

Программная среда разработки систем усовершенствованного управления
технологическими процессами
«iXyber APC Designer»

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

АННОТАЦИЯ

Настоящее руководство предназначено для пользователей системы iXyber APC Designer.

Руководство определяет основной функционал и способы использования системы.

Перед использованием рекомендуется внимательно ознакомиться с настоящим руководством.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	ЗАПУСК ПРИЛОЖЕНИЯ	4
2	ЗАГРУЗКА ДАННЫХ	5
2.1	Формат загружаемых данных	5
2.2	Выбор рабочей директории	5
2.3	Загрузка данных в приложение	5
2.4	Дополнительные опции вкладки «Подготовка данных»	6
3	МОДИФИКАЦИЯ ДАННЫХ	7
3.1	Вкладка «Расчёт векторов»	7
3.2	Вкладка «Дополнительные вычисления»	9
3.2.1	Давление насыщенных паров	10
3.2.2	Расчёт приведённой температуры	11
3.3	Вкладка «Модификация данных»	12
3.3.1	Кластерный анализ	13
3.3.2	Исключение/фильтрация/сдвиг	16
4	АНАЛИЗ CV	18
4.1	Методика с определением коэффициента Z (для 3 правила)	21
4.2	Правило одинаковой доли выбросов	21
4.3	Правило одинакового предела	22
4.4	Правило окончательного процентного соотношения	23
5	ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ	24
5.1	Диаграммы рассеяния	25
5.2	Линейный (временной) тренд и Линейный (временной) тренд 2	27
5.3	Столбчатая диаграмма	28
5.4	Авто и взаимно корреляционная функция	29
6	РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ	30
6.1	Расчёт уравнений регрессии	30
6.2	Оценка уравнений регрессии	34
7	ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИКИ	36
7.1	Анализ динамики	36
7.2	Контроллер СУУТП	38
8	ЭФФЕКТЫ	41
8.1	Оценка эффектов по выбранным переменным	41
8.2	Оценка эффектов по ВА и сравнение с ЛА	42

1 ЗАПУСК ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение iXyber APC Designer (Beta 0.11) доступно в виде скомпилированного исполняемого файла (.exe) и исходного кода (.py и .рус).

Если приложение поставляется в виде скомпилированного exe-файла, то для запуска необходимо запустить данный файл (“iXyberDesigner.exe”).

Если же приложение предоставлено в виде исходного кода, запустите файл «start_iXyberDesigner.bat» для инициализации программы.

При успешном запуске должно открыться главное окно приложения (Рисунок 1.1).

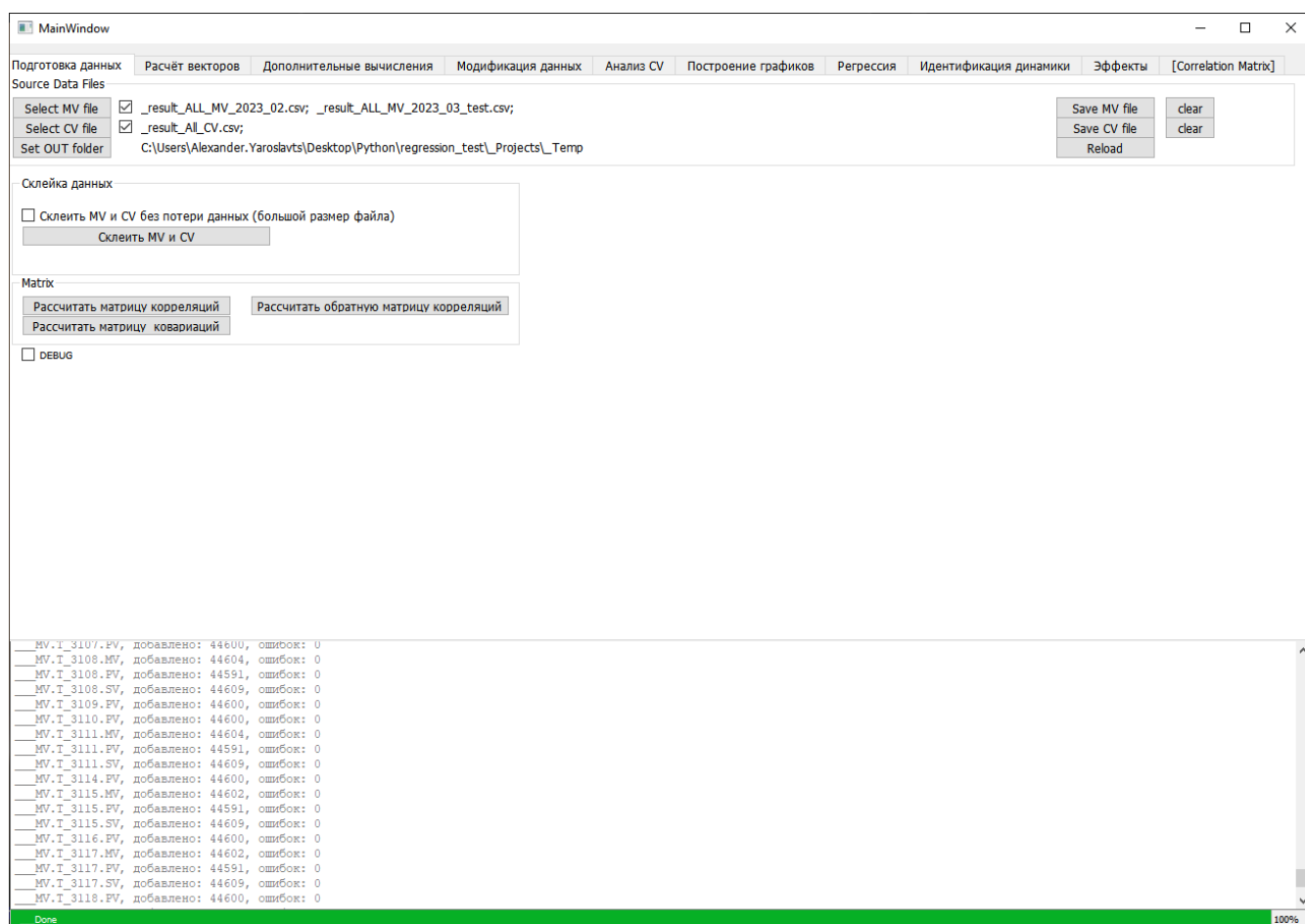


Рисунок 1.2 – Основное окно приложения

2 ЗАГРУЗКА ДАННЫХ

2.1 Формат загружаемых данных

Для загрузки данных в приложение, требуется создать файл данных определённого формата. Описание формата поддерживаемого файла данных представлено в таблице 2-1.

Таблица 2.1 – Требования к формату файла

Расширение:	csv
Кодировка:	Windows-1251
Разделитель элементов списка:	; (точка с запятой)
Разделитель целой и дробной части:	. (точка)

Также строгие требования предъявляются к содержимому файла:

1. Первая строка содержит заголовки столбцов данных, данные начинаются со второго столбца;
2. Должен присутствовать столбец с именем “DateTime\Points”;
3. Формат данных в столбце “DateTime\Points” должен быть “ГГГГ-ММ-ДД чч:мм:сс;@” (запись формата представлена в соответствии с MS Excel).

2.2 Выбор рабочей директории

Для корректной организации рабочего процесса рекомендуется выбрать папку для сохранения всех временных файлов проекта, результатов промежуточных вычислений и прочего. Для выбора рабочей директории требуется нажать кнопку «Set OUT folder» (см. рисунок 2.1, 2.2).

2.3 Загрузка данных в приложение

В приложении существует два типа данных - MV и CV, в соответствии с логикой приложения в набор данных MV загружаются данные процесса, а в набор данных CV – данные лабораторного контроля либо данные поточных анализаторов.

Для загрузки данных требуется на вкладке «Подготовка данных» нажать кнопку «Select MV file»/ «Select CV file». После чего будет открыто диалоговое окно открытия файла.

При загрузке данных по умолчанию выбрана опция проверки загружаемых данных. Включение/отключение опции проверки данных осуществляется при помощи галочки, расположенной правее кнопки «Select MV file»/ «Select CV file». При первой загрузке файла рекомендуется данную опцию оставлять активной.

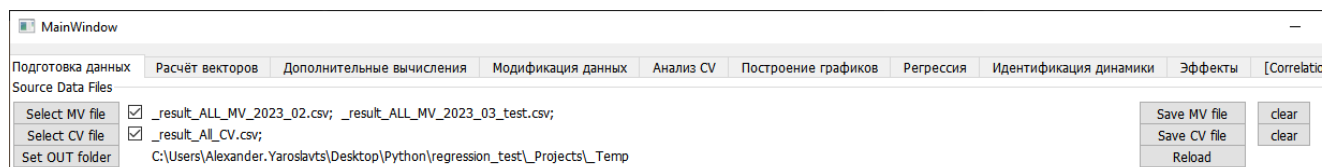


Рисунок 2.3 – Основное окно приложения

Если в программу ранее были загружены данные типа MV/CV, то при открытии нового файла данных программа добавит данные к ранее загруженным, при совпадении индекса (“DateTime\Points”) предпочтение будет отдано ранее загруженным данным. При этом имена всех загруженных файлов данных будут отображаться правее кнопки добавления данных.

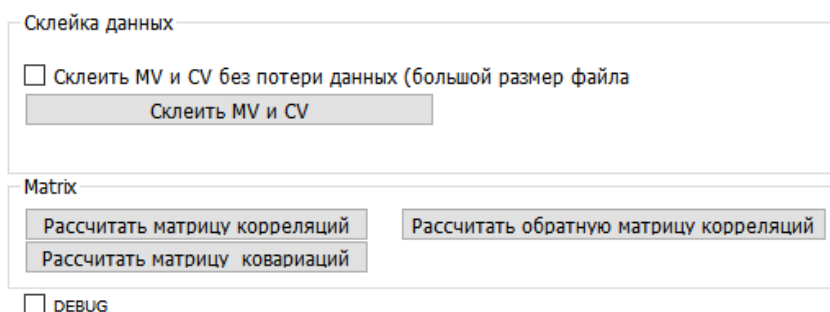
Пользователю доступна опция сохранения всех загруженных данных в одном файле, для это требуется нажать соответствующую кнопку «Save MV file»/«Save CV file».

По нажатии кнопки «clear» все загруженные данные будут выгружены из программы.

По нажатии кнопки «Reload» приложение сбросит все наборы данных и выполнит загрузку из файлов заново, при этом будут потеряны все изменения, выполненные с наборами данных.

2.4 Дополнительные опции вкладки «Подготовка данных»

Помимо сохранения наборов данных MV/CV по отдельности, в приложении предусмотрена выгрузка объединённого набора данных для анализа в сторонних приложениях – «Склеить MV и CV». При использовании опции «Склеить MV и CV без потери данных (большой размер файла)» будут экспортированы все данные наборов MV/CV, по умолчанию будут сохранены данные, соответствующие моментам времени когда ни в одном столбце нет пропусков (как правило данные процесс которые соответствуют лабораторным анализам).



The screenshot shows a software interface with two main sections. The top section is titled 'Склейка данных' (Data Merging) and contains a checkbox labeled 'Склеить MV и CV без потери данных (большой размер файла)' (Merge MV and CV without data loss (large file size)). Below this checkbox is a button labeled 'Склеить MV и CV' (Merge MV and CV). The bottom section is titled 'Matrix' and contains three buttons: 'Рассчитать матрицу корреляций' (Calculate correlation matrix), 'Рассчитать обратную матрицу корреляций' (Calculate inverse correlation matrix), and 'Рассчитать матрицу ковариаций' (Calculate covariance matrix). At the very bottom of the interface is a checkbox labeled 'DEBUG'.

Рисунок 2.4 – Дополнительные опции вкладки «Подготовка данных»

По нажатии кнопок «Рассчитать матрицу корреляций», «Рассчитать обратную матрицу корреляций», «Рассчитать матрицу ковариаций» - будут рассчитаны и сохранены в текущую рабочую директорию соответствующие матрицы в формате csv.

Опция «DEBUG» включает расширенный вывод в консоль и сохранение результатов промежуточных вычислений в текущую рабочую директорию.

3 МОДИФИКАЦИЯ ДАННЫХ

Модификация данных осуществляется на трех основных вкладках:

- Расчёт векторов;
- Дополнительные вычисления;
- Модификация данных.

3.1 Вкладка «Расчёт векторов»

В данном разделе представлен функционал позволяющий создавать расчётные переменные.

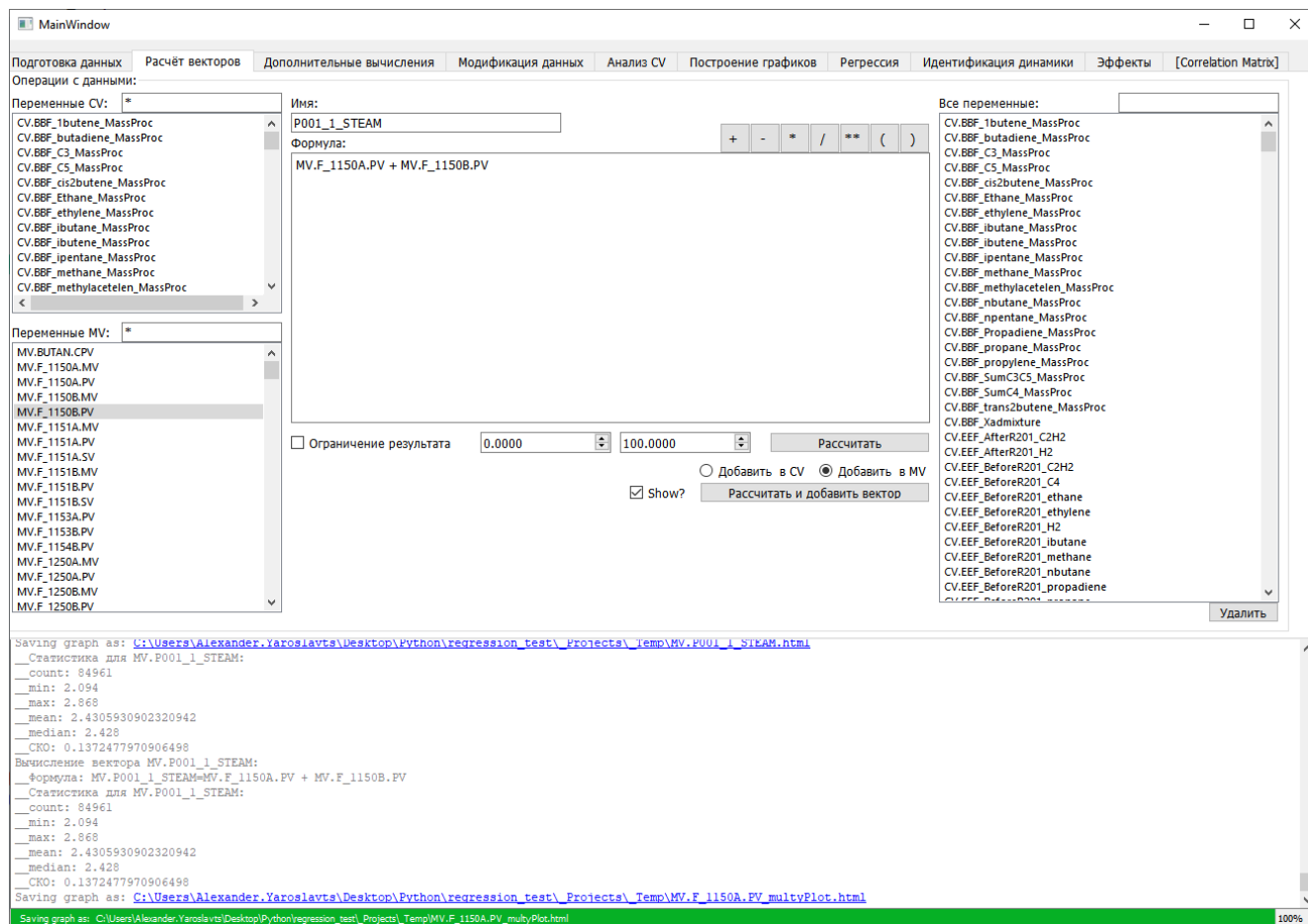


Рисунок 3.1 – Вкладка «Расчёт векторов»

В левой части окна представлены списки переменных наборов данных CV/MV. При двойном нажатии на имя переменной, данное имя копируется в окно ввода формулы. Над каждым набором переменных есть поле ввода фильтра для быстрого поиска нужной переменной.

В центральной части окна представлен интерфейс создания расчётной переменной. Для создания расчётной переменной необходимо в поле «Имя» ввести наименование создаваемой переменной, а в поле «Формула» - формулу. Основные поддерживаемые арифметические операторы выведены на кнопках выше поля ввода формулы.

Таблица 3.1 – Список поддерживаемых операторов

Сложение	+
Вычитание	-
Умножение	*
Деление	/
Возведение в степень	**
Операторы порядка вычислений	()
Деление без остатка	//

При создании расчётной переменной существует возможность задать минимальное и максимальное значения расчёта, если в результате расчёта получается значения, выходящие за заданные пределы, такие значения исключаются (заменяется на None). Для включения ограничений, требуется поставить галочку «Ограничение результата» и ввести значения ограничений.

☐ Ограничение результата

☐ Добавить в CV
☒ Добавить в MV

☒ Show?

Рисунок 3.2 – Варианты расчёта

При нажатии кнопки «Рассчитать» происходит расчёт по введённой формуле, в случае возникновения ошибки будет выведено сообщение об ошибке (общий лог расположен в нижней части окна). Если расчёт произошёл успешно, в логе будет выведена статистика для расчётной переменной, если установлена опция «Show?», то будет создан и открыт тренд результатов расчёта. Результат расчёта НЕ будет добавлен ни в один набор переменных.

При нажатии кнопки «Рассчитать и добавить вектор» происходят действия, аналогичные действиям при нажатии кнопки «Рассчитать», за тем исключением, что результат расчёта будет добавлен в один из наборов данных (в соответствии в выбранным пользователем набором данных).

```

__Статистика для MV.P001_1_STEAM:
__count: 84961
__min: 2.094
__max: 2.868
__mean: 2.4305930902320942
__median: 2.428
__CKO: 0.1372477970906498
    
```

Рисунок 3.3 – Пример вывода статистики по созданной расчётной переменной

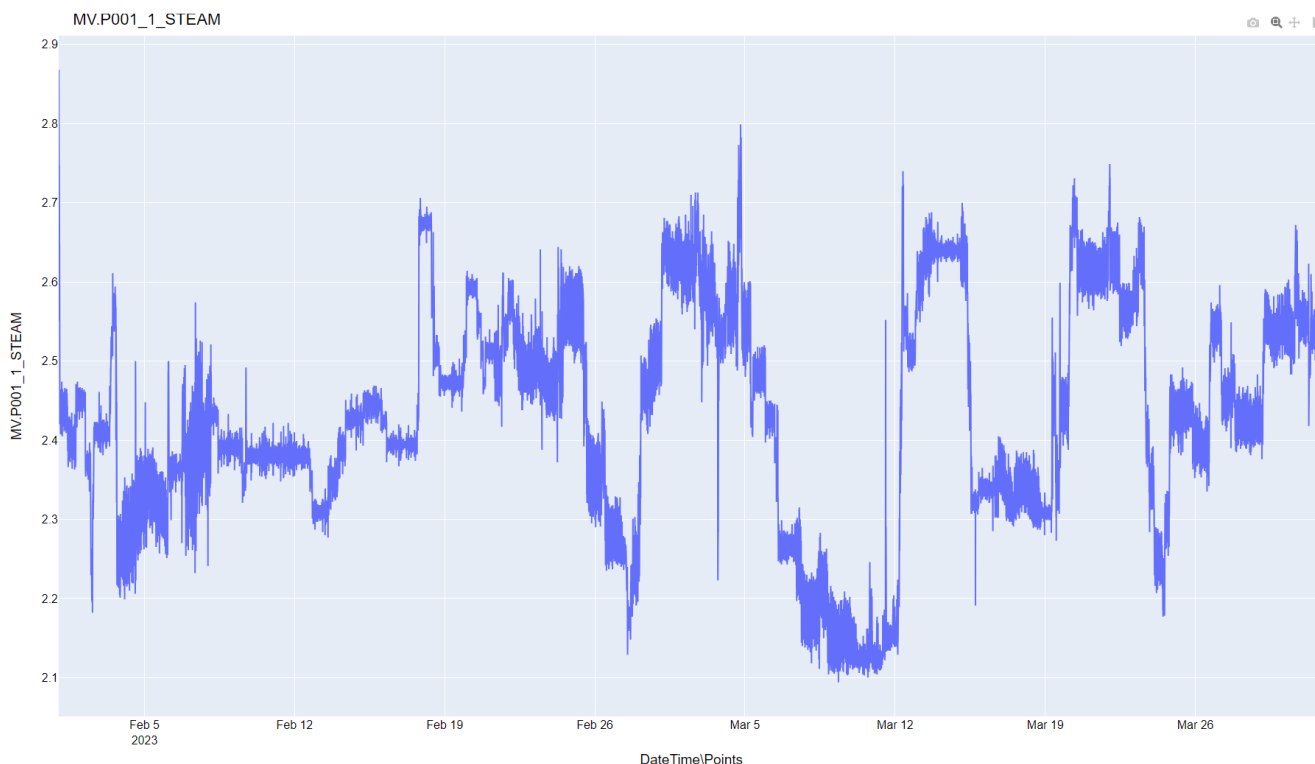


Рисунок 3.4 – Пример графика – результата расчёта

В правой части окна представлен объединенный перечень переменных из наборов данных CV и MV. Под перечнем переменных имеется кнопка удаления выбранной переменной. Выбор переменных для удаления осуществляется однократным нажатием левой кнопкой мыши по имени переменной.

3.2 Вкладка «Дополнительные вычисления»

В данном разделе представлен специализированный функционал для расчёта по заложенным в систему формулам. Данный раздел будет дополняться под специфику реализуемых проектов. В настоящее время имеется расчёт для:

- Давления насыщенных паров;
- Температура, приведённая к давлению.

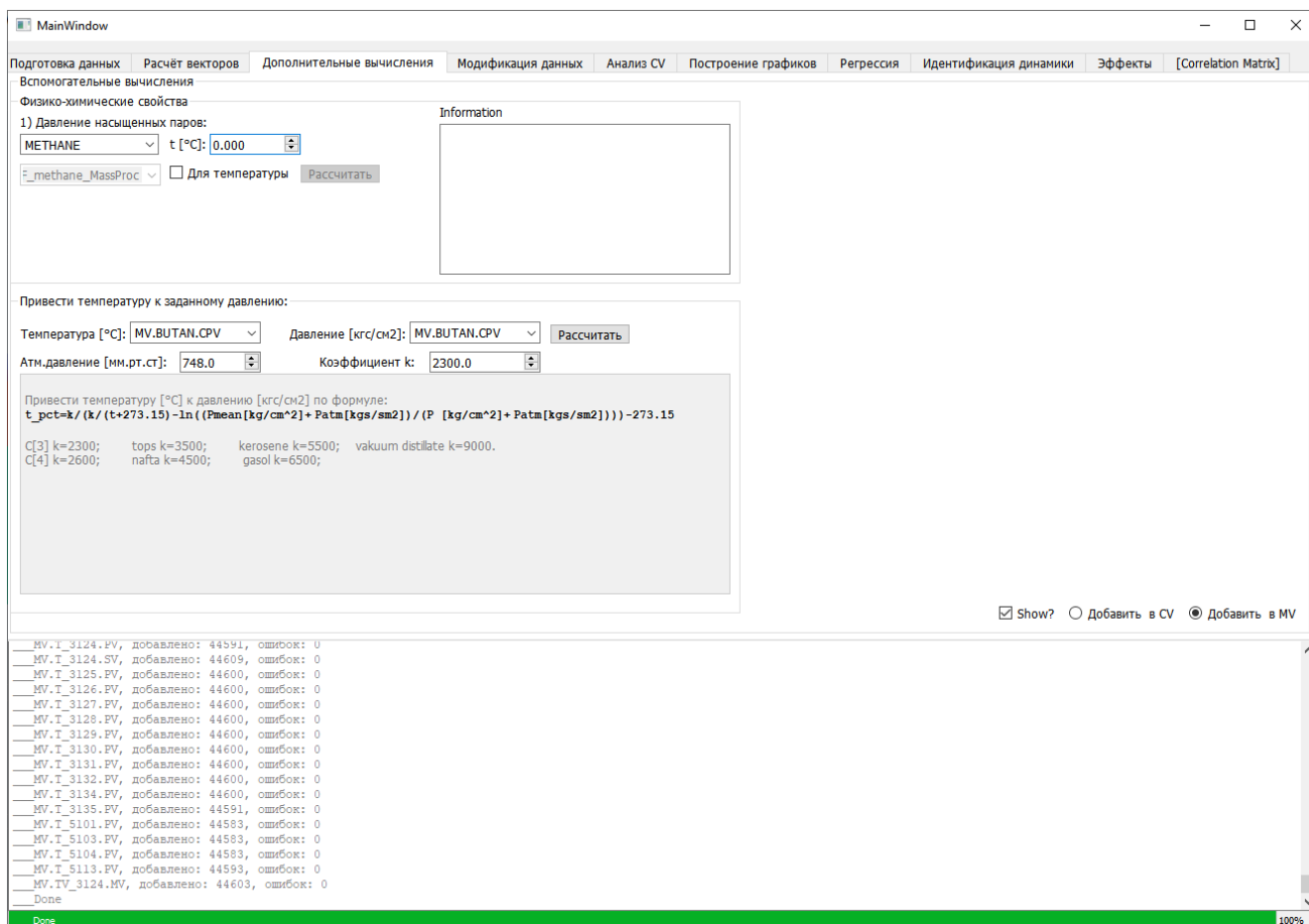


Рисунок 3.5 – Вкладка «Дополнительные вычисления»

3.2.1 Давление насыщенных паров

В данном разделе представлен функционал для расчёта давления насыщенных паров (PVP) компонента при заданной температуре. Расчёт выполняется при изменении выбранного компонента и/или температуры, результат расчёта выводится в окно «Information».

При выборе опции «Для температуры», расчёт осуществляется для выбранного компонента при выбранной температуре. Результат расчёта добавляется в выбранный пользователем набор данных CV/MV с именем «Наименование компонента»_«Температуры». Если установлена опция «Show?», то будет создан и открыт тренд результатов расчёта.

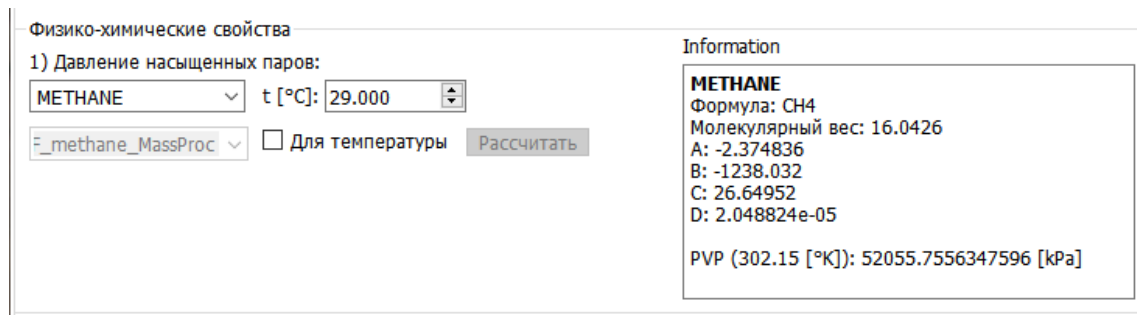


Рисунок 3.6 – Раздел «Давление насыщенных паров»

3.2.2 Расчёт приведённой температуры

В данном разделе представлен функционал для расчёта приведенной температуры.

При ректификации часто в колонне не удается стабильно поддерживать давление. При этом возникает проблема поддержания тепло-подвода/отвода тепла в/из колонны. Если регуляторы настроены на поддержание температуры горячей струи или температуры в каком-либо месте колонны, там как правило, имеет место парожидкостное равновесие. Зависимость давления насыщенных паров близка к экспоненциальному виду.

Нестабильность давления при стабильной температуре в этом случае очень сильно влияет на соотношение пар/жидкость. Чем выше давление, тем сильнее этот эффект, так как наклон линии однократного испарения при росте давления уменьшается, стремясь к нулю при псевдо-критическом давлении.

Для ректификации же особо важна стабильность тепло-потоков. Соответственно встает задача стабилизация потоков тепла при ректификации в случае невозможности поддержания давления стабильным.

Так же эта проблема возникает при построении виртуальных анализаторов. Не стабильное давление дает не линейные искажения показаний датчиков температуры. Что не позволяет получить корректные зависимости виртуальных анализаторов от режима установки.

Для снижения эффекта этой проблемы следует приводить температуры к какому-то опорному давлению. Конечно, это опорное давление следует брать близким к среднему режимному давлению в аппарате.

Для произведения расчёта необходимо выбрать температуру, которую требуется привести к давлению, выбрать давление (давление должно быть в кгс/см²), задать среднее атмосферное давление для региона, где были собраны данные и коэффициент k, характеризующий состав среды для которой производится приведение температуры.

Привести температуру к заданному давлению:

Температура [°C]: Давление [кгс/см2]:

Атм.давление [мм.рт.ст]: Коэффициент k:

Привести температуру [°C] к давлению [кгс/см2] по формуле:
$$t_{pct} = k / (k / (t + 273.15) - \ln((P_{mean} [kg/cm^2] + Patm [kgs/sm2]) / (P [kg/cm^2] + Patm [kgs/sm2]))) - 273.15$$

C[3] k=2300; tops k=3500; kerosene k=5500; vakuum distillate k=9000.
C[4] k=2600; nafta k=4500; gasol k=6500;

Рисунок 3.7 – Раздел «Привести температуру к заданному давлению»

Результат расчёта добавляется в выбранный пользователем набор данных CV/MV с именем «Тег температуры»_pct. Если установлена опция «Show?», то будет создан и открыт тренд результатов расчёта.

3.3 Вкладка «Модификация данных»

В данном разделе представлены два основных функционала:

- Кластерный анализ;
- Исключение/фильтрация/сдвиг.

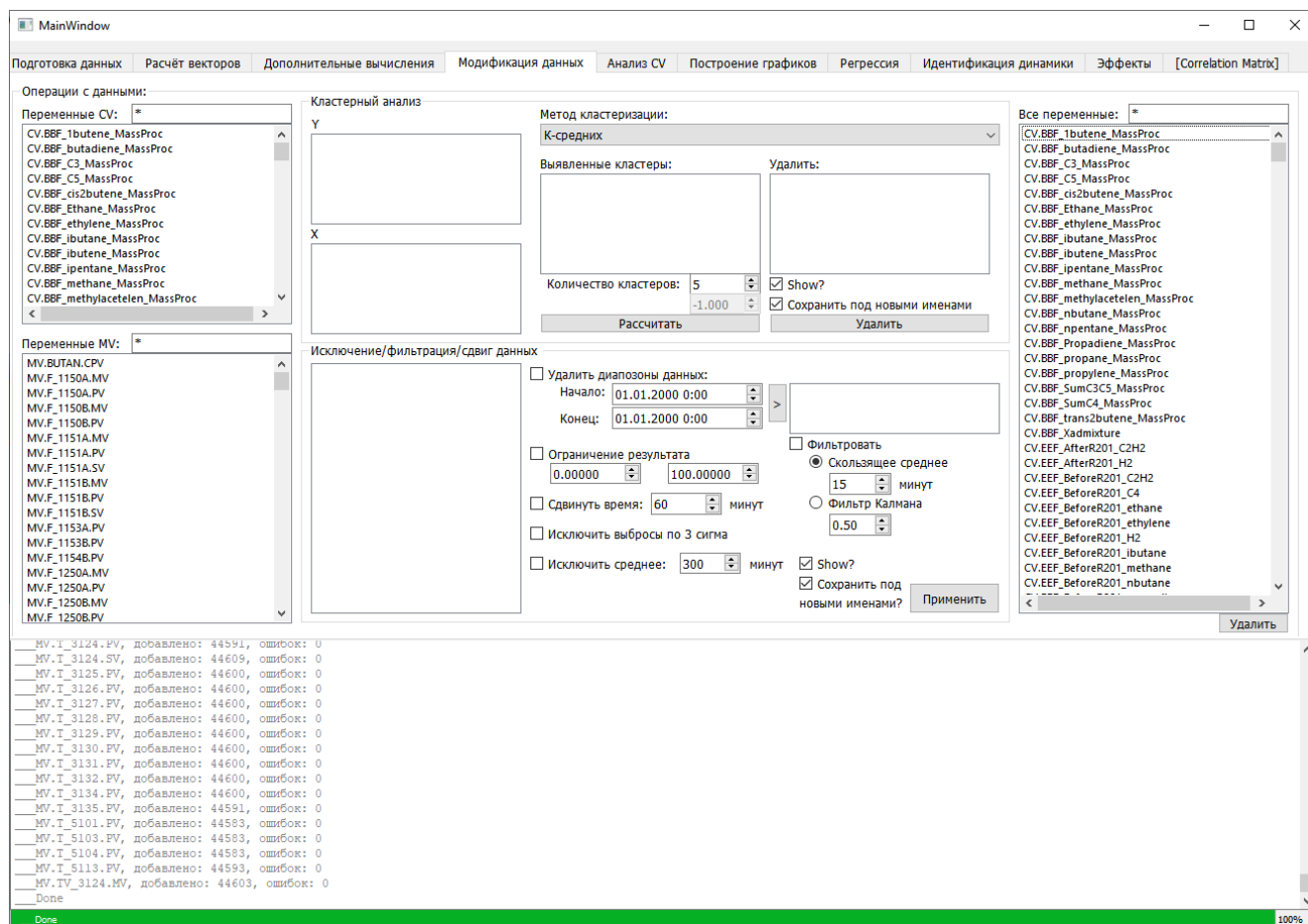


Рисунок 3.8 – Вкладка «Модификация данных»

В левой части окна представлены списки переменных наборов данных CV/MV. Для данных наборов переменных доступна опция «drag and drop» - перетаскивание выбранной переменной на одно из полей выбора переменных в центральной части окна.

В центральной части окна представлен основной функционал, который будет описан ниже.

В правой части окна представлен объединенный перечень переменных из наборов данных CV и MV. Под перечнем переменных имеется кнопка удаления выбранной переменной. Выбор переменных для удаления осуществляется однократным нажатием левой кнопкой мыши по имени переменной.

Над каждым набором переменных есть поле ввода фильтра для быстрого поиска нужной переменной.

3.3.1 Кластерный анализ

В данном разделе представлен функционал выполнения кластерного анализа для выбранных переменных. Кластерный анализ – это статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы. Другими словами, это метод группировки объектов на основе общих характеристик или признаков. Он используется для упрощения анализа данных и выявления закономерностей.

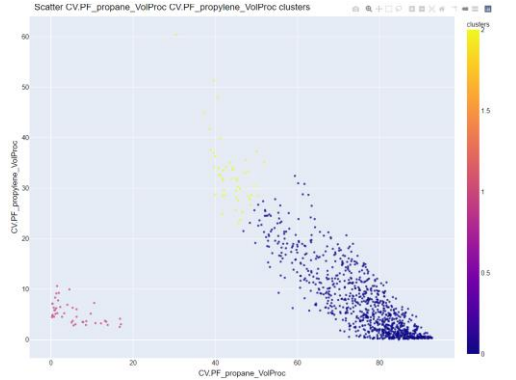
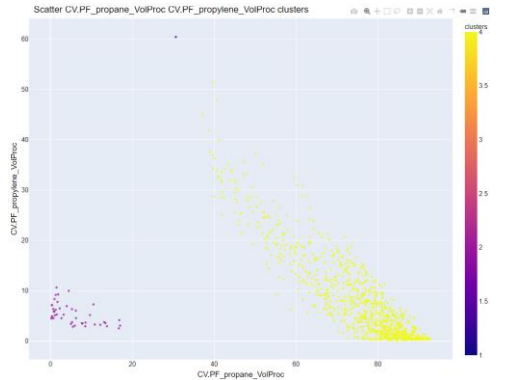
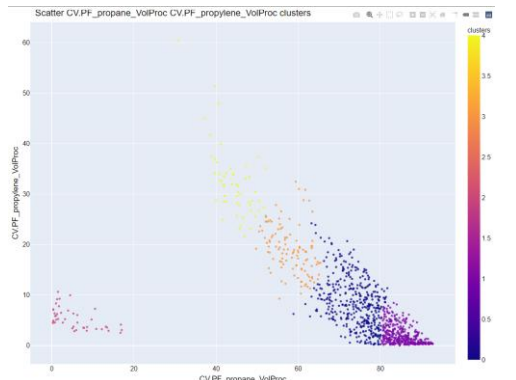
Для выполнения анализа необходимо перетащить переменные для анализа в наборы «X» и «Y», выбрать алгоритм кластеризации и задать параметры выбранного алгоритма. После выбора переменных можно выполнить расчёт, нажав кнопку «Рассчитать».

Рисунок 3.9 – Раздел «Кластерный анализ»

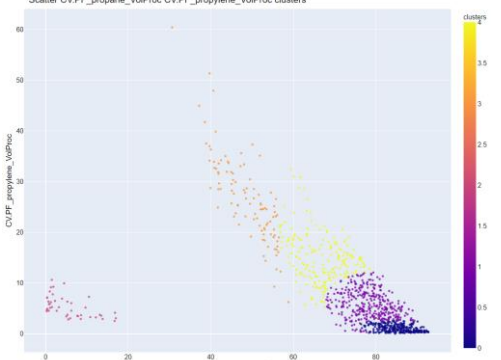
Список доступных алгоритмов с примерами приведен в таблице ниже.

Таблица 3.2 – Список доступных алгоритмов кластеризации

К-средних	Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров	
Афинное распространение	Метод распространения близости: каждая точка данных взаимодействует со всеми другими точками данных, чтобы сообщить друг другу, насколько они похожи, и это начинает выявлять кластеры в данных.	

Средний сдвиг	Алгоритм иерархической кластеризации, но недостатком является то, что он плохо масштабируется при работе с большими наборами данных.	
Спектральная кластеризация	Алгоритм обрабатывает точки данных как узлы в графе, а кластеры находятся на основе сообществ узлов, которые имеют соединяющие ребра.	
Агломеративная кластеризация: минимальная дисперсия классов	Совокупность алгоритмов упорядочивания данных, направленных на создание иерархии (дерева) вложенных кластеров. Новые кластеры создаются путем объединения более мелких кластеров и, таким образом, дерево создается от листьев к стволу.	
Агломеративная кластеризация: среднее расстояние		

Агломеративная кластеризация: максимальное расстояние		
Агломеративная кластеризация: минимальное расстояние		
DBSCAN (размер окрестности)	Пространственная кластеризация приложений с шумом на основе плотности.	
OPTICS	OPTICS означает упорядочивание точек для определения структуры кластеризации.	

Birch	Алгоритм сбалансированного итеративного сокращения и кластеризации с использованием иерархий (BIRCH) лучше работает на больших наборах данных, чем алгоритм k-средних.	
Гауссовская смешанная модель	Модель гауссовой смеси использует несколько гауссовых распределений для подгонки данных произвольной формы. Существует несколько одиночных гауссовых моделей, которые действуют как скрытые слои в этой гибридной модели. Таким образом, модель вычисляет вероятность того, что точка данных принадлежит определенному гауссовскому распределению, и именно под этот кластер она попадет.	

Результат расчёта (порядковые номера найденных кластеров) добавляются в список «Выявленные кластеры», также, если выбрана опция «Show?» будут построены тренды и диаграммы рассеяния с обозначением найденных кластеров.

В приложении присутствует возможность удаления данных, относящихся к выбранным кластерам. Для этого необходимо перетащить «кластер» в список «Удалить» и нажать кнопку «Удалить», при этом если выбрана опция «Сохранять под новыми именами» будут созданы копии исходных переменных с добавлением порядкового индекса («Имя переменной»_«индекс»), в противном случае данные будут вырезаны из оригинального набора данных.

3.3.2 Исключение/фильтрация/сдвиг

В данном разделе представлен функционал модификации выбранных переменных в соответствии со списком опций и настроек, выбранных пользователем.

Для выполнения модификаций необходимо перетащить переменные в список «Исключение/фильтрация/сдвиг», выбрать набор опций и задать их параметры. После выбора переменных можно выполнить расчёт, нажав кнопку «Применить». Результаты расчёта будут добавлены в соответствующие наборы данных MV/CV. При этом, если выбрана опция «Сохранять под новыми именами» будут созданы копии исходных переменных с добавлением порядкового индекса («Имя переменной»_«индекс»), в противном модификации будут применены к оригинальному набору данных. Также, если выбрана опция «Show?» будут построены тренды сравнения переменных до/после изменений.

Исключение/фильтрация/сдвиг данных

☐ Удалить диапазоны данных:
Начало: 01.01.2000 0:00
Конец: 01.01.2000 0:00

☐ Ограничение результата
0.00000 100.00000

☐ Сдвинуть время: 60 минут

☐ Исключить выбросы по 3 сигма

☐ Исключить среднее: 300 минут

☐ Фильтровать
☒ Скользящее среднее
15 минут
☐ Фильтр Калмана
0.50

☒ Show?
☒ Сохранить под новыми именами?

Применить

Рисунок 3.10 – Раздел «Исключение/фильтрация/сдвиг»

Список доступных модификаций приведен в таблице ниже.

Таблица 3.3 – Список доступных модификаций

Удалить диапазоны данных	Пользователь добавляет временные метки в список, далее данные, попадающие в заданные диапазоны, будут исключены
Ограничение результата	Данные, не входящие в заданный пользователем диапазон, будут исключены
Сдвинуть время	Данные будут сдвинуты во времени на указанное число минут. Следует иметь в виду, что значение «60» сдвинет данные на час назад, «-60» на час вперед
Исключить выбросы по 3 сигма	Данные, не входящие в диапазон $[-3\sigma; +3\sigma]$, будут исключены. « σ » - среднеквадратичное отклонение данной переменной
Исключить среднее	Алгоритм вычитает скользящее среднее за указанное число минут из оригинального набора данных, оставляя, таким образом, “низкочастотные” колебания.
Фильтровать	Применение к данным одного из алгоритмов фильтрации данных: скользящее среднее за n минут или фильтр Калмана с заданным коэффициентом фильтрации k

4 АНАЛИЗ CV

В разделе «Анализ CV» представлен функционал, предназначенный для оценки предполагаемого эффекта от внедрения СУУТП.

Лежащее в основе данной методологии предположение состоит в том, что применение усовершенствованного управления приведет к уменьшению величины среднеквадратичного отклонения (СКО) ключевой переменной, характеризующей его вариативность. В результате снижения СКО для «количественных» показателей возможно смещение среднего значения, как показано на рисунке, приведенном ниже.

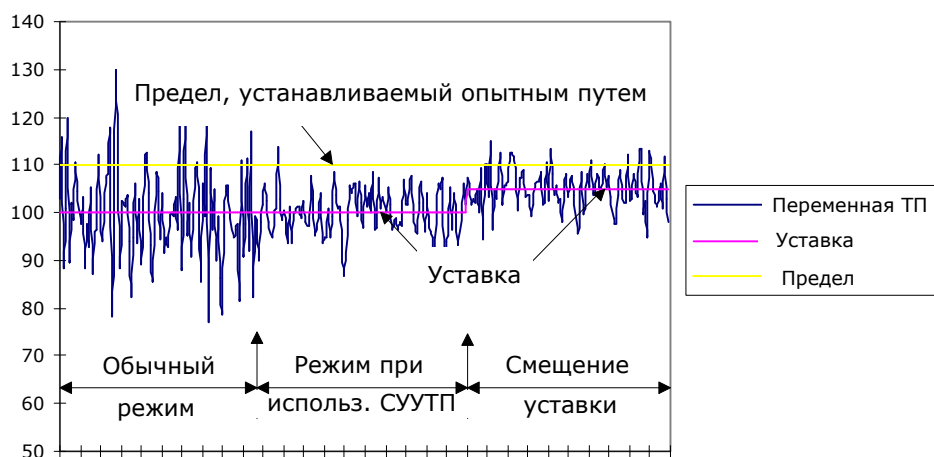


Рисунок 4.1 – Снижение СКО показателя качества с последующим смещением среднего

Важно, чтобы выборка по ключевой переменной ТП за базовый период была как можно ближе к нормальному распределению данных, что проверяется, например, с помощью гистограмм распределения. Статистические выбросы (удаление от «среднего» на более, чем утроенное СКО) удаляются из выборки. В случае наличия для ключевого ограничения нескольких «нормальных» распределений в выборке (это может быть вызвано, например, сменой производственных заданий по соответствующей ключевой переменной – показателю качества), допускается расчет средневзвешенных статистических характеристик.

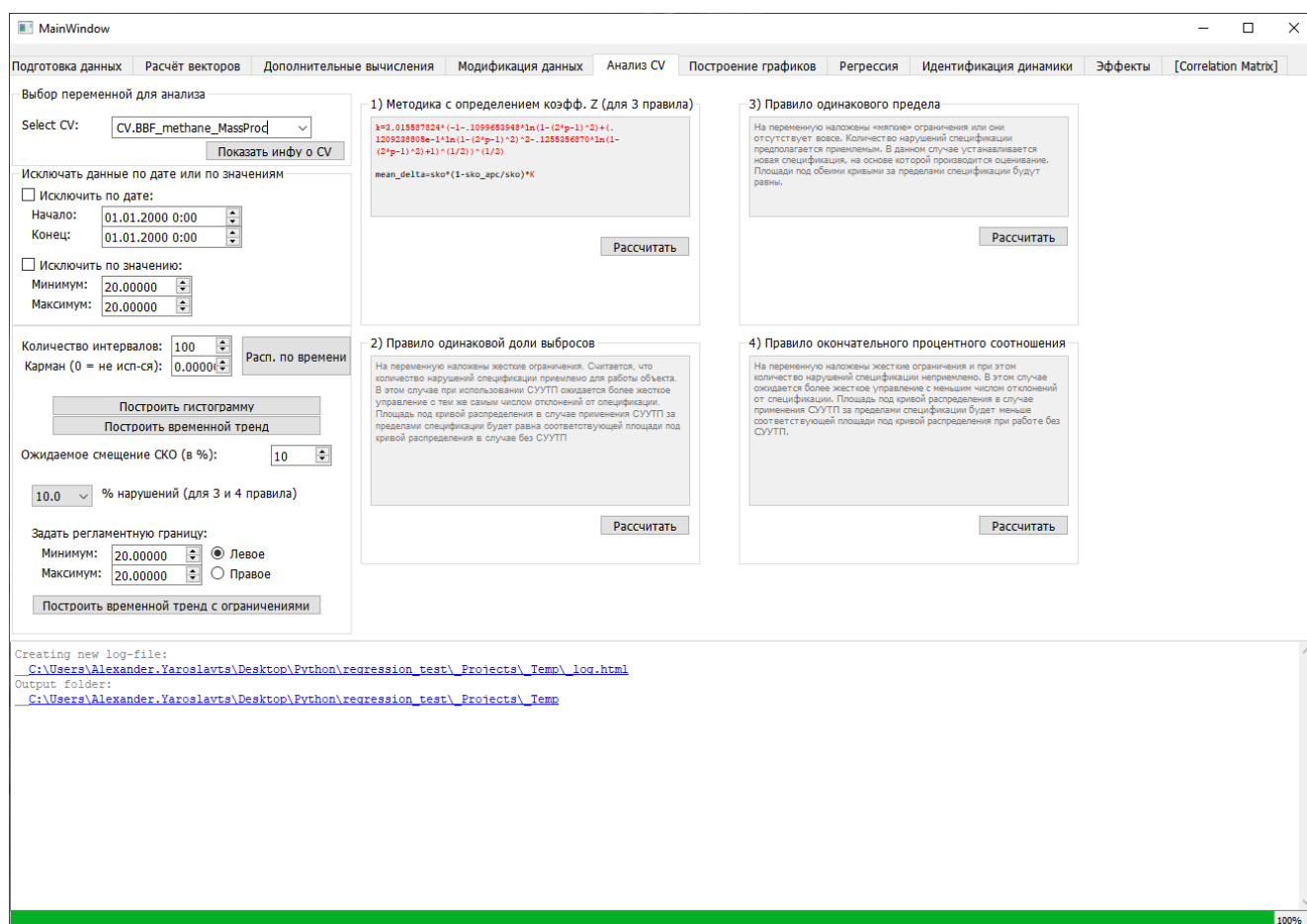


Рисунок 4.2 – Раздел «Анализ CV»

Интерфейс раздела представлен на рисунке 4-2. Пользователь осуществляет выбор переменной, по которой будет осуществляться анализ в поле «Выбор переменной для анализа». По нажатии кнопки «Показать инфу о CV» в лог приложения выводится статистика по выбранной переменной.

В подразделе «Исключать данные по дате или по значениям» пользователь может ввести исключить из анализа данные НЕ попадающие в выбранный временной интервал и/или данные, значения которых выпадают из заданных пользователем верхней и нижней границ.

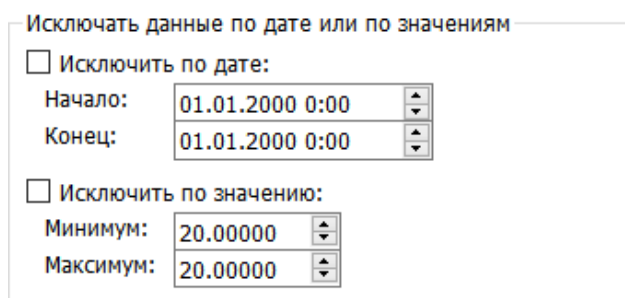


Рисунок 4.3 – Исключение данных из оценки

В следующем подразделе пользователь может задать настройки для одного из правил оценки смещения среднего значения. Основным параметром является ожидаемое снижение СКО целевой переменной в результате внедрения СУУТП, данный параметр задаётся в процентах в поле ввода «Ожидаемое смещение СКО (в %)». Также для 3 и 4 правил (Правило одинакового предела и Правило окончательного процентного соотношения соответственно) задаётся допустимый процент нарушений регламентной

границы (поле ввода «% нарушений (для 3 и 4 правил)»), а также регламентная граница («Задать регламентную границу»).

Кроме этого, для визуальной оценки данных, пользователю доступны несколько вариантов построения трендов:

- Гистограмма «Построить гистограмму» (настраивается либо количество карманов, либо ширина кармана в инженерных единицах анализируемой переменной);
- Временной тренд «Построить временной тренд»;
- Временной тренд с регламентной границей «Построить временной тренд с ограничениями»;
- Распределение времени отбора пробы «Расп. По времени».

Количество интервалов: 100
Карман (0 = не исп-ся): 0.0000

Расп. по времени

Построить гистограмму
Построить временной тренд

Ожидаемое смещение СКО (в %): 10

10.0 % нарушений (для 3 и 4 правила)

Задать регламентную границу:
Минимум: 20.00000
Максимум: 20.00000

Левое
Правое

Построить временной тренд с ограничениями

Рисунок 4.4 – Исключение данных из оценки

Существуют три подхода, которые отличаются по типу ограничения для рассматриваемой технологической переменной:

- переменная с жестким ограничением; при этом количество нарушений ограничения является приемлемым («Правило одинаковой доли выбросов»);
- переменная без жестких ограничений или вообще без ограничений («Правило одинакового предела» и его частный случай «Методика с определением коэффициента Z (для 3 правила)»);
- переменная с жестким ограничением; при этом количество нарушений ограничения является неприемлемым («Правило окончательного процентного соотношения»).

На рисунке 4-5 изображено нормальное распределение технологической переменной до и после применения СУУТП. Рисунок 4-5 будет использоваться при рассмотрении указанных подходов.

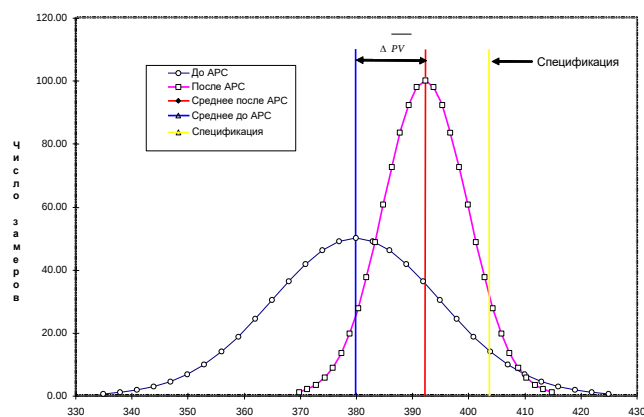


Рисунок 4.5 – Оценивание смещения среднего значения в результате применения СУУТП

Расчёт по выбранному алгоритму осуществляется по нажатию соответствующей кнопки «Рассчитать»

1) Методика с определением коэфф. Z (для 3 правила)

```

k=0.015587824*(-1-1099653948*ln(1-(2*p-1)^2)+
1209238805*(-1*ln(1-(2*p-1)^2)-2-1255356870*ln(1-
(2*p-1)^2)+1)*(1/2))^(1/2)

mean_delta=sko*(1-sko_apc/sko)*K
                    
```

Рассчитать

3) Правило одинакового предела

На переменную наложены «мягкие» ограничения или они отсутствуют вовсе. Количество нарушений спецификации предполагается приемлемым. В данном случае устанавливается новая спецификация, на основе которой производится оценивание. Площади под обеими кривыми за пределами спецификации будут равны.

Рассчитать

2) Правило одинаковой доли выбросов

На переменную наложены жесткие ограничения. Считается, что количество нарушений спецификации приемлемо для работы объекта. В этом случае при использовании СУУТП ожидается более жесткое управление с тем же самым числом отклонений от спецификации. Площади под кривой распределения в случае применения СУУТП за пределами спецификации будет равна соответствующей площади под кривой распределения в случае без СУУТП

Рассчитать

4) Правило окончательного процентного соотношения

На переменную наложены жесткие ограничения и при этом количество нарушений спецификации неприемлемо. В этом случае ожидается более жесткое управление с меньшим числом отклонений от спецификации. Площади под кривой распределения в случае применения СУУТП за пределами спецификации будет меньше соответствующей площади под кривой распределения при работе без СУУТП.

Рассчитать

Рисунок 4.6 – Расчёт по одному из алгоритмов оценки

Результат расчёта выводится в виде графика, а также в виде значений в общий лог приложения.

4.1 Методика с определением коэффициента Z (для 3 правила)

Метод аналогичен правилу, рассмотренному в пункте 4.3, за тем исключением что коэффициент z рассчитывается по формуле:

$$k = 3.015587824 \sqrt{-1 - 0.1099653948 \ln(1 - (2p - 1)^2)} + \sqrt{0.01209238805 \ln(1 - (2p - 1)^2)^2 - 0.1255356870 \ln(1 - (2p - 1)^2) + 1}$$

4.2 Правило одинаковой доли выбросов

На переменную наложены жесткие ограничения. Считается, что количество нарушений спецификации приемлемо для работы объекта. В этом случае при использовании СУУТП ожидается более жесткое управление с тем же самым числом отклонений от спецификации. Площадь под кривой распределения в случае применения СУУТП за пределами спецификации будет равна соответствующей площади под кривой распределения в случае без СУУТП (см. рис. 4-5).

Изменение $\overline{PV}$ после внедрения СУУТП оценивается следующим образом:

Шаг 1:Вычисление среднего значения $\overline{PV}$ на основе базовых данных

Шаг 2:Вычисление S_{bc} среднеквадратичного отклонения на основе базовых данных

Шаг 3:Оценка S_{apc} в случае применения СУУТП

Шаг 4:Вычисление смещения среднего $\Delta\overline{PV}$ по одной из нижеследующих формул:

$$\Delta\overline{PV} = (PV_{\max \text{ spec}} - \overline{PV}) \left(1 - \frac{S_{apc}}{S_{bc}} \right)$$

или

$$\Delta\overline{PV} = (\overline{PV} - PV_{\min \text{ spec}}) \left(1 - \frac{S_{apc}}{S_{bc}} \right)$$

4.3 Правило одинакового предела

На переменную наложены “мягкие” ограничения или они отсутствуют вовсе. Количество нарушений спецификации предполагается приемлемым. В данном случае устанавливается новая спецификация, на основе которой производится оценивание. Площади под обеими кривыми за пределами спецификации будут равны.

Изменение $\overline{PV}$ после внедрения СУУТП оценивается следующим образом:

Шаг 1:Выбор количества нарушений, приемлемого для работы, из таблицы функции нормального распределения, представленной ниже.

Шаг 2:Вычисление среднего значения $\overline{PV}$ на основе базовых данных

Шаг 3:Вычисление S_{bc} среднеквадратичного отклонения на основе базовых данных

Шаг 4:Оценка S_{apc} в случае применения СУУТП

Шаг 5:Выбор соответствующего z для выбранного процента нарушений из данных ниже:

Таблица 4.1 – Значения коэффициента z

z	Процент нарушений
1,28	10,0
1,64	5,0
1,96	2,5
2,33	1,0

Шаг 6: Вычисление смещения среднего $\Delta\overline{PV}$ по одной из следующих формул:

$$\Delta\overline{PV} = z(s_{bc} - s_{apc}),$$

или

$$\Delta\overline{PV} = -z(s_{bc} - s_{apc}).$$

4.4 Правило окончательного процентного соотношения

На переменную наложены жесткие ограничения и при этом количество нарушений спецификации неприемлемо. В этом случае ожидается более жесткое управление с меньшим числом отклонений от спецификации. Площадь под кривой распределения в случае применения СУУТП за пределами спецификации будет меньше соответствующей площади под кривой распределения при работе без СУУТП.

Изменение $\overline{PV}$ после внедрения СУУТП оценивается следующим образом:

Шаг 1: Выбор количества нарушений приемлемых для работы завода и достижимых при помощи СУУТП

Шаг 2: Вычисление среднего значения $\overline{PV}$ на основе базовых данных

Шаг 3: Вычисление S_{bc} среднеквадратичного отклонения на основе базовых данных

Шаг 4: Оценка S_{apc} в случае применения СУУТП

Шаг 5: Выбор соответствующего z для выбранного процента нарушений (см. таблицу 4-1)

Шаг 6: Вычисление смещения среднего $\Delta\overline{PV}$, используя одну из формул, представленных ниже.

$$\Delta\overline{PV} = PV_{\max \text{ spec}} - (\overline{PV} + zS_{apc}),$$

или

$$\Delta\overline{PV} = PV_{\min \text{ spec}} + (\overline{PV} + zS_{apc}).$$

5 ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ

В разделе «Построение графиков» представлен функционал, предназначенный для графического анализа данных, загруженных в приложение.

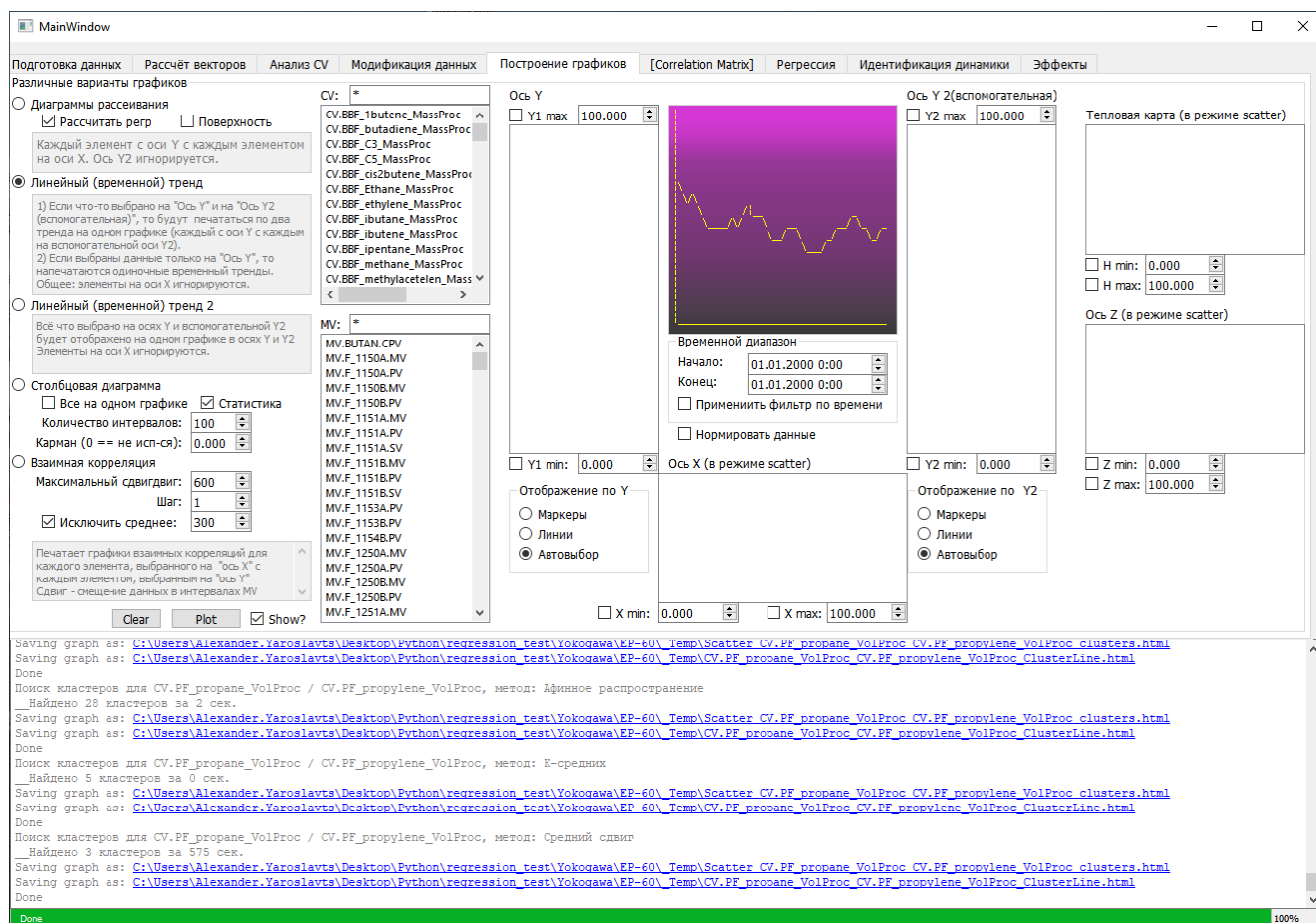


Рисунок 5.1 – Раздел «Построение графиков»

Интерфейс раздела представлен на рисунке 5-1.

Выбор типа графика осуществляется в левой части окна, пользователю доступны следующие варианты графиков:

- Диаграммы рассеяния;
- Линейный (временной) тренд;
- Линейный (временной) тренд 2;
- Столбчатая диаграмма;
- Графики взаимной корреляции.

Для построения диаграммы пользователю необходимо выбрать тип графика, перетащить переменные на соответствующие оси графика, задать настройки построения графика и нажать «Plot». Если выбрана опция «Show?», то построенный график будет открыт в браузере, в противном случае график будет сохранён в текущую рабочую директорию. Кнопка «Clear» очищает выбранные для построения списки переменных (оси).

При построении данных пользователю доступны следующие общие настройки:

- Ограничения данных по дате, для применения опции необходимо выбрать опцию «Применить фильтр по времени» и задать границы временного диапазона;
- Нормировка данных по формуле $x' = (x - \text{mean}(x))/\text{std}(x)$, в результате будут получены данные со средним значением равным 0 и среднеквадратичным отклонением, равным 1. Для этого необходимо выбрать опцию «Нормировать данные»;
- Ограничить значения переменных по оси, для этого требуется выбрать соответствующую опцию и задать значение ограничения.

5.1 Диаграммы рассеяния

Примеры диаграмм рассеяния представлены на рисунках 5-2, 5-3 и 5-4.

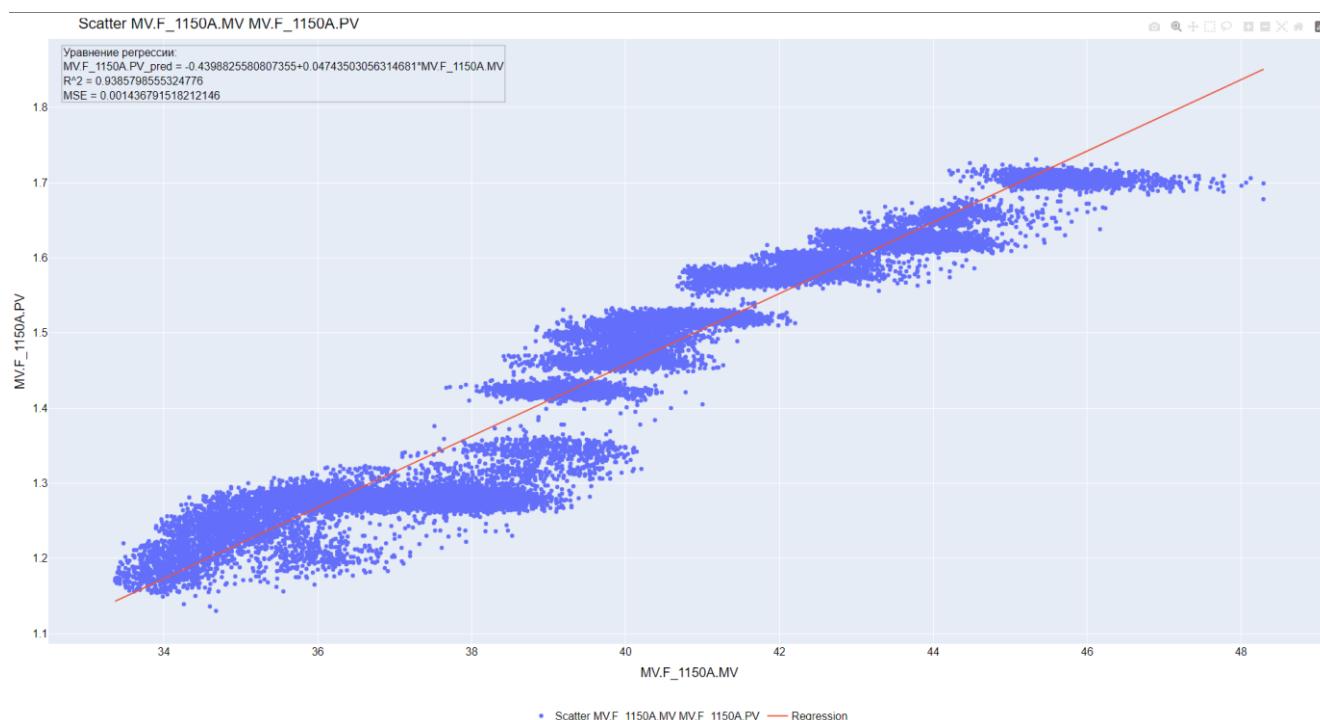


Рисунок 5.2 – Пример диаграммы рассеяния для 2 осей с аппроксимирующей прямой

Настройки для графика, приведенного на рис. 5-2: Выбрана опция «рассчитать регрессию», на ось «X» добавлена переменная «MV.F_1150A.MV», на ось «Y» - «MV.F_1150A.PV».

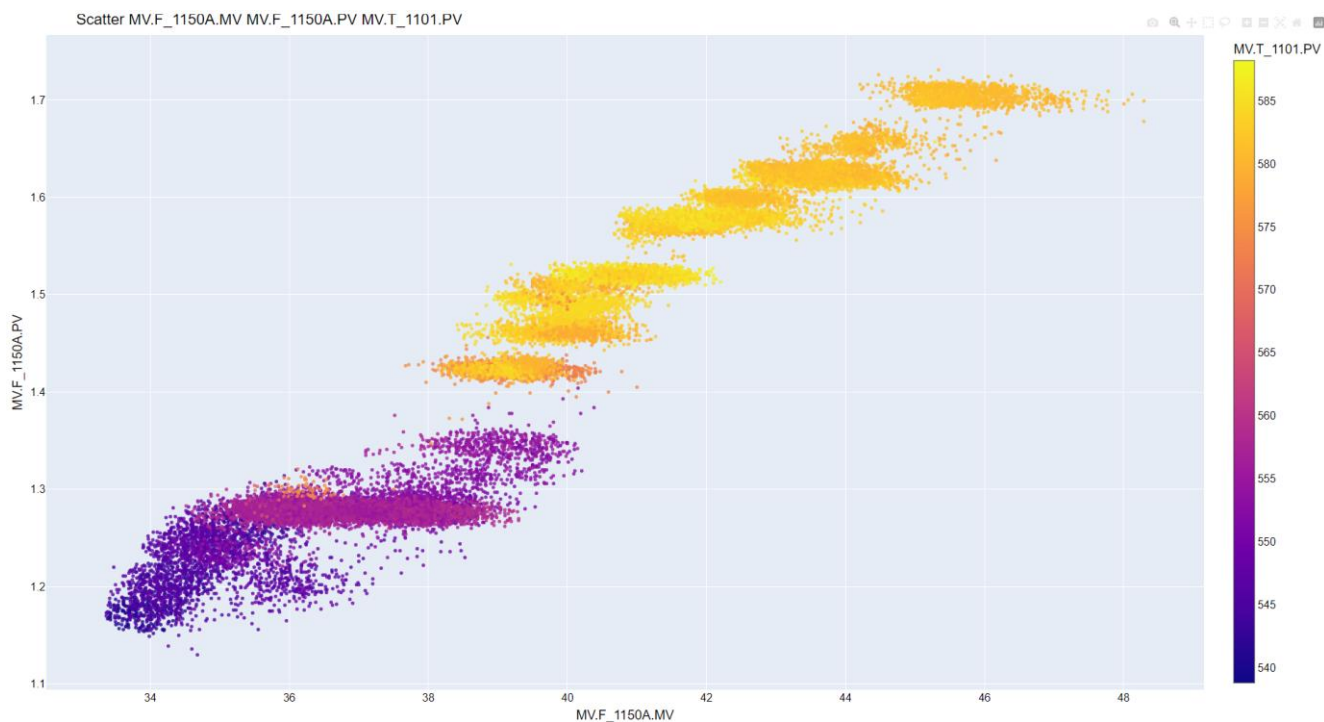


Рисунок 5.3 – Пример диаграммы рассеяния для 2 осей с тепловой шкалой

Настройки для графика, приведенного на рис. 5-3: на ось «X» добавлена переменная «MV.F_1150A.MV», на ось «Y» - «MV.F_1150A.PV», на ось «Тепловая карта (в режиме scatter)» - «MV.T_1101.PV».

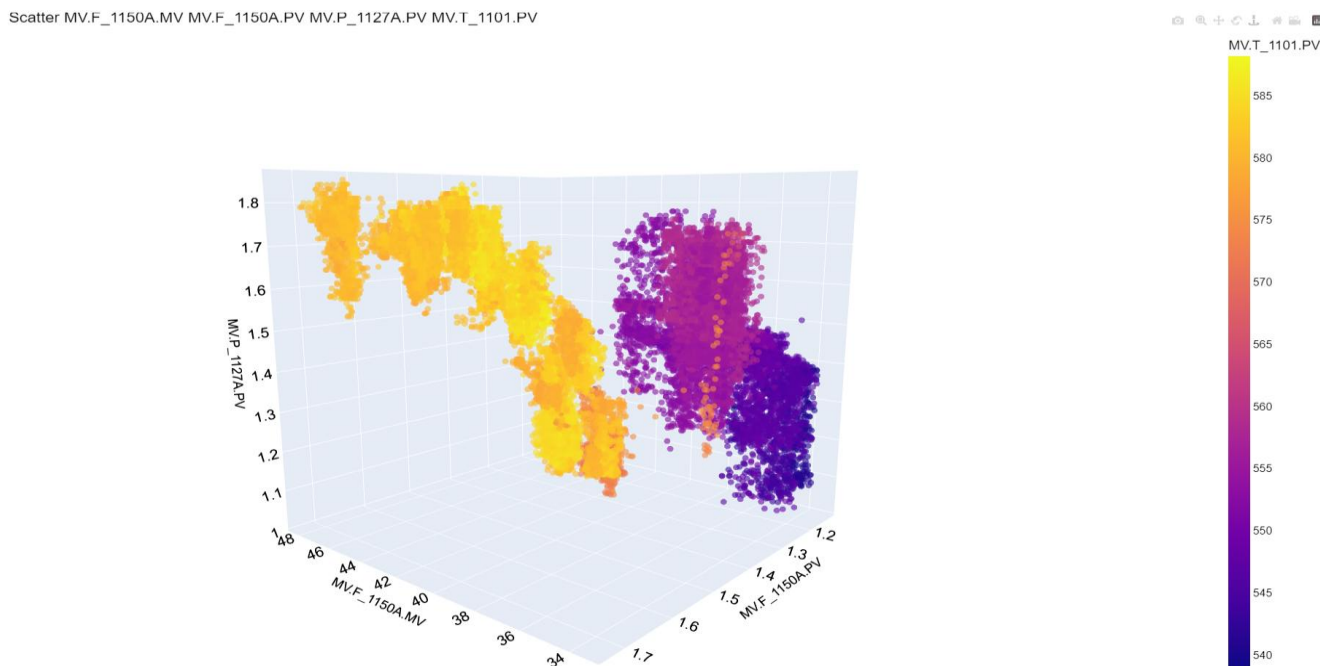


Рисунок 5.4 – Пример диаграммы рассеяния для 3 осей с тепловой шкалой

Настройки для графика, приведенного на рис. 5-4: на ось «X» добавлена переменная «MV.F_1150A.MV», на ось «Y» - «MV.F_1150A.PV», на ось «Z» - «MV.P_1127A.PV», на ось «Тепловая карта (в режиме scatter)» - «MV.T_1101.PV».

5.2 Линейный (временной) тренд и Линейный (временной) тренд 2

Отличие Линейного (временного) тренда и Линейного (временного) тренда 2 заключается в том, что первый вариант создаёт тренды для каждой переменной, выбранной на ось «Y», при этом если добавлены переменные на вспомогательную ось «Y2», то будут построены все пары трендов «Y1»/«Y2».

Примеры Трендов представлены на рисунках 5-5 и 5-6.

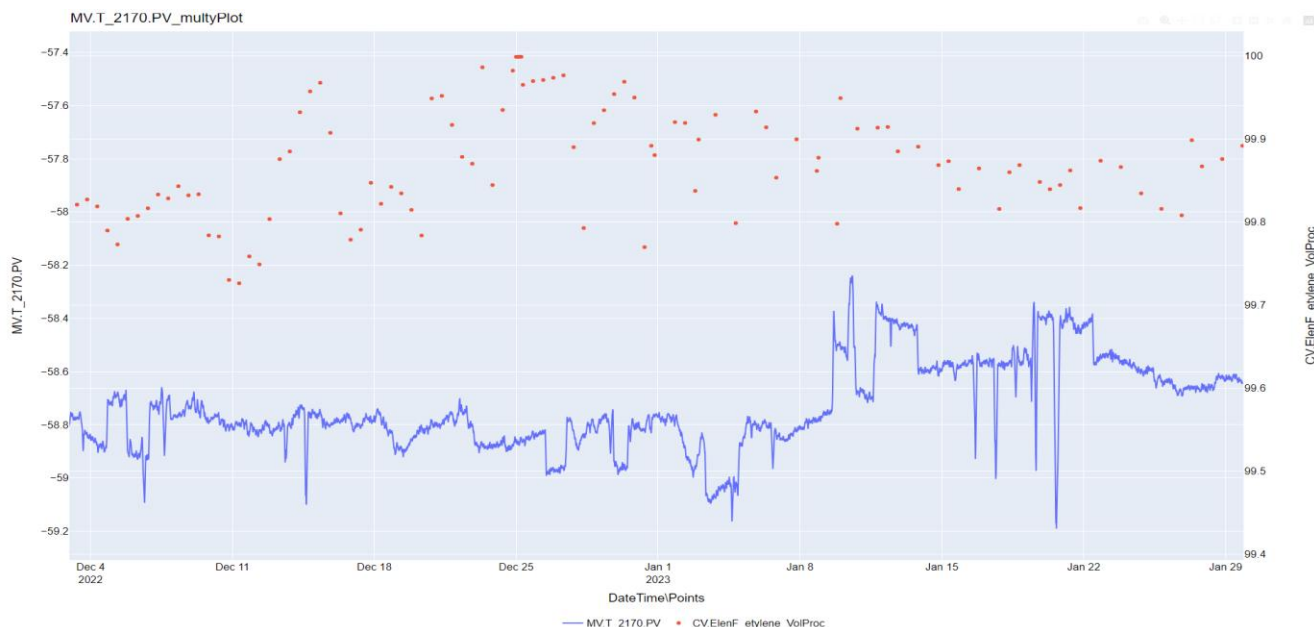


Рисунок 5.5 – Пример тренда для 2 переменных

Настройки для графика, приведенного на рис. 5-5: на ось «Y» добавлена переменная «MV.T_2170.PV», на ось «Y2» - «CV.ElenF_ethylene_VolProc». Режим отображения по оси «Y»: «Автовыбор», режим отображения по оси «Y2» - «Маркеры».



Рисунок 5.6 – Пример тренда для 3 переменных

Настройки для графика, приведенного на рис. 5-6: на ось «Y» добавлена переменная «MV.T_1101.PV», на ось «Y2» - «MV.P_1127A.PV» и «MV.F_1150APV». Режим отображения по осям «Y» и «Y2»: «Автовыбор».

5.3 Столбчатая диаграмма

При построении столбчатой диаграммы пользователю доступен выбор количества интервалов, на которые будут разбиты данные, либо ширина (размер) кармана, при этом, если не задан размер кармана (установлен равным 0), то будет использован параметр количества карманов, если размер кармана отличен от 0, то данные будут разбиты на n карманов заданной размерности.

При выборе опции «Все на одном графике» будет построена общая диаграмма, если опция не выбрана, для каждой переменной, выбранной на ось «Y», будет построен отдельный график.

При выборе опции «Статистика» на график будет добавлена статистика по переменным.

Пример диаграмм представлен на рисунке 5-7.

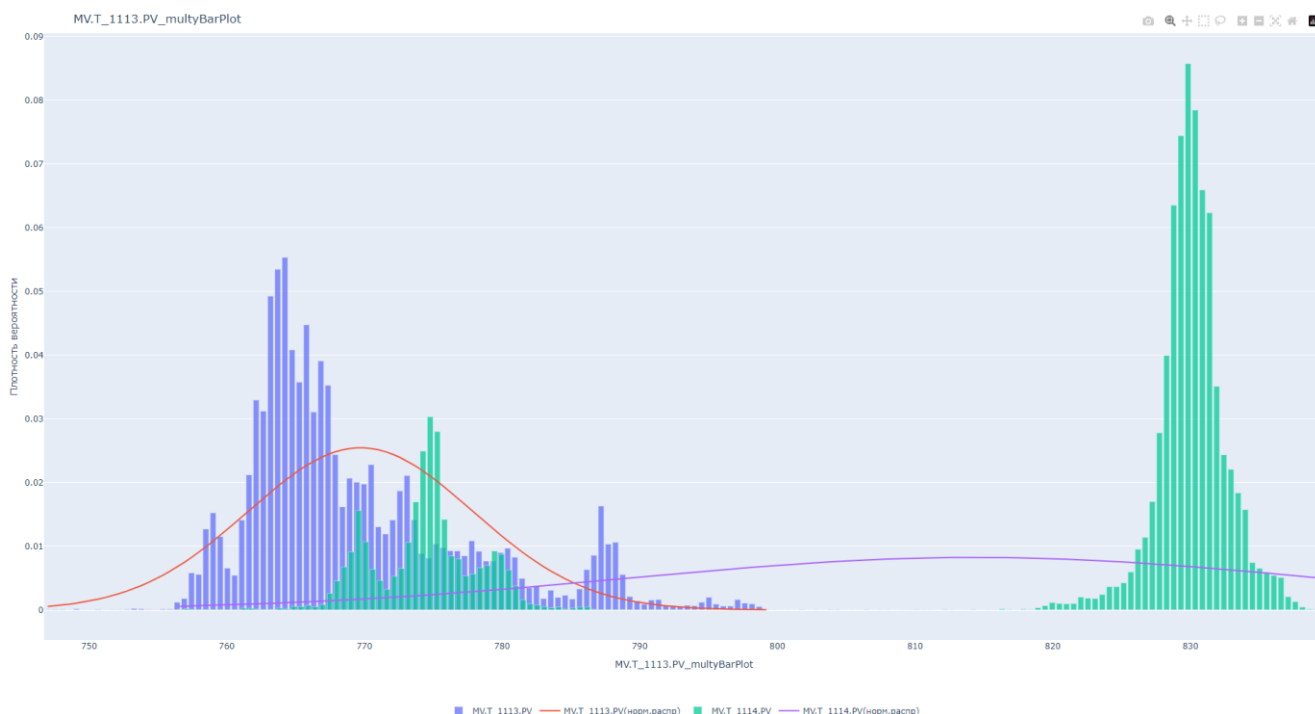


Рисунок 5.7 – Пример столбчатой диаграммы для 2 переменных

5.4 Авто и взаимно корреляционная функция

Для построения графика авто и взаимной корреляции пользователю необходимо выбрать переменные на оси «X» и «Y», при этом, если выбрано более одной переменной на каждой оси, будут построены графики для каждой пары «X» и «Y».

При построении графика, пользователю доступны следующие настройки:

- Максимальный сдвиг (параметр в интервалах времени набора данных, например, если загружены данные с интервалом времени 1 секунду, то максимальный сдвиг 600 будет эквивалентен временному интервалу [-10 мин.; +10 мин.]) – интервал для построения авто и взаимно-корреляционной функции;
- Шаг (в интервалах времени загруженного набора данных) – интервал времени на который будут сдвинуты относительно друг друга данных из наборов «X» «Y», итоговый сдвиг будет рассчитан как $\text{Шаг} \cdot dt$, где dt – дискретность загруженных данных;
- Исключить среднее: для исключения из анализа долгих переходных процессов иногда имеет смысл удаление скользящего среднего за сравнительно большой промежуток времени. Пользователь задаёт размер окна скользящего среднего (в минутах).

Пример графика представлен на рисунке 5-8.

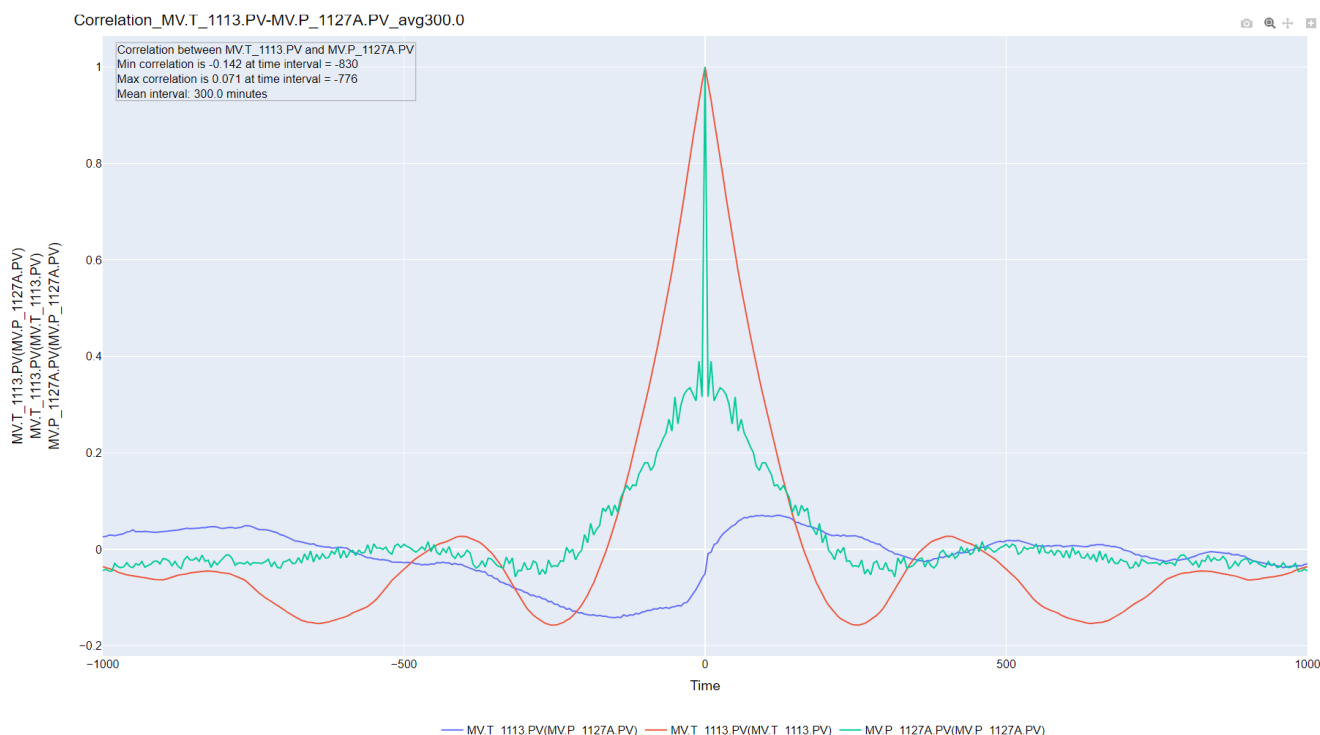


Рисунок 5.8 – Пример графика авто и взаимно корреляционных функций

6 РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

В разделе «Регрессия» представлен функционал, предназначенный для регрессионного анализа данных, загруженных в приложение, а также оценки полученных уравнений регрессии.

Интерфейс раздела представлен на рисунке 6-1.

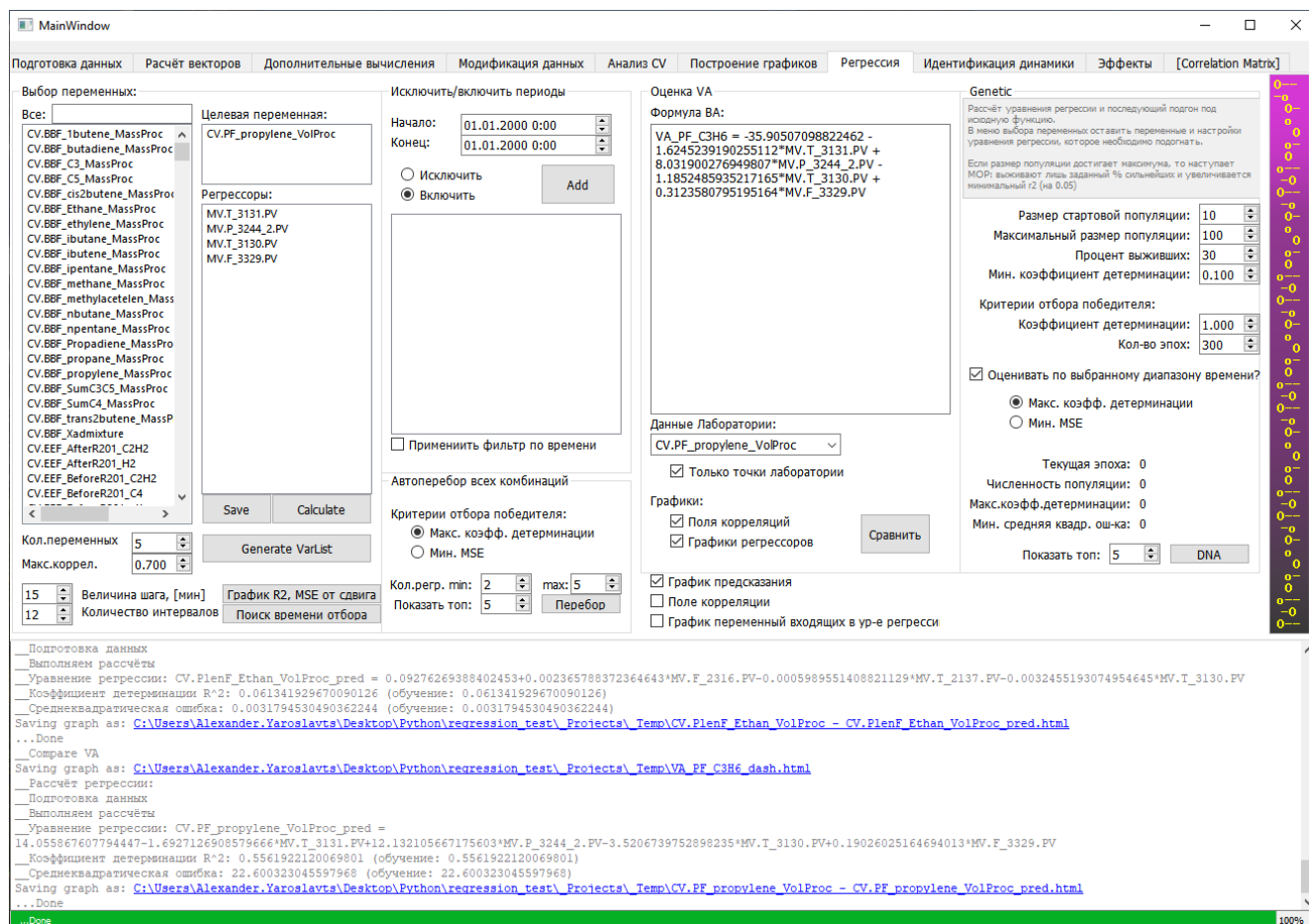


Рисунок 6.1 – Раздел «Регрессия»

6.1 Расчёт уравнений регрессии

Для расчёта уравнения регрессии, пользователю необходимо выбрать целевую переменную и задать набор регрессоров. Выбор целевой переменной осуществляется перетаскиванием переменной в соответствующее окно. Выбор регрессоров может быть осуществлён аналогичным образом, либо в автоматическом режиме при помощи функции «Generate VarList». Для данной функции доступны настройки максимального числа регрессоров и коэффициента корреляции между регрессорами, который необходим для исключения регрессоров с высокой взаимной корреляцией.

После выбора переменных выполняется расчёт регрессионного уравнения при нажатии кнопки «Calculate». Пример результирующего графика представлен на рисунке 6-2.

Для выбора временных диапазонов пользователь может воспользоваться подразделом «Исключить/включить периоды» и выбрать опцию «Применить фильтр по времени». Система, в зависимости от выбора «Исключить»/«Включить», либо вырежет данные из регрессионного анализа, либо выполнит расчёт уравнения регрессии только по данным, попадающим в заданные временные промежутки.

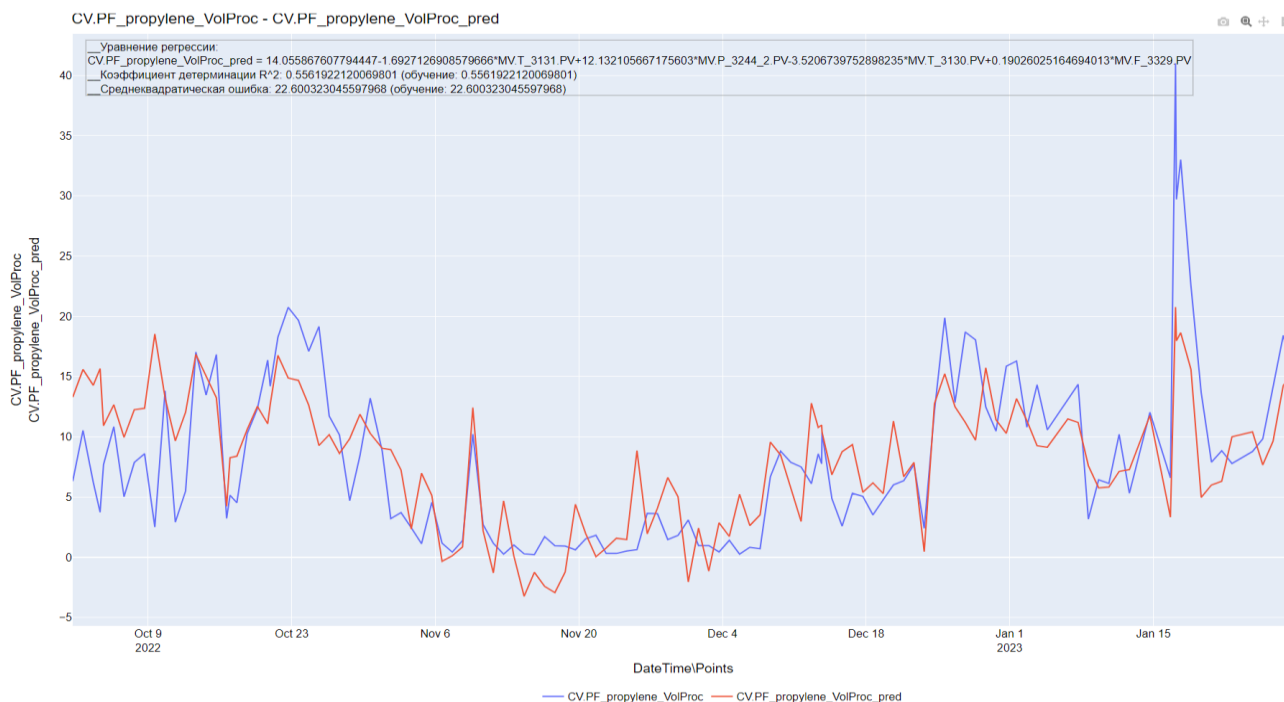


Рисунок 6.2 – Пример результата расчёта уравнения регрессии

При нажатии на кнопку «Save» программа сохранит выбранный набор переменных (целевая переменная + выбранные регрессоры) для импорта в стороннее приложение.

В приложении имеются вспомогательные функции для минимизации ошибки вызванной записью времени отбора в системах типа LIMS и реальным временем отбора пробы:

- 1) «График R2, MSE от сдвига» - при нажатии на данную кнопку, приложение выполняет расчёт уравнения регрессии заданное количество раз с выбранным пользователем интервалом (настройки «Величина шага» и «Количество интервалов» соответственно) и выводит график зависимости среднего квадрата ошибки (MSE) и величины коэффициента детерминации (R2) от времени сдвига. Пример графика представлен на рисунке 6-3. Исходя из данных, представленных на графике, пользователь может принять решение о величине сдвига данных целевой переменной;

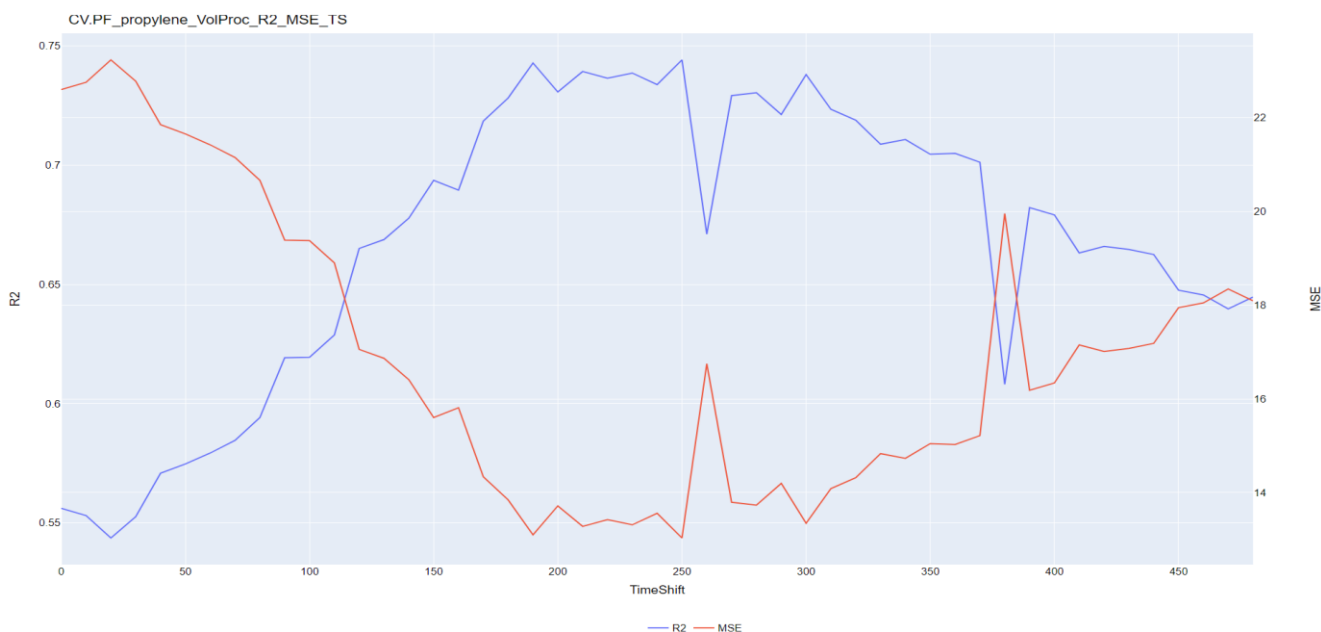


Рисунок 6.3 – Пример результата поиска зависимости R2 и MSE от сдвига

- 2) «Поиск времени отбора» - при нажатии на данную кнопку, приложение сдвигает каждую точку целевой переменной заданное количество раз с выбранным пользователем интервалом (настройки «Величина шага» и «Количество интервалов» соответственно), выбирает из данного набора результат с максимальным коэффициентом детерминации и использует его для дальнейшего поиска предполагаемого реального времени отбора. В результате расчётов создаётся новая переменная «Имя целевой переменной»_TS и выводятся графики сравнения результирующих регрессионных уравнений (см. рисунок 6-4) и график распределения сдвига в пространстве Значение R2, временной сдвиг, исходное время отбора. Также в консоль приложения выводится значение среднего сдвига данных целевой переменной (см. рисунок 6-5).

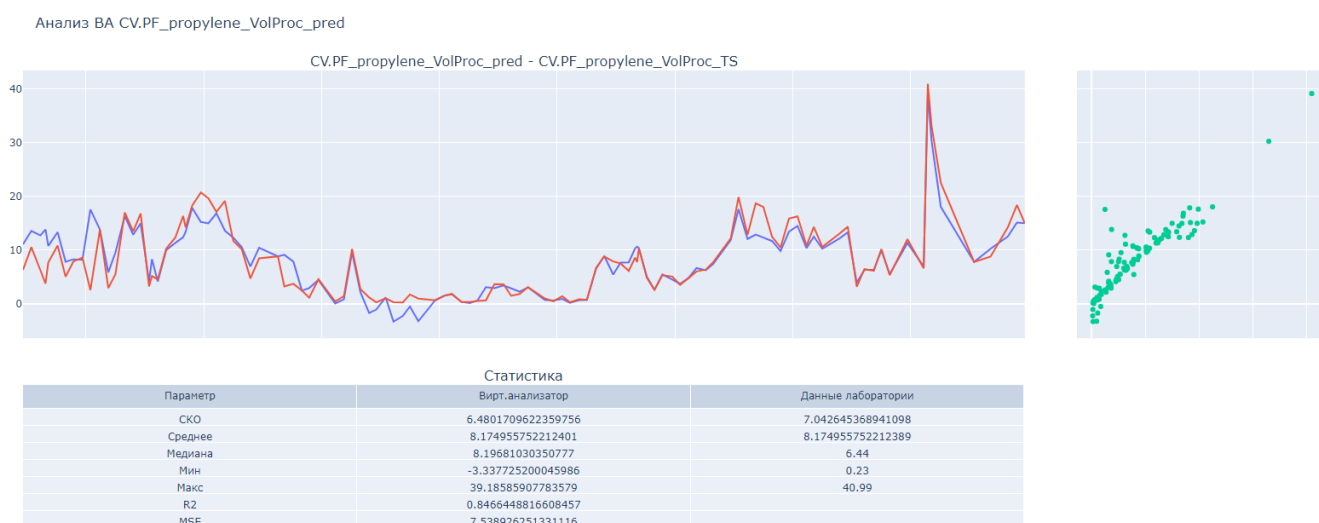


Рисунок 6.4 – Пример регрессионного уравнения полученного методом поиска времени отбора

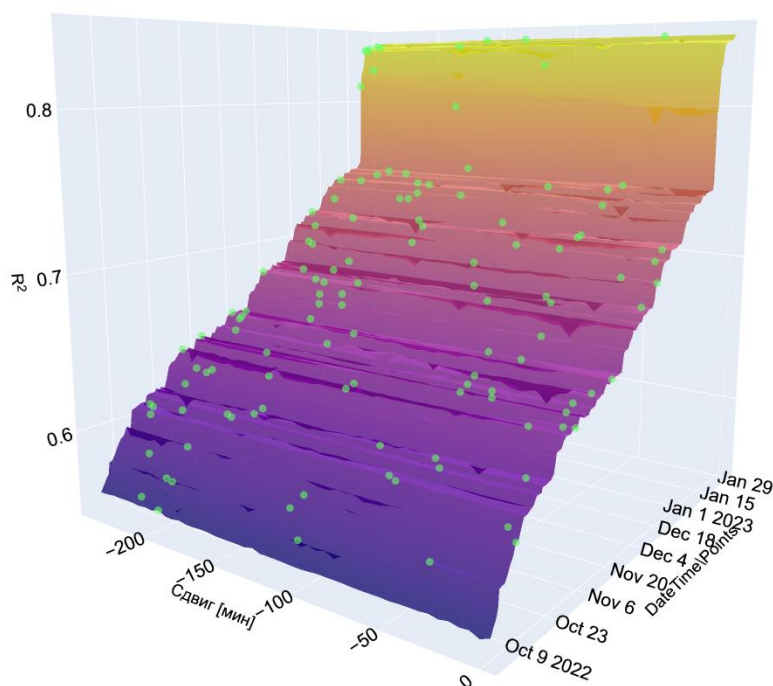


Рисунок 6.5 – График распределения сдвига в пространстве Значение R2, временной сдвиг, исходное время отбора (цветовая шкала – значение MSE)

Для поиска оптимального состава уравнения регрессии при большом количестве регрессоров, можно воспользоваться функцией «Перебор». У данной функции имеются настройки минимального и максимального количества регрессоров в итоговом уравнении, а также количество «победителей» и критерий отбора лучших вариантов (Максимальный коэффициент детерминации R^2 , либо минимум среднеквадратичной ошибки MSE). После нажатия на кнопку «Перебор» система выполнит расчёт всех возможных C_n^k комбинаций, выберет k лучших вариантов, результирующие уравнения регрессии и статистика по ним будут выведены в общий лог приложения, а также будет построен график-сравнение. Пример графика представлен на рисунке 6-6, вывода результатов на рисунке 6-7.

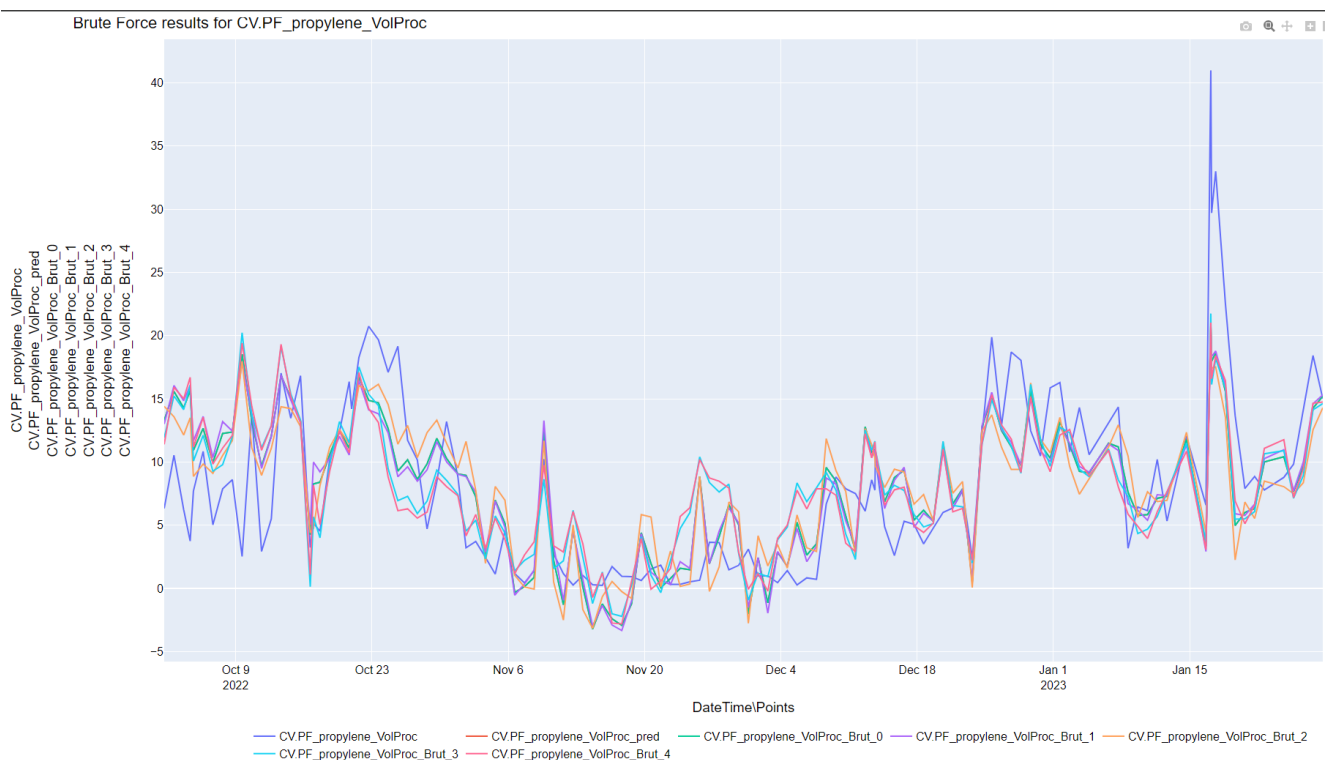


Рисунок 6.6 – Пример графика сравнения результатов функции автоматического перебора состава уравнения регрессии

```

Режим Brute Force:
_ Закончили перебор за 0 сек.
_ Выбираем максимальный коэффициент детерминации:
Top 5 winners:
_ Победитель # 1, маска 1111
_ формула: CV.PF_propylene_VolProc_pred =
14.055867607794312-1.6927126908579653*MV.T_3131.FV+12.132105667175638*MV.P_3244_2.FV-3.5206739752898275*MV.T_3130.FV+0.19026025164693908*MV.F_3329.FV
R^2: 0.5450037803769037
MSE: 22.600323045597964
_ Победитель # 2, маска 1110
_ формула: CV.PF_propylene_VolProc_pred = 15.6542611776173-1.7484864146985448*MV.T_3131.FV+15.050756733310171*MV.P_3244_2.FV-3.7354088150763154*MV.T_3130.FV
R^2: 0.5445003361816309
MSE: 22.815458672226416
_ Победитель # 3, маска 1011
_ формула: CV.PF_propylene_VolProc_pred = 41.551266079564385-2.0756150882651863*MV.T_3131.FV-1.7651805606126676*MV.T_3130.FV+0.6276715560364281*MV.F_3329.FV
R^2: 0.5077497657039
MSE: 24.656252834150877
_ Победитель # 4, маска 0111
...Done
  
```

Рисунок 6.7 – Пример вывода результатов перебора состава уравнения регрессии

Помимо классического подхода в приложении имеется экспериментальная функция случайного поиска оптимального уравнения регрессии методом генетических алгоритмов. Пользователю доступны настройки:

- Размер стартовой популяции – количество элементов в начальной выборке, все варианты получаются из стартового уравнения регрессии;

- Максимальный размер популяции – после операции кроссинговера может получиться большое количество экземпляров в популяции, данная настройка устанавливает какое количество лучших вариантов оставить;
- Процент выживших – процент экземпляров, которые остаются в конце каждого цикла (эпохи);
- Минимальный коэффициент детерминации – экземпляры, для которых результирующий коэффициент детерминации меньше заданного, будут исключаться из популяции.

Критерии завершения работы алгоритма:

- Коэффициент детерминации – параметр достиг заданного пользователем значения;
- Количество эпох – задача не решена на протяжении заданного количества эпох.

Критерий отбора лучших вариантов:

- Максимизация коэффициента детерминации;
- Минимизация среднеквадратичной ошибки.

6.2 Оценка уравнений регрессии

Для оценки ранее созданного уравнения регрессии и оценки влияния регрессоров в приложении имеется функция «Оценка VA».

Для сравнения требуется ввести формулу в виде, как показано на рисунке 6-8.

Оценка VA

Формула VA:

```

VA_PF_C3H6 = -35.90507098822462 -
1.6245239190255112*MV.T_3131.PV +
8.031900276949807*MV.P_3244_2.PV -
1.1852485935217165*MV.T_3130.PV +
0.3123580795195164*MV.F_3329.PV

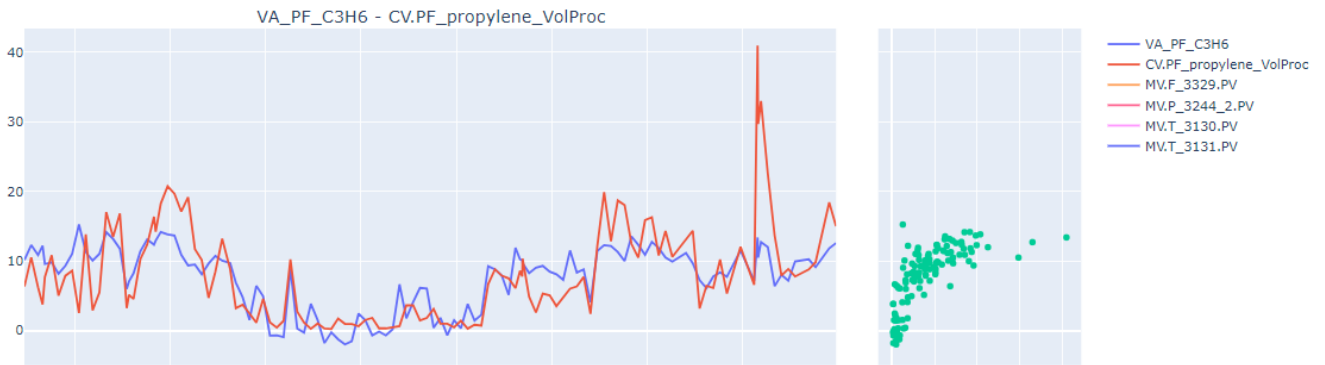
```

Рисунок 6.8 – Пример ввода формулы для оценки VA

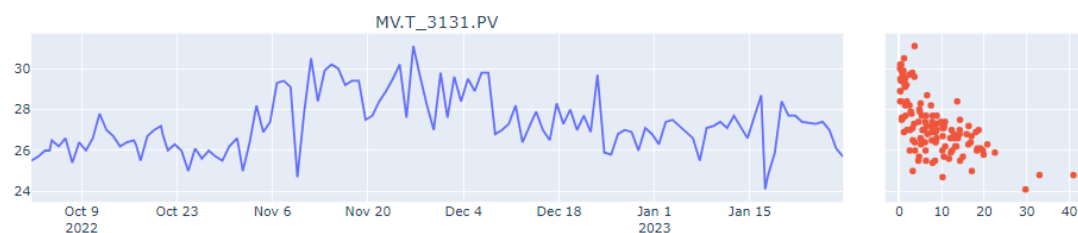
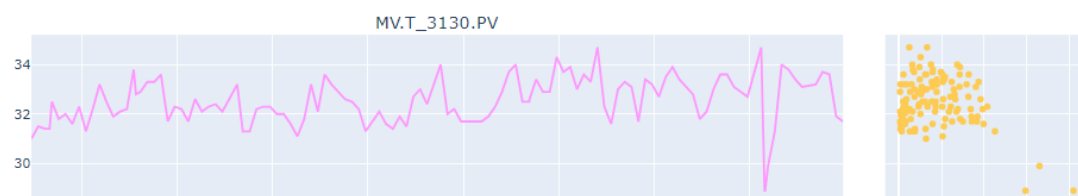
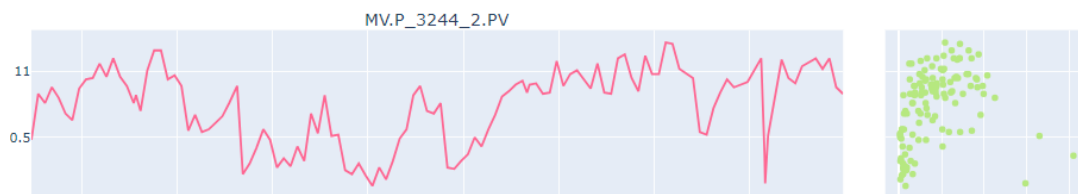
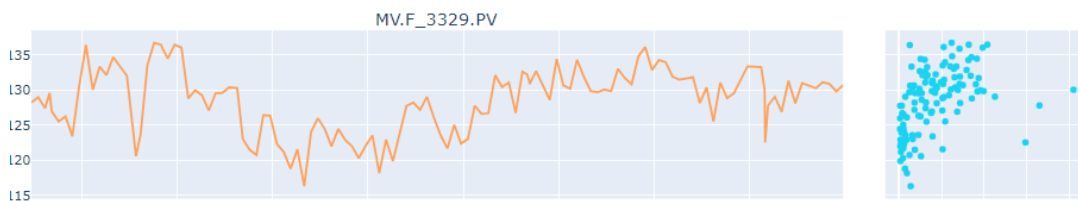
Также в поле «Данные Лаборатории» требуется выбрать загруженные данные лаборатории для сравнения. При выборе опции «Только точки лаборатории» будет построен график в котором будут присутствовать данные по всем переменным, входящим в уравнение регрессии. Если данная опция отключена, будет построен график уравнения регрессии по всем доступным точкам (график будет иметь большой размер, время построения увеличится).

Пример результатов сравнения представлен на рисунке 6-9.

Анализ ВА VA_PF_C3H6



Статистика		
Параметр	Вирт.анализатор	Данные лаборатории
СКО	4.553720355881033	7.16526908131139
Среднее	7.678061782357234	8.230975609756097
Медиана	9.028794546700055	6.59
Мин	-1.98888631018864	0.23
Макс	15.243027958560866	40.99
R2	0.4926353758599991	
MSE	26.366787801941232	



Корреляция параметров	
Параметр	Кэфф.корреляции
MV.F_3329.PV	0.4660526640133121
MV.P_3244_2.PV	0.32669960971637957
MV.T_3130.PV	-0.26741456739477754
MV.T_3131.PV	-0.6419266980666345

Рисунок 6.9 – Пример результата оценки ВА.

7 ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИКИ

В разделе «Идентификация динамики» представлен функционал, построения математической модели, описывающей поведение системы во времени, на основе экспериментальных данных.

В данном разделе доступны вкладки:

- «Анализ динамики» - получение моделей, построение графиков;
- «Контроллер СУУТП» - создание модели контролера СУУТП, экспорт в iXyber Runner.

7.1 Анализ динамики

На вкладке «Анализ динамики» представлен функционал, предназначенный для получения передаточных функций объекта по историческим данным. Интерфейс раздела представлен на рисунке 7-1.

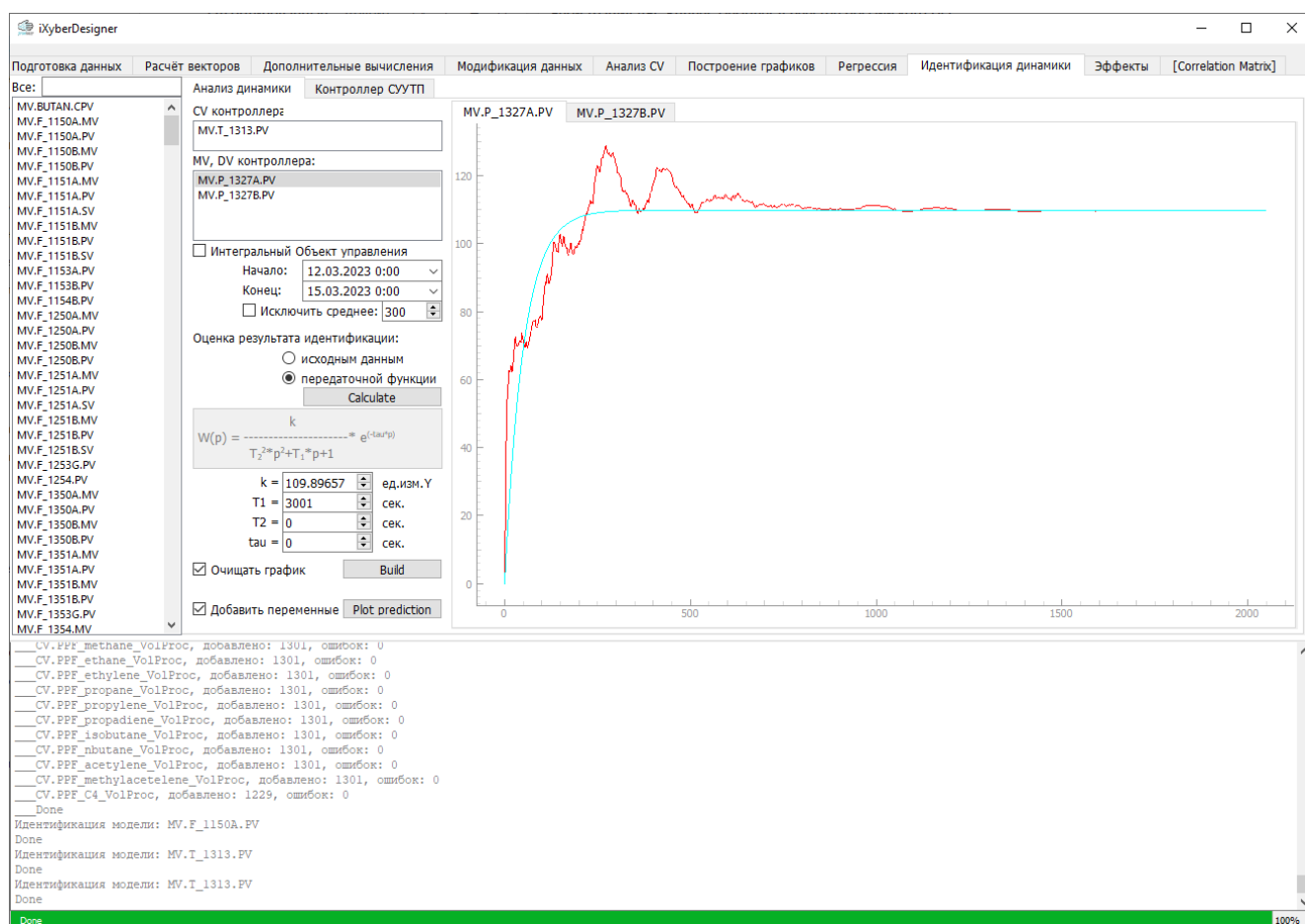


Рисунок 7.1 – Интерфейс раздела «Идентификация динамики. Анализ динамики»

Для идентификации необходимо переместить целевую переменную на поле «CV контроллера», а на поле «MV, DV контроллера» переместить набор MV и DV соответственно. При идентификации интегрального объекта (например уровень) следует выбирать опцию «Интегральный объект управления».

При идентификации объекта следует помнить, что требуется задать временной диапазон для идентификации.

Для исключения влияния «долгих» переходных процессов имеется функция «Исключить среднее», исключающая скользящее среднее за заданное число минут.

При идентификации объекта пользователю доступны опции расчёта параметров аппроксимирующего динамического звена:

- По «передаточной функции»: при выборе данной опции алгоритм подбирает параметры аппроксимирующего звена минимизируя метрику MSE между откликом аппроксимирующего звена и реальной ПФ объекта, полученной частотным методом оценки авто и взаимных корреляционных функций;
- По «исходным данным»: при выборе данной опции алгоритм подбирает параметры аппроксимирующего звена минимизируя метрику MSE между откликом модели (прогнозом модели) и реальными историческими данными идентифицируемого параметра.

После нажатии кнопки «Calculate» происходит расчёт реальной передаточной функции и аппроксимация по одному из алгоритмов, упомянутых выше. Результат расчёта представлен в виде графика в правой части приложения и в качестве параметров ПФ в виде коэффициентов k , $T1$, $T2$, τ .

Для корректировки полученных результатов, следует изменить коэффициенты k , $T1$, $T2$, τ и применить изменения, нажав клавишу «Build».

Для оценки точности модели в приложении реализована опция «Plot Prediction». Пример оценки приведен на рисунке 7-2.



Рисунок 7.2 – Пример графика «Plot Prediction»

7.2 Контроллер СУУТП

На данной вкладке представлен функционал для построения матрицы контроллера СУУТП для его последующего экспорта в среду выполнения – iXyber Runner. Интерфейс представлен на рисунке Рисунок 7.3.

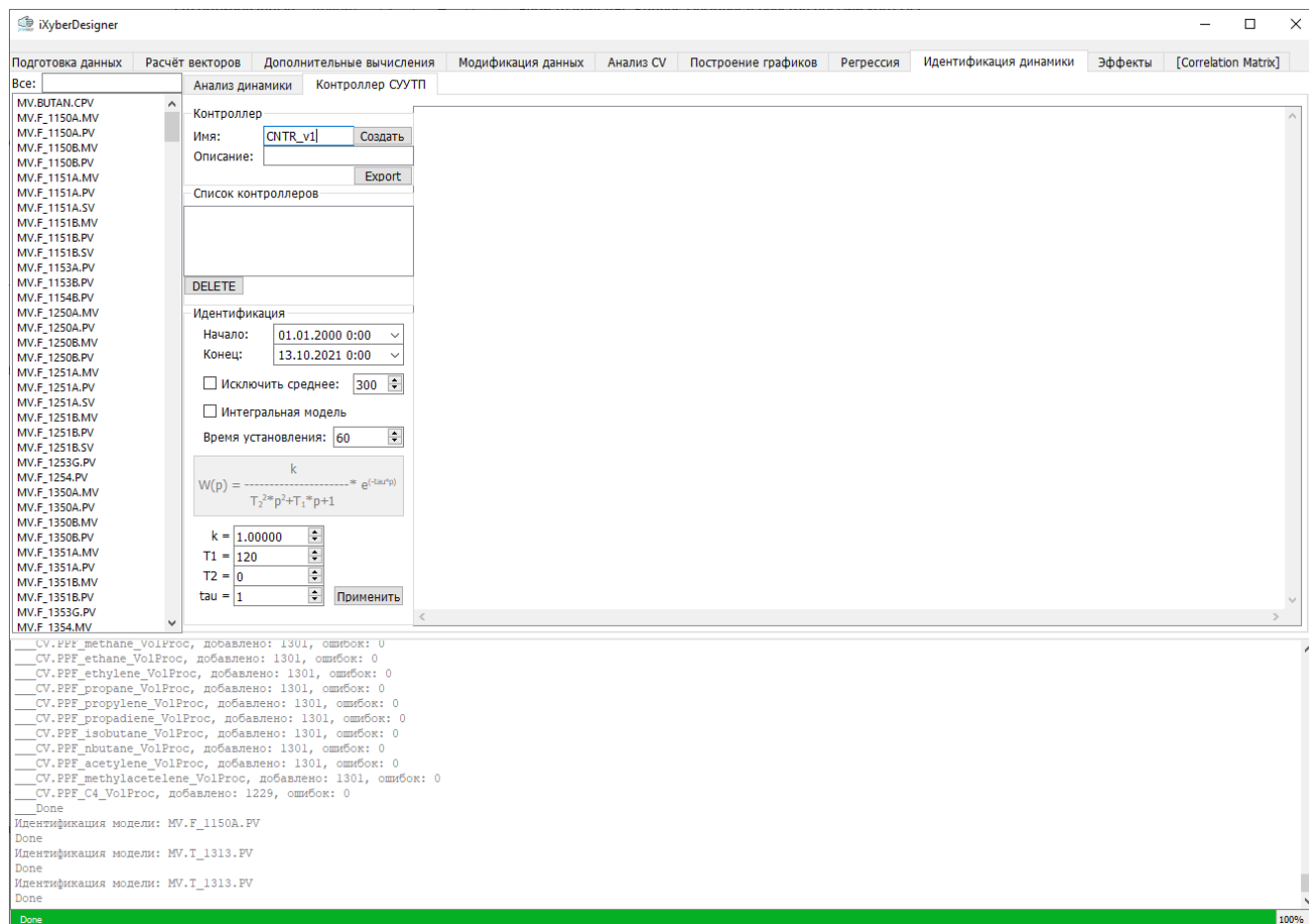


Рисунок 7.3 – Интерфейс раздела «Идентификация динамики. Контроллер СУУТП»

Для начала работы требуется в поле «Имя:» ввести название контроллера. В названии можно использовать буквы английского алфавита, арабские цифры и знак «_». Также пользователь может добавить описание контроллера. После нажатия на кнопку «создать» контроллер СУУТП будет создан, индикатором успешного завершения операции создания контроллера будет соответствующая запись в лог («Контроллер «ИМЯ_КОНТРОЛЛЕРА» создан») и появление имени контроллера в списке контроллеров.

Для переключения между контроллерами необходимо дважды нажать на инетесующий контроллер в меню «Список контролеров», при этом программа выдаст предупреждение об изменении активного контроллера.

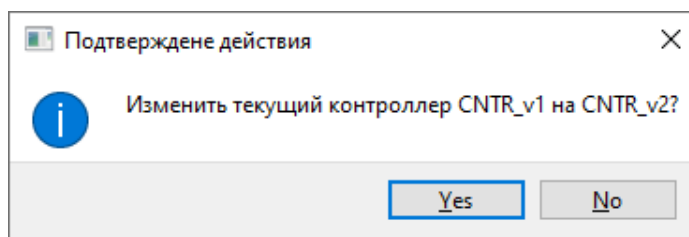


Рисунок 7.4 – Изменение активного контроллера

Для создания матрицы контроллера требуется перетащить переменную на рабочую область в правой части вкладки. При перетаскивании появится модальное окно выбора типа переменной, на котором требуется выбрать один из трех вариантов: CV, MV или DV.

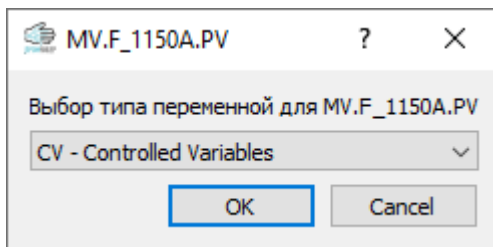


Рисунок 7.5 – Выбор типа переменной

После выбора необходимых переменных, требуется задать условия для идентификации:

- Задать временной диапазон для идентификации;
- При необходимости включить опции «Исключить среднее» и «Интегральная модель»;
- Задать границу «Время установления» в минутах;

и в рабочей области (на матрице контроллера) нажать «Применить» из контекстного меню ячейки (см. Рисунок 7.6).

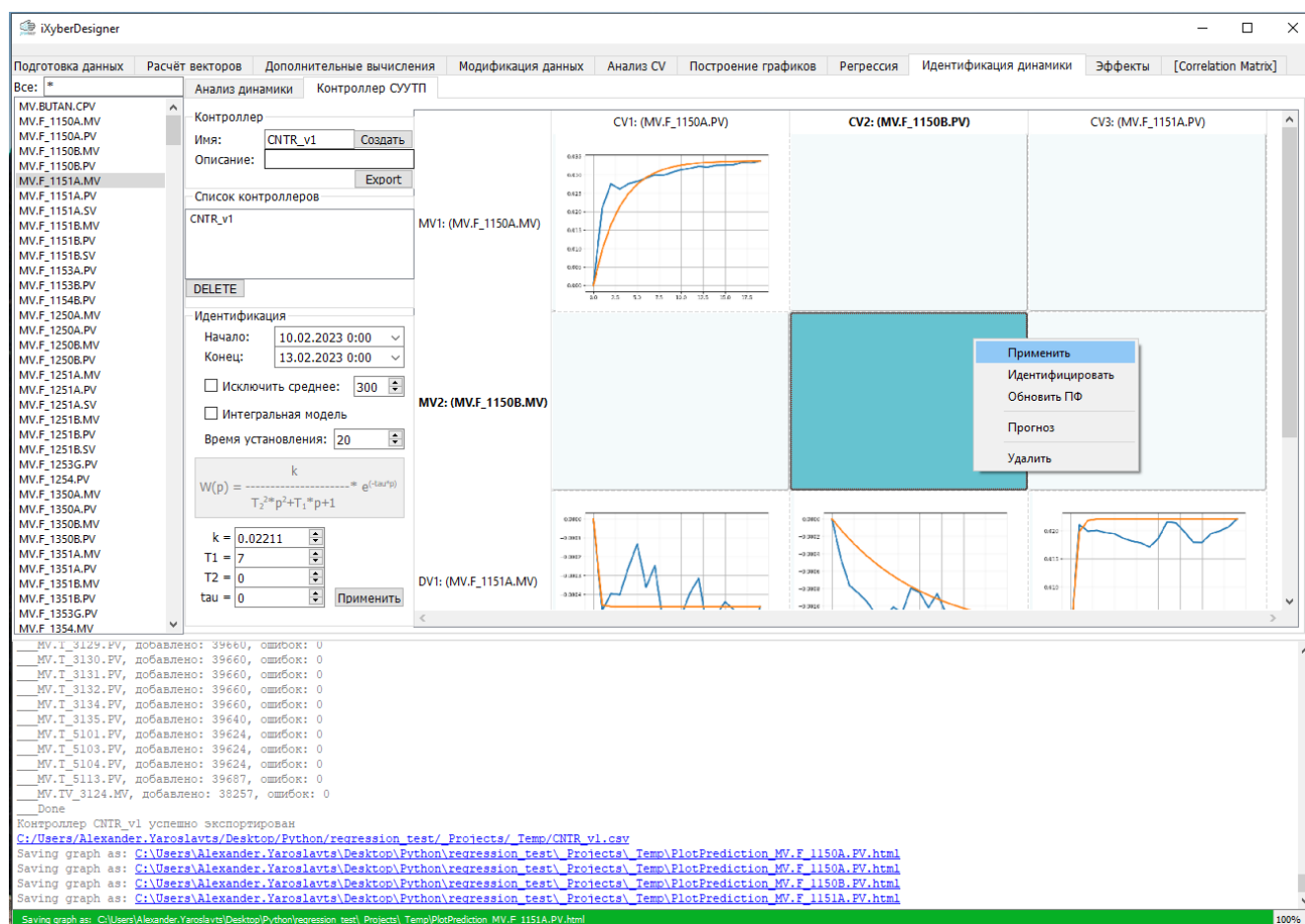


Рисунок 7.6 – Интерфейс раздела «Идентификация динамики. Контроллер СУУТП»

Также в контекстном меню ячейки доступны следующие опции:

- «Применить» - создает объект для идентификации с заданными параметрами;
- «Идентифицировать» - идентификация передаточной функции объекта;
- «Обновить ПФ» - перерасчёт передаточной функции без расчёта реальной ПФ объекта, например при изменении времени установления;
- «Прогноз» - построения графика прогноза по полученной ПФ;
- «Удалить» - удаление выбранной ячейки (связи CV -> MV/DV).

Контекстное меню столбца (CV):

- «Идентифицировать столбец» - идентификация передаточных функций для активных ячеек столбца (все пересечения текущей CV с параметрами MV и DV). При данном варианте учитываются взаимные влияния переменных, временные диапазоны должны пересекаться;
- «Обновить ПФ столбца» - перерасчёт передаточных функций без расчёта реальных ПФ объекта, например при изменении времени установления;
- «Прогноз» - построения графика прогноза для выбранной CV;
- «Влево» - перемещение CV влево по матрице контроллера;
- «Вправо» - перемещение CV вправо по матрице контроллера;
- «Удалить столбец» - удаление CV.

Контекстное меню строки (MV/DV):

- «Изменить тип переменной» - Изменение типа переменной с MV на DV и наоборот;
- «Идентифицировать строку» - идентификация передаточных функций для активных ячеек строки (все пересечения с параметрами CV);
- «Обновить ПФ строки» - перерасчёт передаточных функций без расчёта реальных ПФ объекта, например при изменении времени установления;
- «Прогноз» - построения графиков прогнозов для каждого пересечения с CV;
- «Вверх» - перемещение строки вверх по матрице контроллера;
- «Вниз» - перемещение строки вниз по матрице контроллера;
- «Удалить строку» - удаление выбранной строки MV/DV из контроллера.

Для экспорта текущего контроллера в систему iXuber Runner требуется нажать на кнопку «Export» и указать путь сохранения файла-экспорта.

8 ЭФФЕКТЫ

В разделе «Эффекты» представлен функционал, предназначенный для оценки эффектов, достигнутых при использовании СУУТП. Интерфейс раздела представлен на рисунке 8-1.

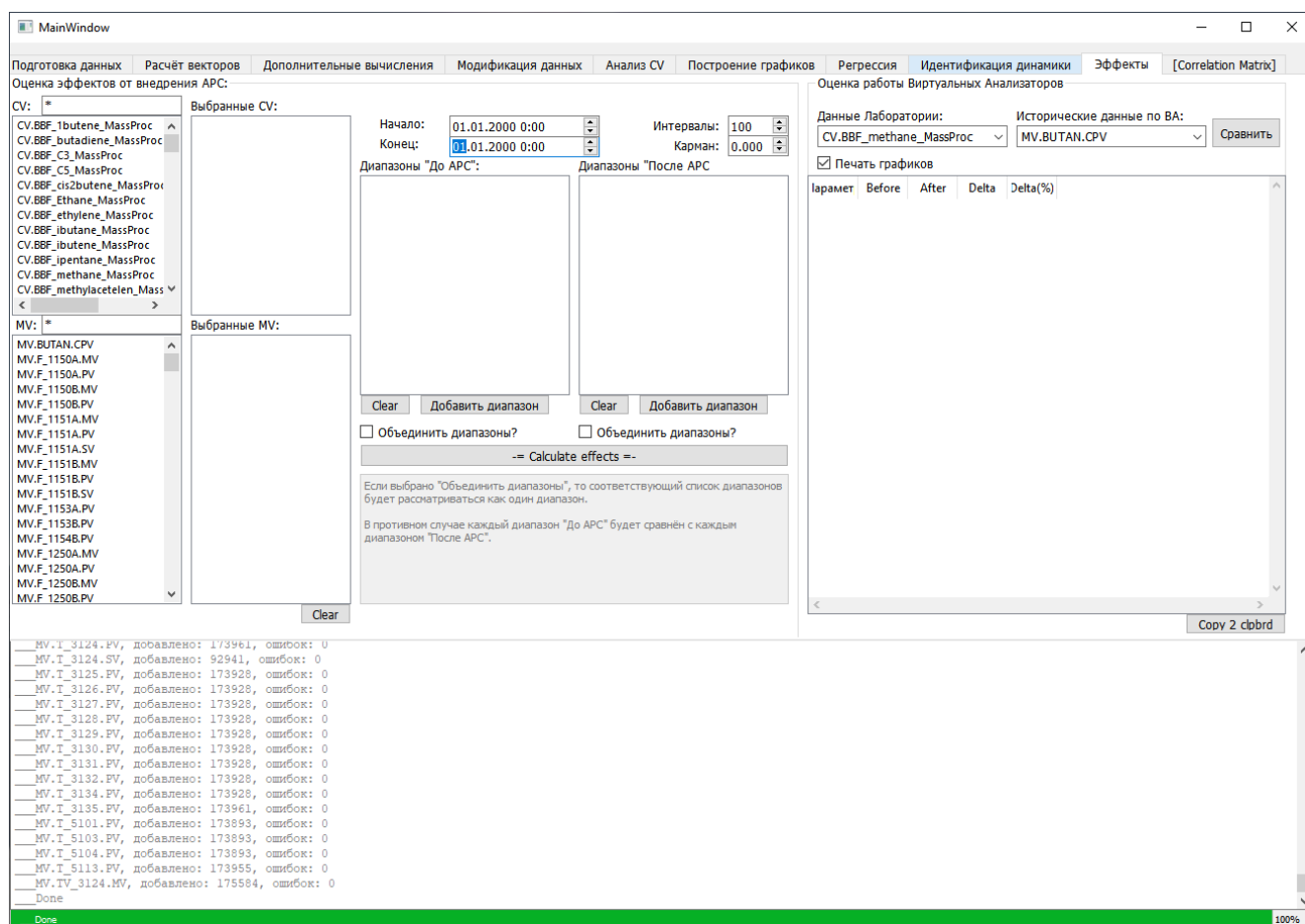


Рисунок 8.1 – Интерфейс раздела «Эффекты»

8.1 Оценка эффектов по выбранным переменным

Для оценки изменений по выбранным переменным (CV, MV). Необходимо перетащить переменные в соответствующие списки «Выбранные CV» / «Выбранные MV» и определить наборы переменных, соответствующие базовому («Диапазоны до APC») и отчётному периода («Диапазоны после APC»). При выборе опции «Объединить диапазоны?» приложение работает с выбранными диапазонами как с единым массивом данных, если опция не выбрана, каждый диапазон из списка будет сравниваться отдельно.

После нажатия кнопки «Calculate effects» происходит расчёт статистических характеристик переменных на диапазонах базового и отчётного периода и строится график – распределение. Результаты расчёта добавляются в таблицу в правой части окна. Пример таблицы приведён в таблице 8-1, пример графика на рисунке 8-2.

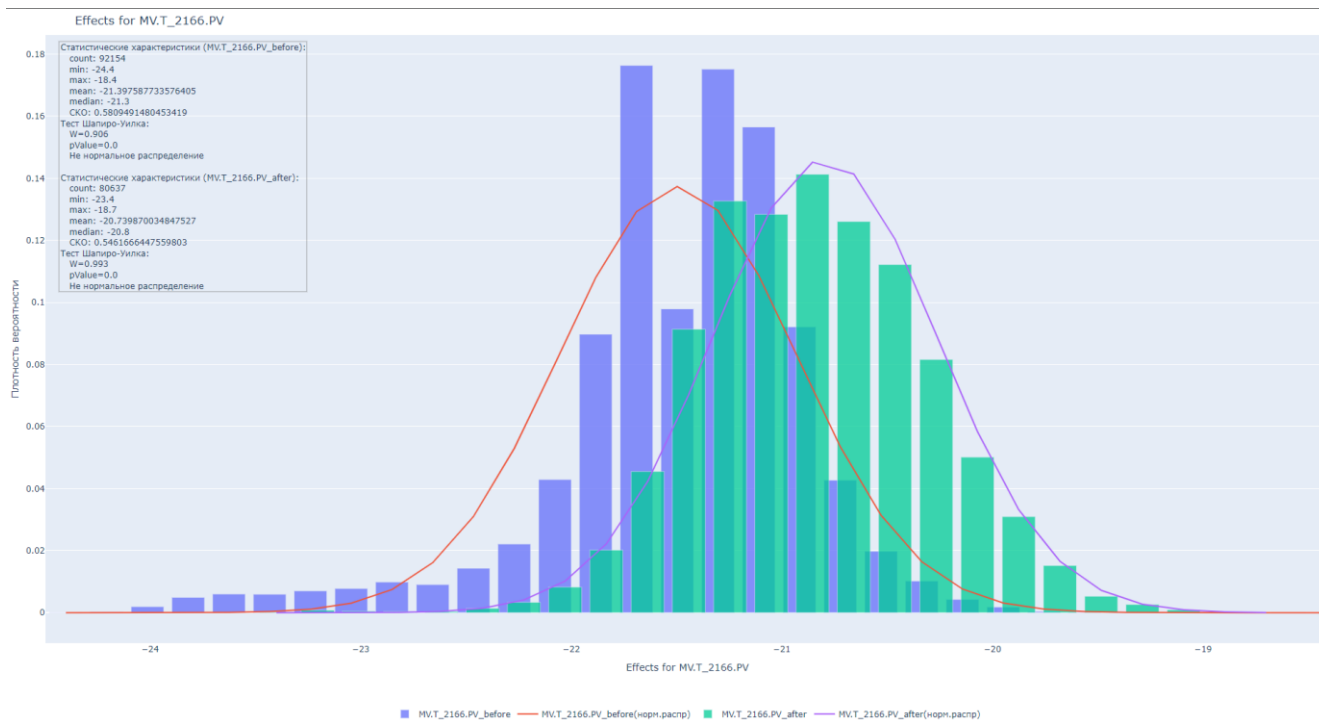


Рисунок 8.2 – Пример графического сравнения БП и ОП

Таблица 8.1 – Пример оценки достигнутого эффекта

T_2166_PV				
Диапазон	2022-10-01 00:00:00 2022-12-04 00:00:00	2022-12-04 00:00:00 2023-01-29 00:00:00	Delta	Delta(%)
Кол-во	92154	80637		
Мин	-24.4	-23.4	1	-4.098
Макс	-18.4	-18.7	-0.3	1.63
Среднее	-21.398	-20.74	0.658	-3.074
Медиана	-21.3	-20.8	0.5	-2.347
СКО	0.581	0.546	-0.035	-5.987
t критерий	181.878			
t критерий (крит)	1.282			
Проверка на значимость	Статистически значимо			
Коэффициент значимости	0.653			

8.2 Оценка эффектов по ВА и сравнение с ЛА

Для оценки изменений по выбранному показателю качества (ЛА – лабораторный анализ) и сравнению виртуального анализатора (ВА) в базовый и отчётный периоды (БП и ОП соответственно).

Для выполнения расчёта необходимо в поле «Данные Лаборатории» выбрать переменную ЛА, а в поле «Исторические данные по ВА» - результат расчёта ВА. В случае если исторические данные по ВА отсутствуют, можно создать расчётную переменную на вкладке «Расчёт векторов».

После нажатия кнопки «Сравнить» происходит расчёт статистических характеристик переменных на диапазонах базового и отчётного периода и строится график – распределение для ВА и ЛА в БП и ОП. Результаты расчёта добавляются в таблицу в правой части окна. Пример таблицы приведён в таблице 8-2, примеры графиков на рисунках 8-3 и 8-4.

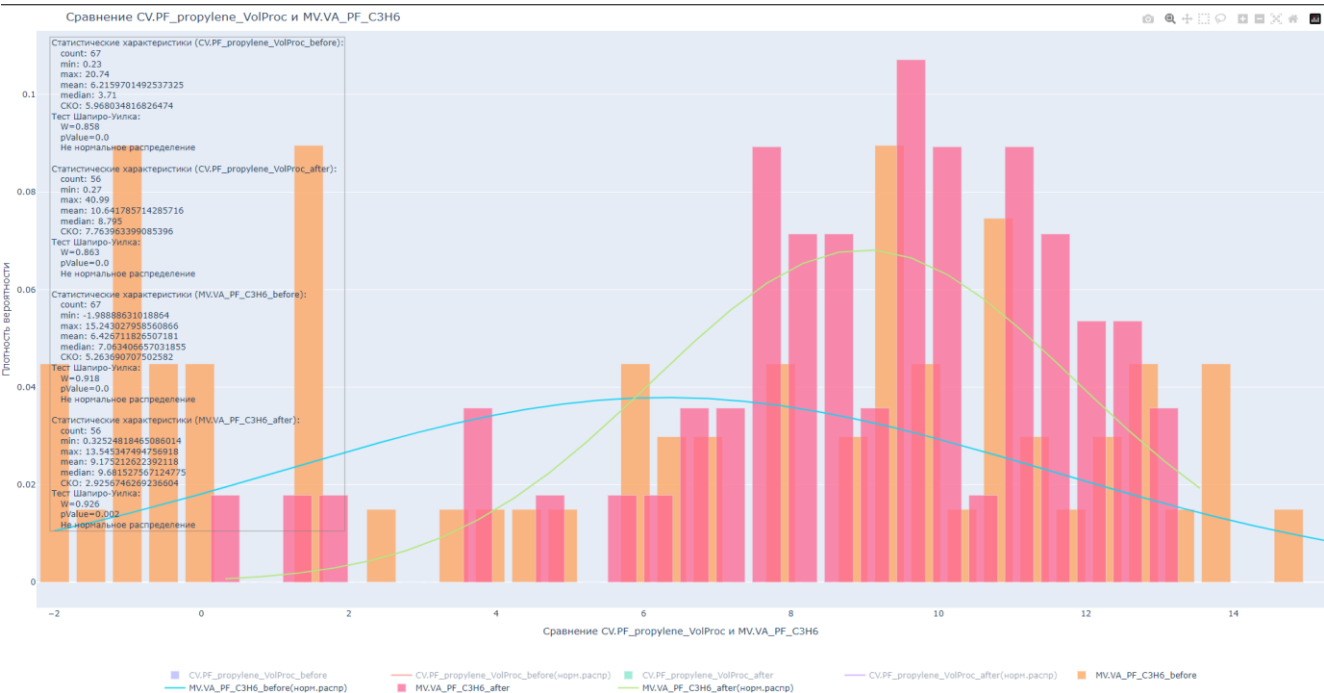


Таблица 8.2 – Пример сравнения ВА и ЛА в БП и ОП

T_2166_PV				
Диапазон	01.10.2022 0:00 04.12.2022 0:00	04.12.2022 0:00 29.01.2023 0:00	Delta	Delta(%)
Count:				
MV.VA_PF_C3H6	92154	80636		
CV.PF_propylene_VolProc	67	56		
Среднее:				
MV.VA_PF_C3H6	6.054302207	9.037640592	-2.983338	49.276337
CV.PF_propylene_VolProc	6.215970149	10.64178571	-4.425816	71.200721
СКО:				
MV.VA_PF_C3H6	5.343934222	3.332495032	2.0114392	37.63967
CV.PF_propylene_VolProc	5.968034817	7.763963399	-1.795929	30.092462
Средняя абс.ошибка:	2.919684361	3.928759542	-1.009075	0.256843
Средняя отн.ошибка:	145.4256364	66.71712198	78.708515	0.541229
R^2:	0.60608507	0.419118082	0.186967	0.308483