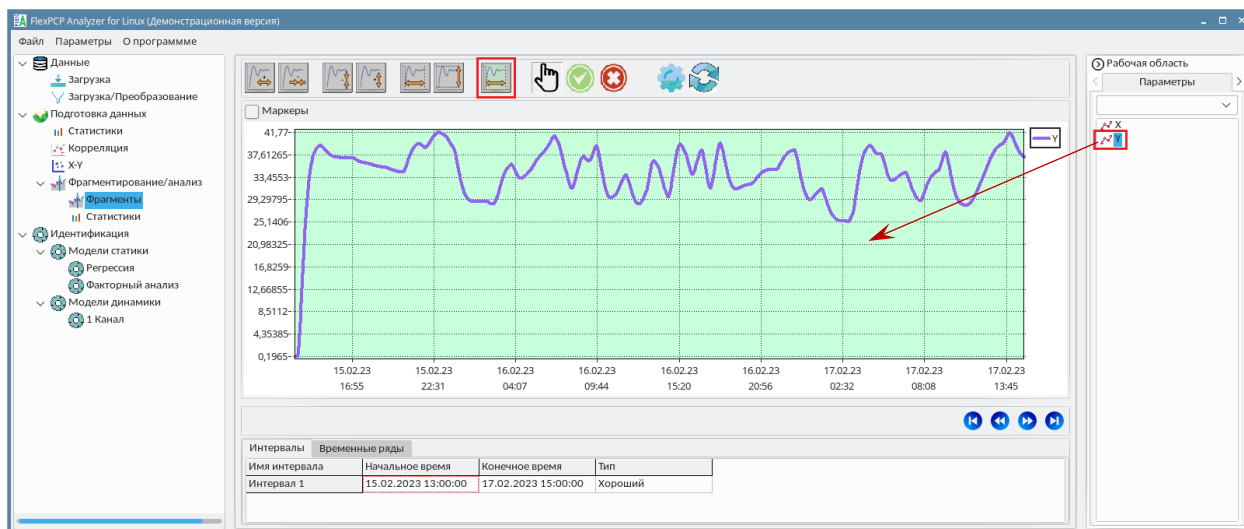


Загруженные параметры отображаются теперь на вкладке «Параметры» в рабочей области.



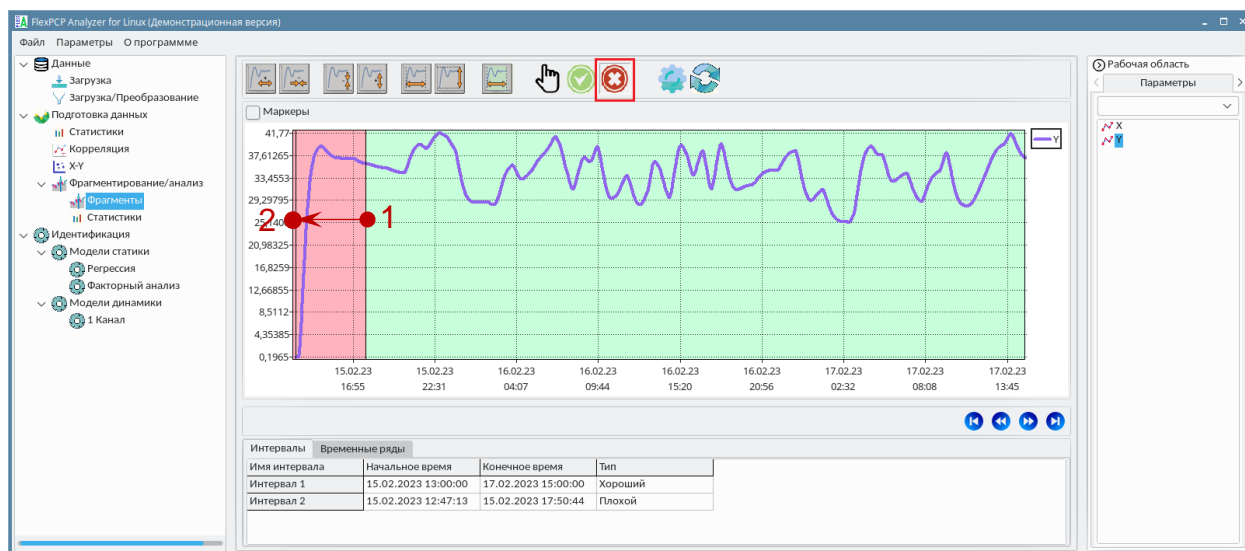
Выберите пункт «Фрагменты» в списке процедур и «перетащите» параметр «Y» из списка параметров рабочей области на полотно трендов.

Нажмите на кнопку выбора всего временного интервала для определения Интервала 1.





Определите начальный интервал с «плохими» данными (как было описано в п. 3.4.2) согласно следующему рисунку.



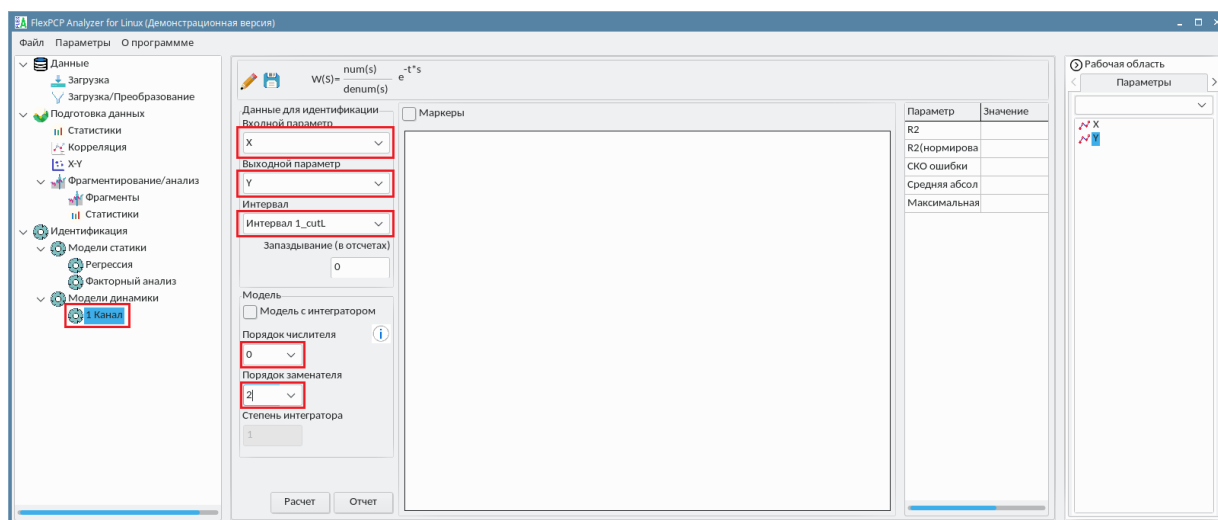
Для построения модели динамики выберите пункт «1 Канал» в списке процедур.

В блоке «Данные для идентификации» установите следующие значения выпадающих списков:

- «Входной параметр» – «X»;
- «Выходной параметр» – «Y»;
- «Интервал» – «Интервал 1\_cut1».

В блоке «Модель» установите следующие значения выпадающих списков:

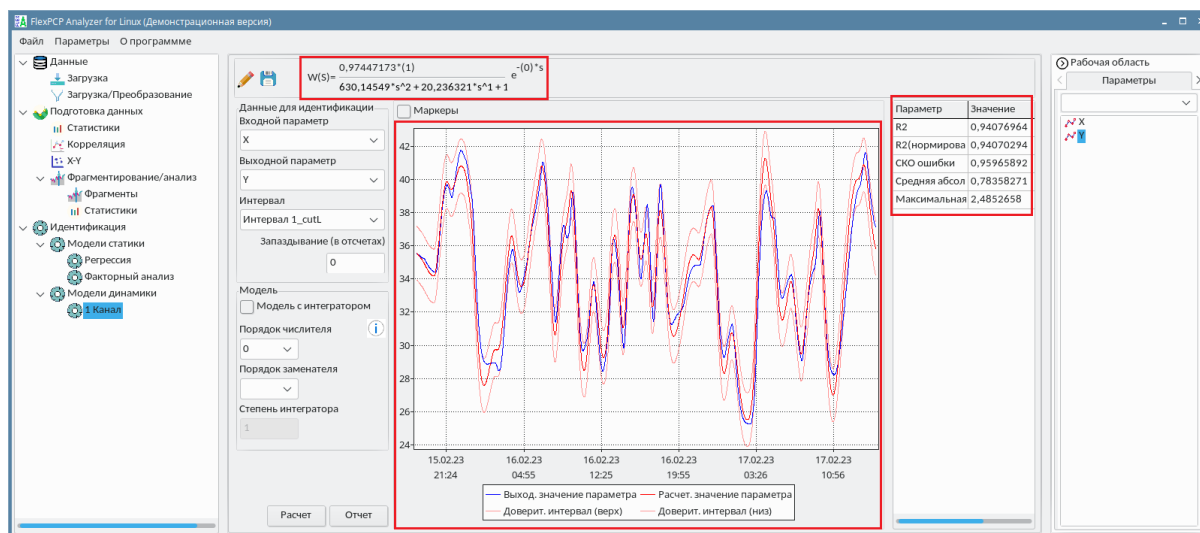
- «Порядок числителя» – 0;
- «Порядок знаменателя» – 2.



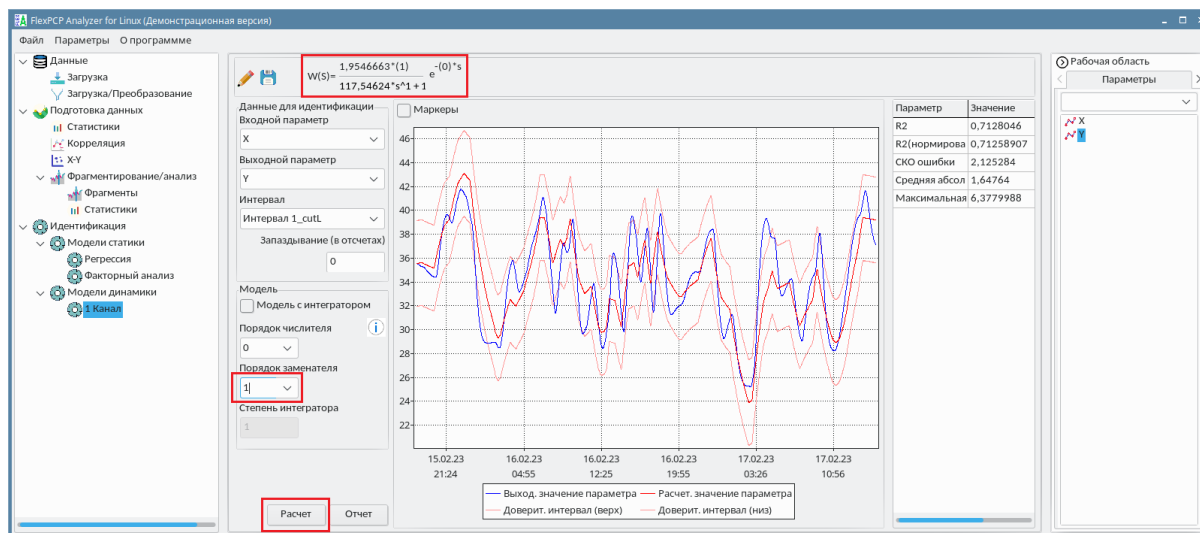




Нажмите кнопку «Расчет». В окне текущей процедуры будут выведены результаты расчета модели – вид передаточной функции и наложенные графики исходных данных выходного параметра и значения, рассчитанного по полученной модели. Справа от графиков будут выведены рассчитанные статистики полученного по модели расчетного значения параметра.



Измените значение в строке «Порядок знаменателя» с помощью выпадающего меню на «1». И снова нажмите «Расчет». Будет рассчитана модель динамики другой структуры.



Для сохранения полученных результатов в отдельный файл, нажмите кнопку «Отчет», и в открывшемся окне браузера задайте имя сохраняемого файла «Report\_Dyn», нажмите кнопку «Сохранить». Теперь результаты моделирования





сохранены в указанном файле и доступны для просмотра в любом браузере без использования программы FlexPCP AL.

