



КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

**РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ, НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ
И ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ МЕТОДАМИ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

ООО «КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ»

<http://www.spcontur.com/>

info@spcontur.ru

Особенности объектов управления нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств

- **Многосвязность технологических переменных**
- **Множество ограничений**
 - *Параметры технологического режима*
 - *Качество получаемых продуктов*
 - *Параметры оборудования*
 - *Характеристики технологических сред*
- **Неизмеряемые на потоке параметры**
 - *Показатели качества получаемых продуктов*
 - *Изменение состава сырья*
 - *Активность катализатора*
- **Сложность оперативной оптимизации**
 - *Консервативный подход*
 - *Изменение производственных заданий*
 - *Изменение загрузки*



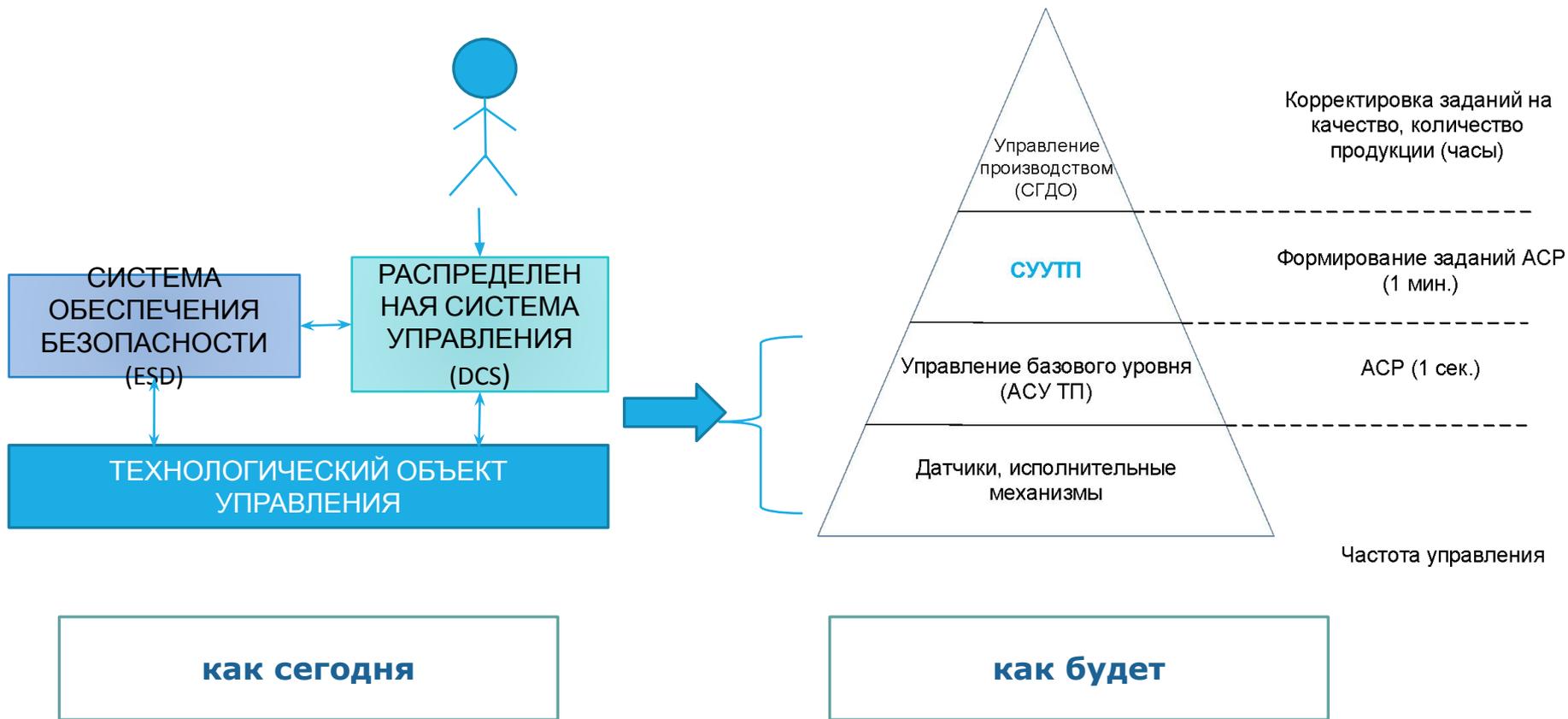
Задача повышения эффективности управления

Применение СУУТП (Система усовершенствованного управления технологическим процессом), интегрированные с АСУТП.

Улучшение (оптимизация) качества процессов управления в смысле технико-экономических показателей производства (показатели качества получаемых продуктов, энергоресурсов).



Структурная схема формирования управлений



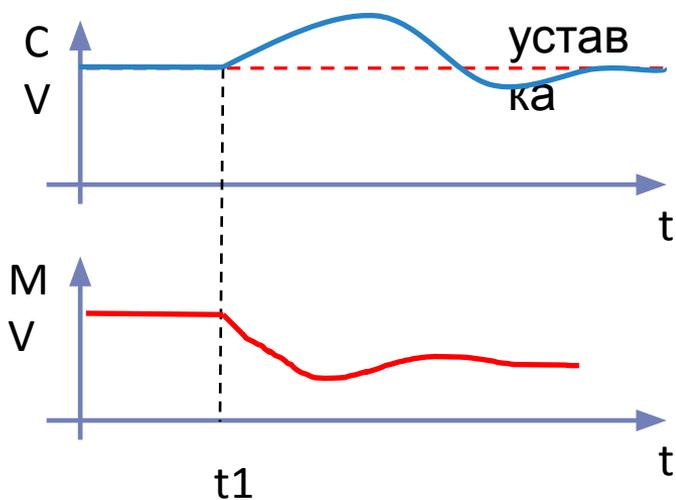
Преимущества относительного одноконтурного ПИД-регулирования

ПИД – регулятор

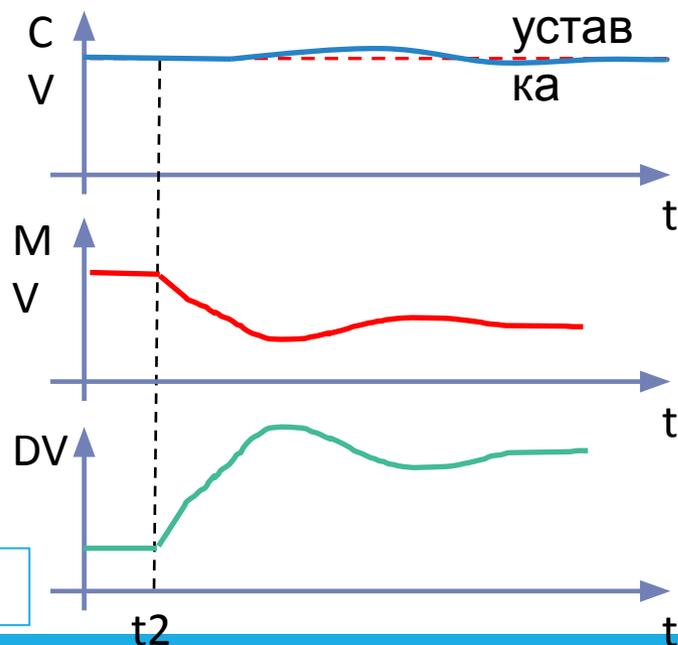
- Управление по отклонению регулируемого параметра
- Расчет управления только учетом одной регулируемой переменной
- Одноконтурные схемы

МРС управление

- Прогноз контролируемой переменной и расчет управления с учетом возмущений
- Расчет управления с учетом обеспечения ограничений нескольких регулируемых переменных
- Многосвязные системы



$t_1 > t_2$



Источник повышения эффективности усовершенствованном управлении



1. Снижение СКО показателя (значения контролируемых параметров режима).
2. Смещение среднего значения показателя к значениям ограничений, т.е. уменьшение запаса на качество.

Стратегии расчета управления

- **Максимизация выхода высокомаржинального продукта.**

Максимизация выработки заданного продукта за счет минимизации запаса по качеству за счет минимизации неприоритетного (в паре)

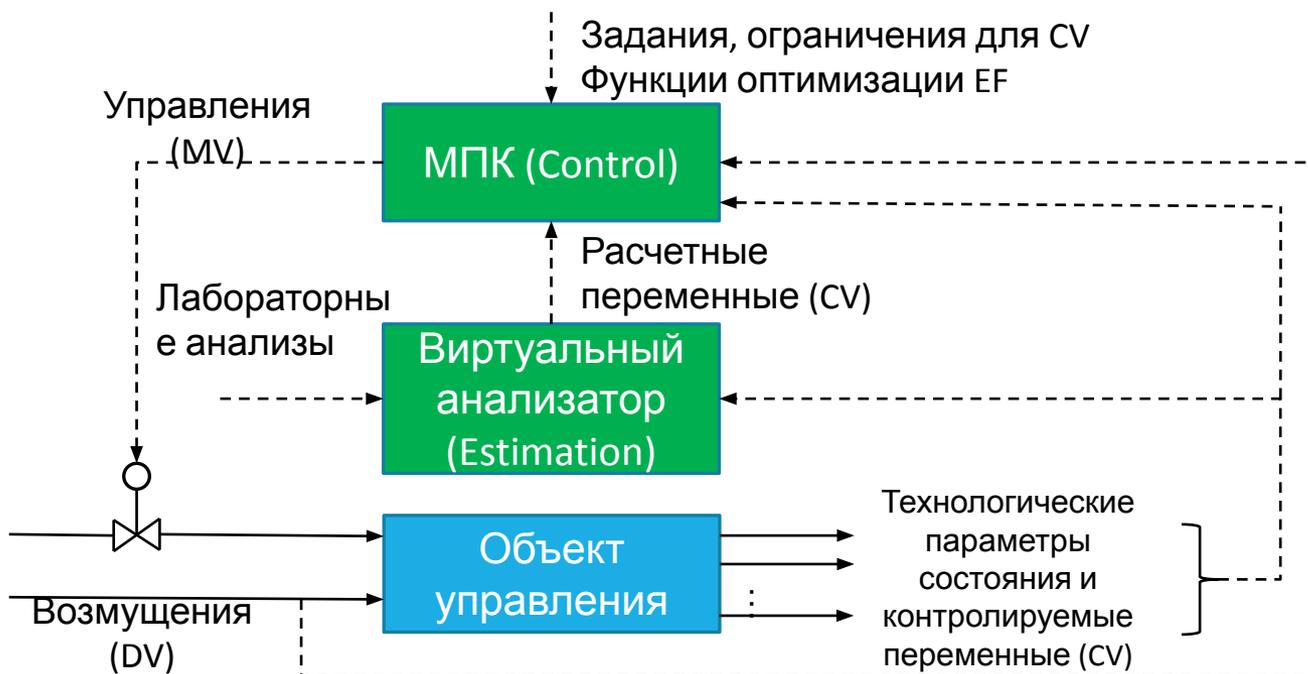
- **Улучшение качественных показателей.**

Максимизация определенных ПК получаемых продуктов при выполнении ограничений на объем производства.

- **Минимизация потребления энергоресурсов.**

Минимизация удельного потребления ТЭР при сохранении ограничений на показатели качества продуктов и ограничения режима (распределение материальных потоков по змеевиками печи, т/о, АВО)

Структурная схема СУУТП



Многопараметрический контроллер (МПК)

- Динамические прогнозирующие модели
- Расчет управлений с учетом обеспечения заданных ограничений и критериев оптимизации

Виртуальный анализатор

- расчет не измеряемых показателей процесса (показатели качества продуктов)
- Корректировка модели ВА

СУУТП базируются на моделях:

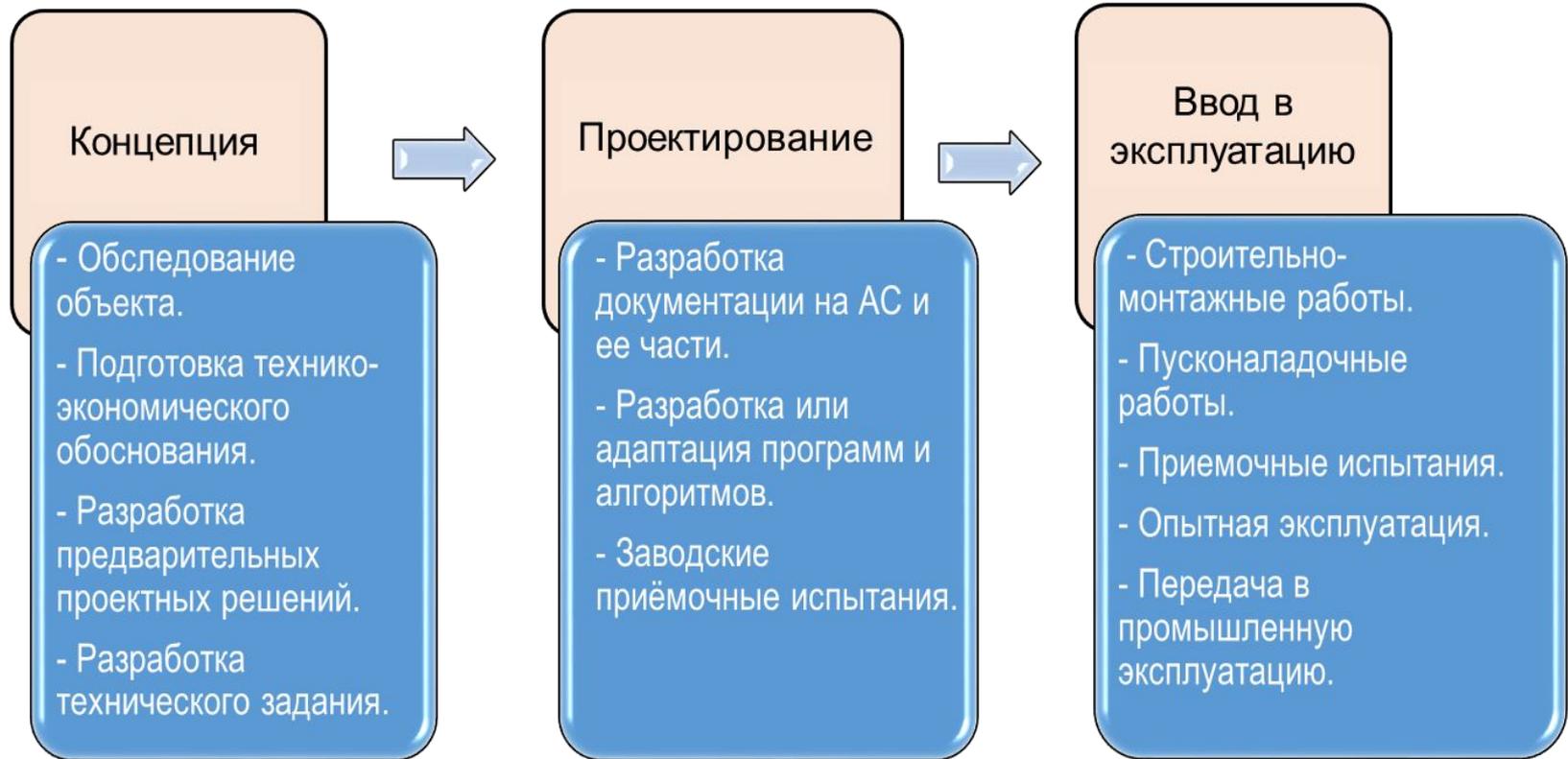
-Статических состояний

расчет не измеряемых параметров процесса – ПК, виртуальные датчики измерения – для систем диагностики ТСА

-Динамических состояний

прогноз изменений параметров в динамике

Внедрение СУУТП



Что важно учесть

Оснащение процесса средствами контроля и управления.

Качество работы РСУ и КИПиА

Получение/ Подготовка исходных данных для идентификации моделей

Сопровождение/ обслуживание СУУТП

Научные направления ООО «КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ» в области усовершенствованного управления технологическими процессами

Разработка методов, моделей и программных решений для задач усовершенствованного управления технологическими процессами (СУУТП или APC -Advanced Process Control) в т.ч.:

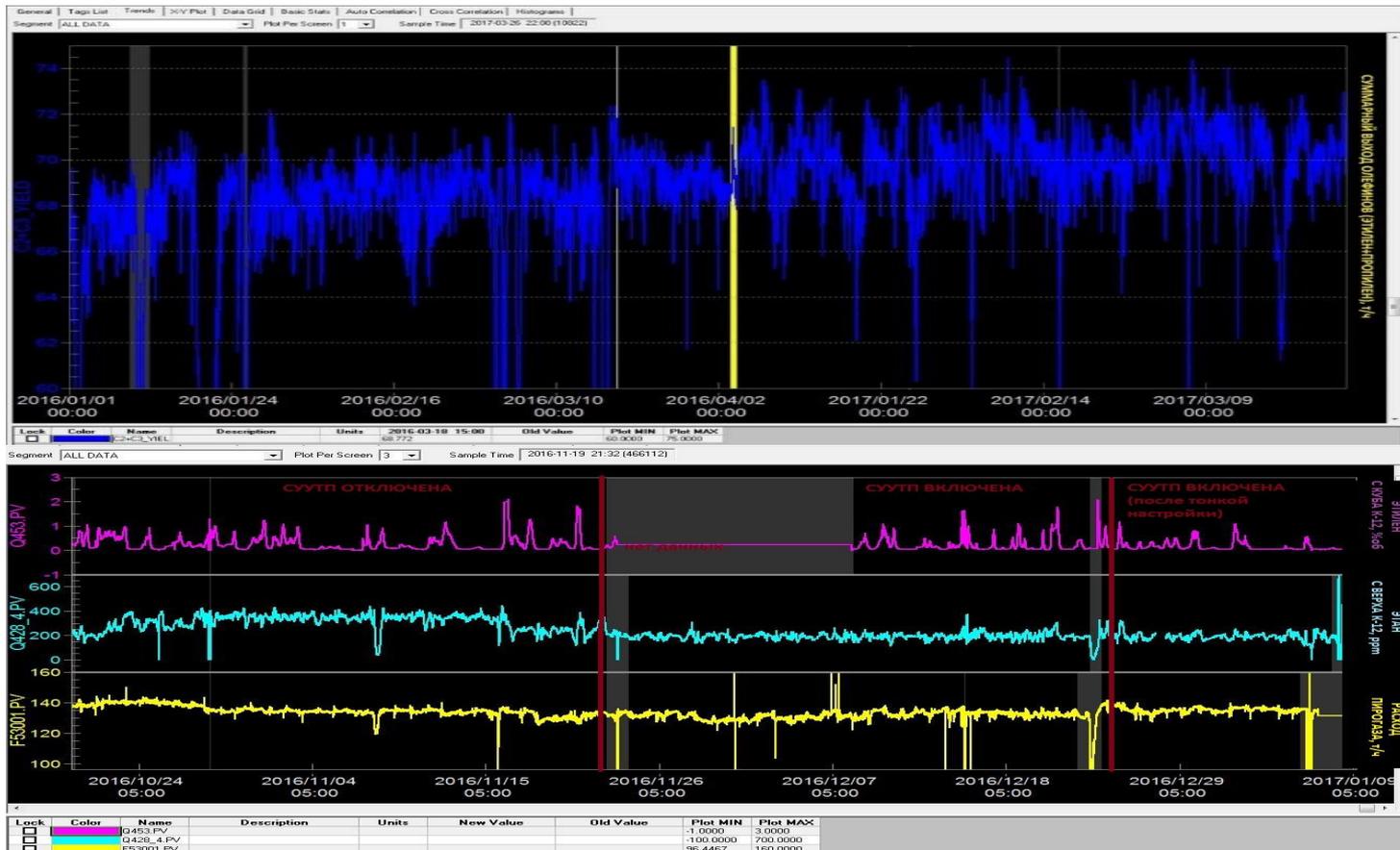
- Методы получения моделей оперативного расчета показателей технико-экономической эффективности, в том числе, методы подготовки данных для моделирования
- Методы идентификации моделей динамики для многосвязных объектов
- Методы адаптации динамических и статических моделей ОУ
- Модели и методы диагностики состояния элементов технологических систем
- Методы синтеза логических выражений (алгоритмов) для управления периодическими процессами
- Программные имитаторы технологических установок
- Платформа разработки и реализации усовершенствованного управления технологическими процессами

Проблема качества исходных данных

Получение моделей на основе статистической информации.

Период работы установки:

6-12 мес.



Получение моделей расчета показателей технико-экономической эффективности

Проблема:

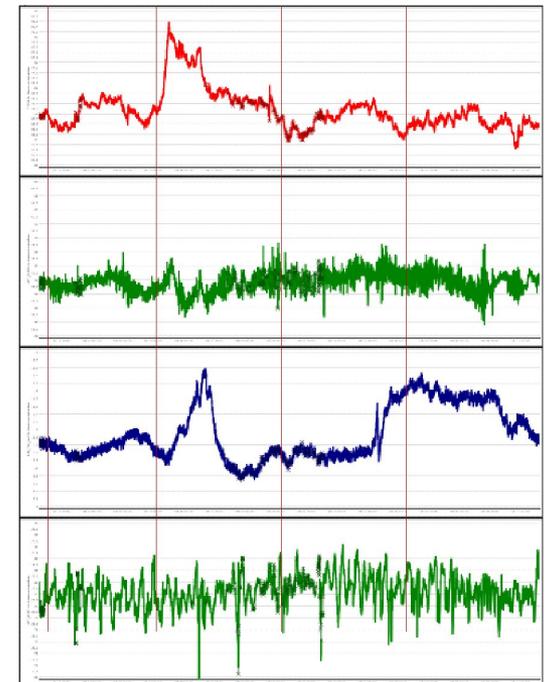
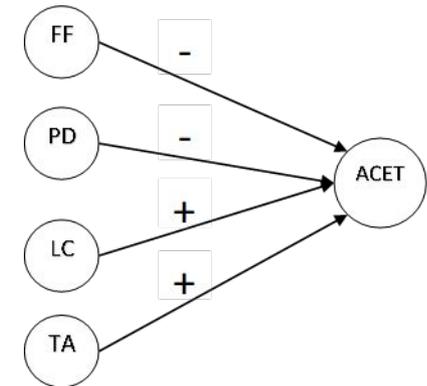
Традиционный подход предполагает стационарность рядов.

Это часто нет. Получение коэффициентов регрессии в моделях косвенных измерений, **не соответствующих** физическому смыслу параметра.

Решение:

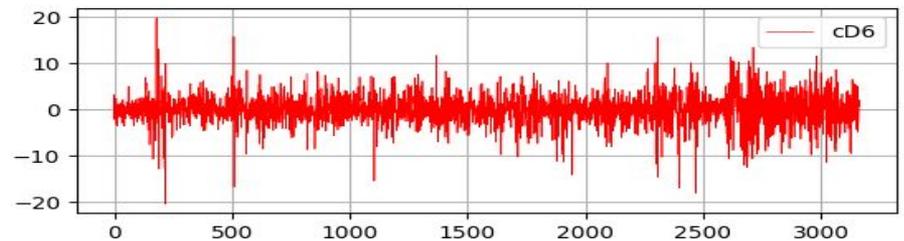
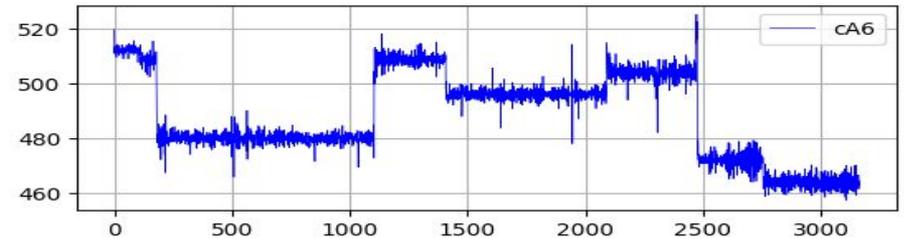
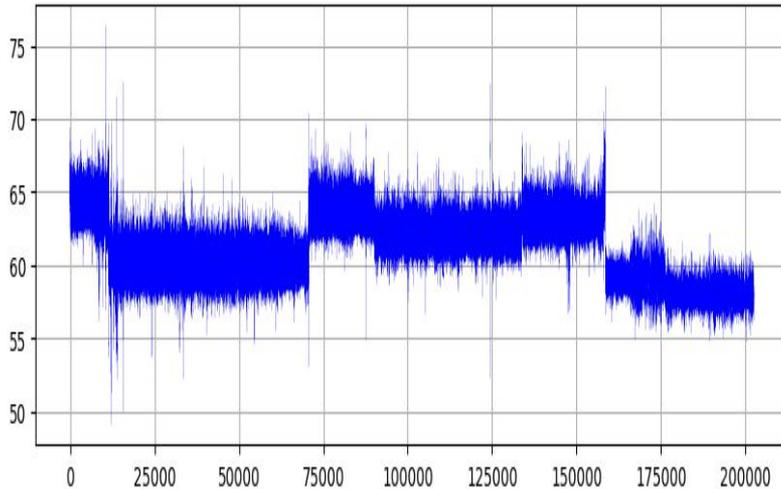
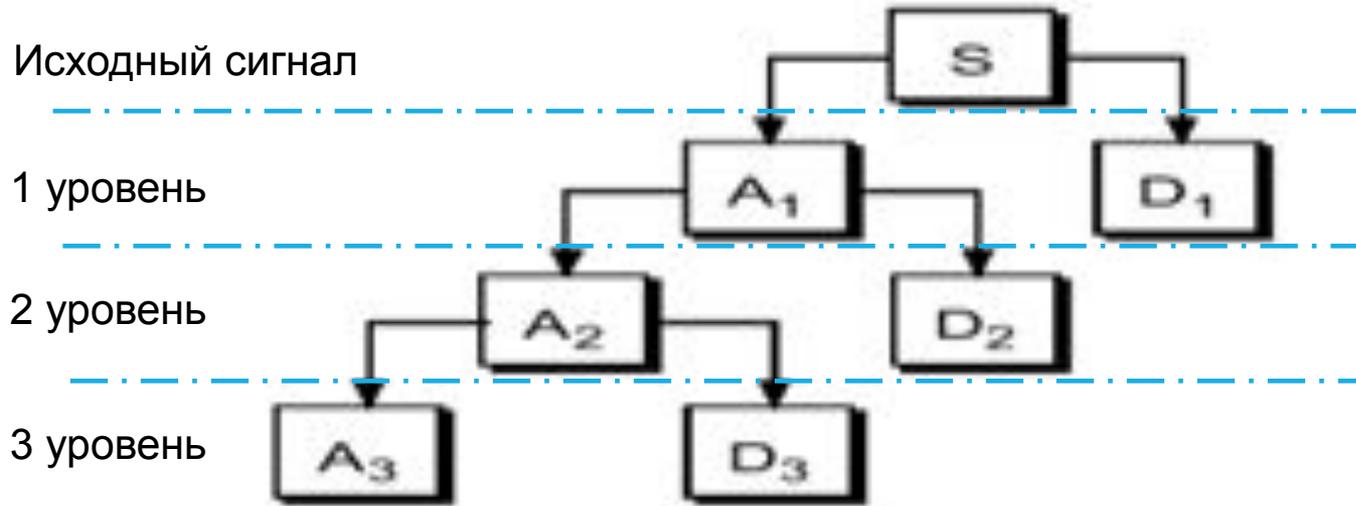
Использование априорной информации о процессе (регуляризация решения).

1. Задание топологии модели.
2. Разделение временных рядов на фрагменты (значимое изменение параметра).
3. Получение регрессионных моделей для каждого фрагмента.
4. Отбор моделей с учетом априорной информации (знак коэффициента, значения).
5. Получение агрегированной модели с учетом статистических характеристик входных параметров на фрагменте.



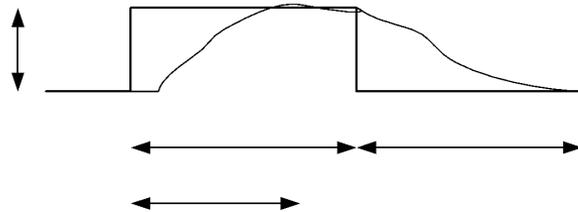
Частотно-временной анализ рядов

Общее частотно-временное вейвлет-преобразование



Идентификация динамических характеристик объекта

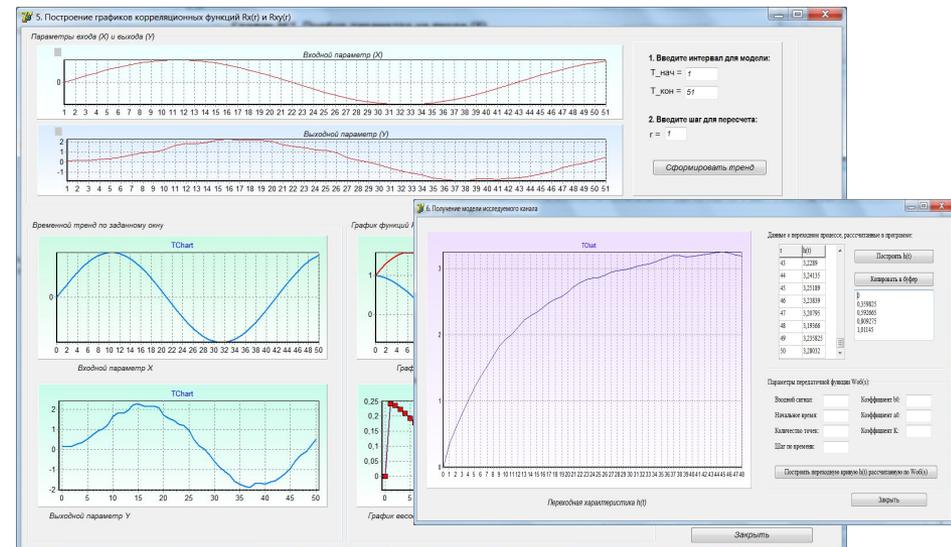
Традиционный подход – обработка результатов тестовых воздействий.



Не всегда возможна подача тестовых воздействий!

Идентификация на основе обработки статистических характеристик временных рядов:

- Автокорреляционная функция входного сигнала;
- Взаимная корреляционная функция входного и выходного сигнала;
- Расчет весовой функции объекта
- Расчет параметров модели



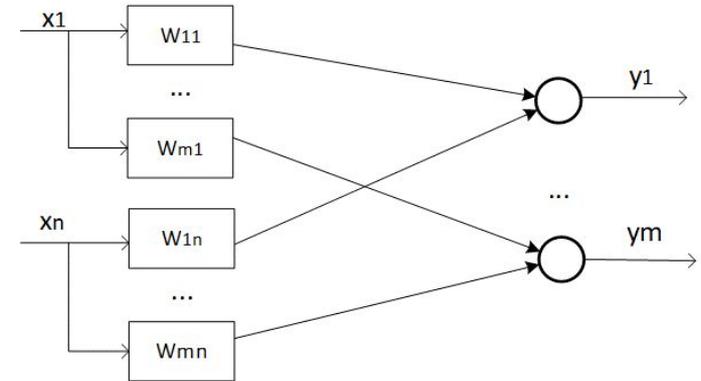
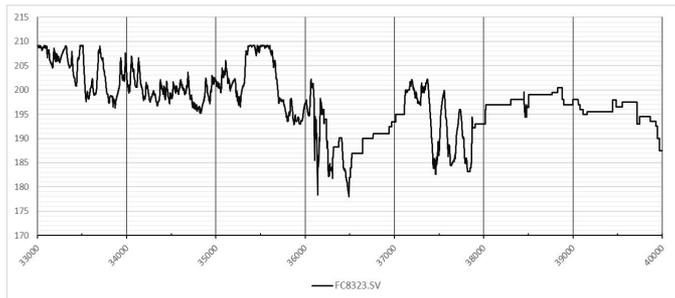
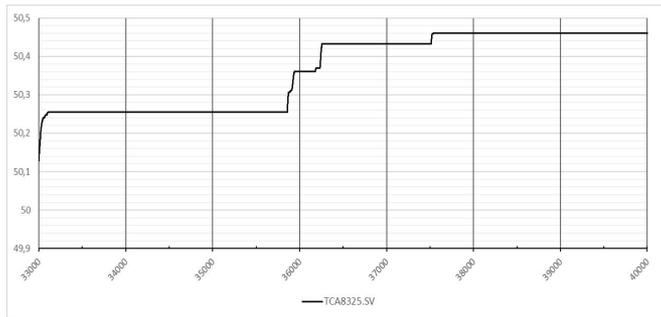
Идентификация динамических моделей многосвязных систем

Проблема:

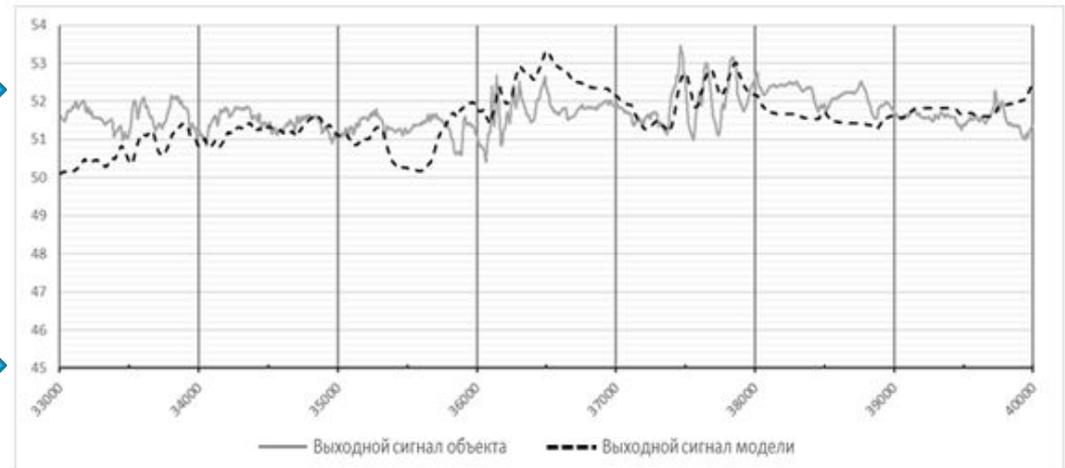
Точность модели зависит от стационарности входных параметров объекта во время проведения теста

Не всегда можно обеспечить.

Изменение входного параметра 1 (сверху) и параметра 2 (снизу) на интервале идентификации



Изменение выходного параметра



Синтез иерархических конечно-автоматных устройств

Задача:

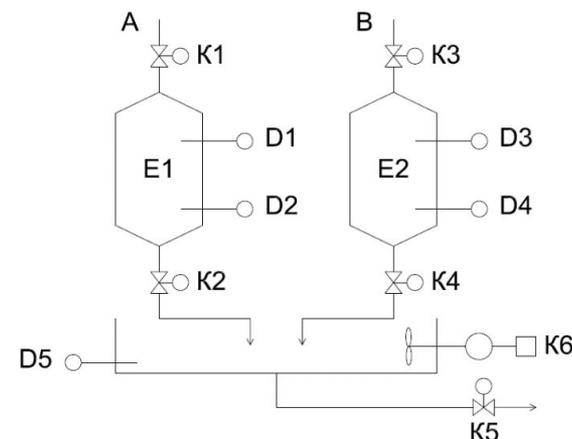
Управление периодическими процессами и технологическими операциями (перевод установки в безопасное состояние, пуск, останов и т.п.) – дискретное управление (вкл./выкл., откр./закрыть)

Особенность:

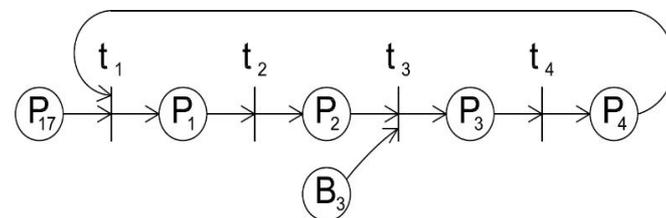
Большая размерность задачи: нужно учитывать множество ограничений, технологических ситуаций, множество управлений.

Решение:

- Синтез иерархических логических субавтоматов (логических выражений для управления ИМ)
- Применение формальных процедур проверки автоматов
- Синхронизирующий автомат (согласование работы субавтоматов)



$$t_2 = \overline{R_1} \wedge R_2 \wedge R_3$$



Модели нечеткого логического управления непрерывными процессами

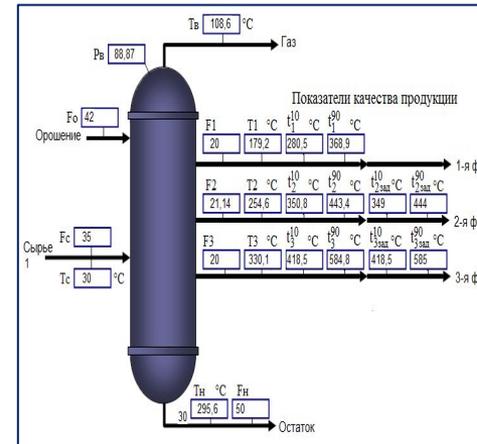
Логические переменные, соответствующие выходам показателей качества за заданные пределы:

$$L_2 = \begin{cases} 1, & \text{если } t_2^{10} < t_{2,зад}^{10} \\ 0 & \end{cases}$$

$$L_3 = \begin{cases} 1, & \text{если } t_3^{10} < t_{3,зад}^{10} \\ 0 & \end{cases}$$

$$H_2 = \begin{cases} 1, & \text{если } t_2^{90} > t_{2,зад}^{90} \\ 0 & \end{cases}$$

$$H_3 = \begin{cases} 1, & \text{если } t_3^{90} > t_{3,зад}^{90} \\ 0 & \end{cases}$$



Отклонения показателей качества от заданных значений:

$$e_2^{10} = |t_{2,зад}^{10} - t_2^{10}|,$$

$$e_3^{10} = |t_{3,зад}^{10} - t_3^{10}|,$$

$$e_2^{90} = |t_2^{90} - t_{2,зад}^{90}|,$$

$$e_3^{90} = |t_3^{90} - t_{3,зад}^{90}|.$$

Проверка ограничений по расходам:

$$\alpha_i = \begin{cases} 1, & \text{если } F_i - \delta F_i < F_i^{min} \\ 0 & \end{cases}$$

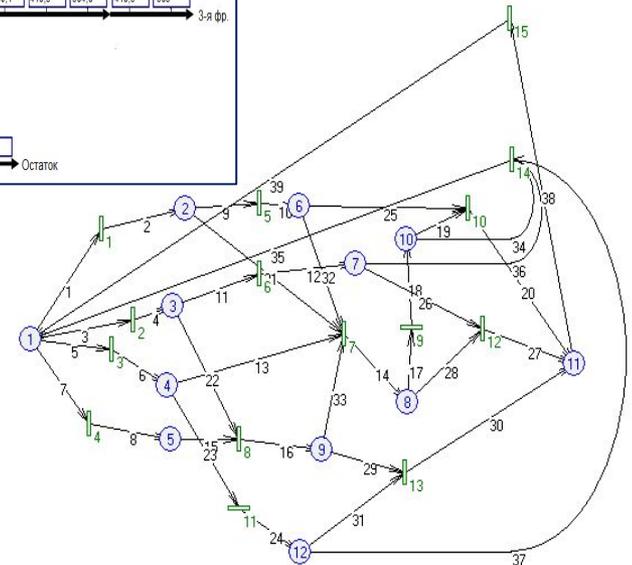
$$\beta_i = \begin{cases} 1, & \text{если } F_i + \delta F_i > F_i^{max} \\ 0 & \end{cases}$$

где $i = \overline{1,3}$ – номер фракции;

F_i^{min} и F_i^{max} – минимальный и максимальный пределы значений i -го

отбора F_i ;

δF_i – величина окрестности границы расхода.



$$\Delta F_1 = k \cdot [e_2^{10} \cdot L_2 \cdot \overline{\beta_1} - e_2^{10} \cdot L_2 \cdot \overline{\alpha_2} \cdot \overline{\alpha_1} - e_3^{10} \cdot L_3 \cdot \overline{\alpha_3} \cdot \overline{\alpha_2} \cdot \overline{\alpha_1} - e_2^{90} \cdot H_2 \cdot \overline{\alpha_2} \cdot \overline{\alpha_1}],$$

$$\Delta F_2 = k \cdot [e_3^{10} \cdot L_3 \cdot \overline{\beta_2} - e_2^{10} \cdot L_2 \cdot \overline{\alpha_2} - e_3^{10} \cdot L_3 \cdot \overline{\alpha_3} \cdot \overline{\alpha_2} - e_2^{90} \cdot H_2 \cdot \overline{\alpha_2} - e_3^{90} \cdot H_3 \cdot \overline{\alpha_3} \cdot \overline{\alpha_2}],$$

$$\Delta F_3 = k \cdot [e_2^{90} \cdot H_2 \cdot \overline{\beta_3} - e_3^{90} \cdot H_3 \cdot \overline{\alpha_3} - e_3^{10} \cdot L_3 \cdot \overline{\alpha_3}].$$



Диагностика неисправности технологического оборудования

Диагностический признак:

Нарушение физических закономерностей процесса (материальный баланс, тепловой баланс)

Диагностика прогара змеевика печи

Основным признаком начинающегося прогара рассматривается нарушение теплового баланса печи

$$B = | F_T * q * \eta - F_C * C_C * (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}) |,$$

где F_T , F_C – массовые расходы топлива и сырья соответственно; q – теплотворная способность топлива;

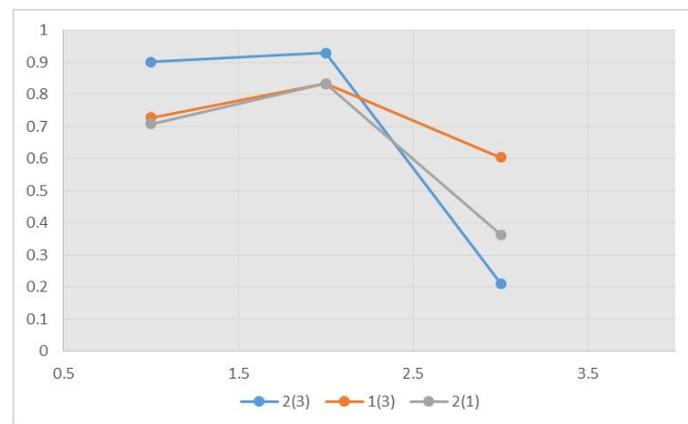
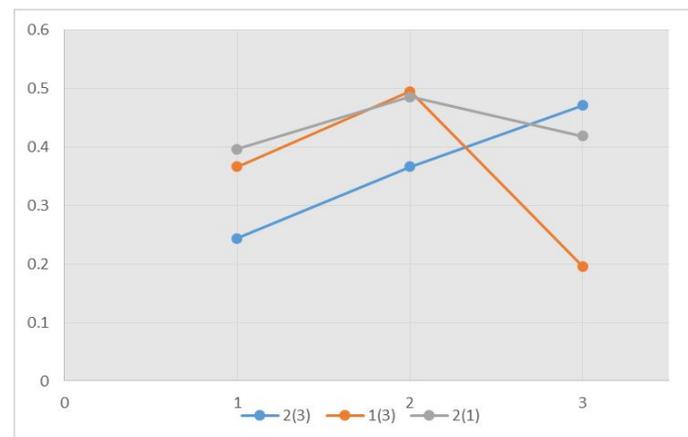
η – к.п.д. печи; C_C – теплоемкость сырья; $t_{\text{ВЫХ}}$, $t_{\text{ВХ}}$ – температуры сырья на выходе и входе в печь.

При расчете тепловых балансов необходимо обеспечить функциональную исправность средств измерения технологических параметров. В противном случае диагноз будет не верен!

Применение контрольной модели.

Диагностика прогара змеевика печи на основе КМ температуры

	начало	середина	конец
2(3)	$y = 0,6468 \cdot x[2] + 184,49$ Средняя погр. 0,244 %	$y = 0,791 \cdot x[1] + 156,7$ Средняя погр. 0,366 %	$y = 0,556 \cdot x[2] + 334,81$ Средняя погр. 0,471 %
1(3)	$y = 0,791 \cdot x[1] + 156,6$ Средняя погр. 0,366%	$y = 0,883 \cdot x[2] + 119,9$ Средняя погр. 0,495 %	$y = 0,715 \cdot x[2] + 143,78$ Средняя погр. 0,196 %
2(1)	$y = 1,008 \cdot x[2] + 37$ Средняя погр. 0,396 %	$y = 0,787 \cdot x[4] + 101,4$ Средняя погр. 0,486 %	$y = 0,806 \cdot x[4] + 206,0$ Средняя погр. 0,419 %



Коэффициенты корреляции температур

	начало	середин а	конец
T2-T3	0,9009	0,9294	0,2121
T1 T3	0,7284	0,8337	0,6049
T2-T1	0,7084	0,8337	0,3631

Модели линейной аппроксимации температуры T-2 по T-3 и T-2 по T-1 имеют высокую погрешность (т.е. «нелинейность») на периоде «конец», что говорит о вероятном месте прогара в месте установки датчика T-2.

Критерий прогара – увеличение погрешности линейной модели ВД, на периоде.

Программа-имитатор технологических процессов MnemoSim. Функционал.

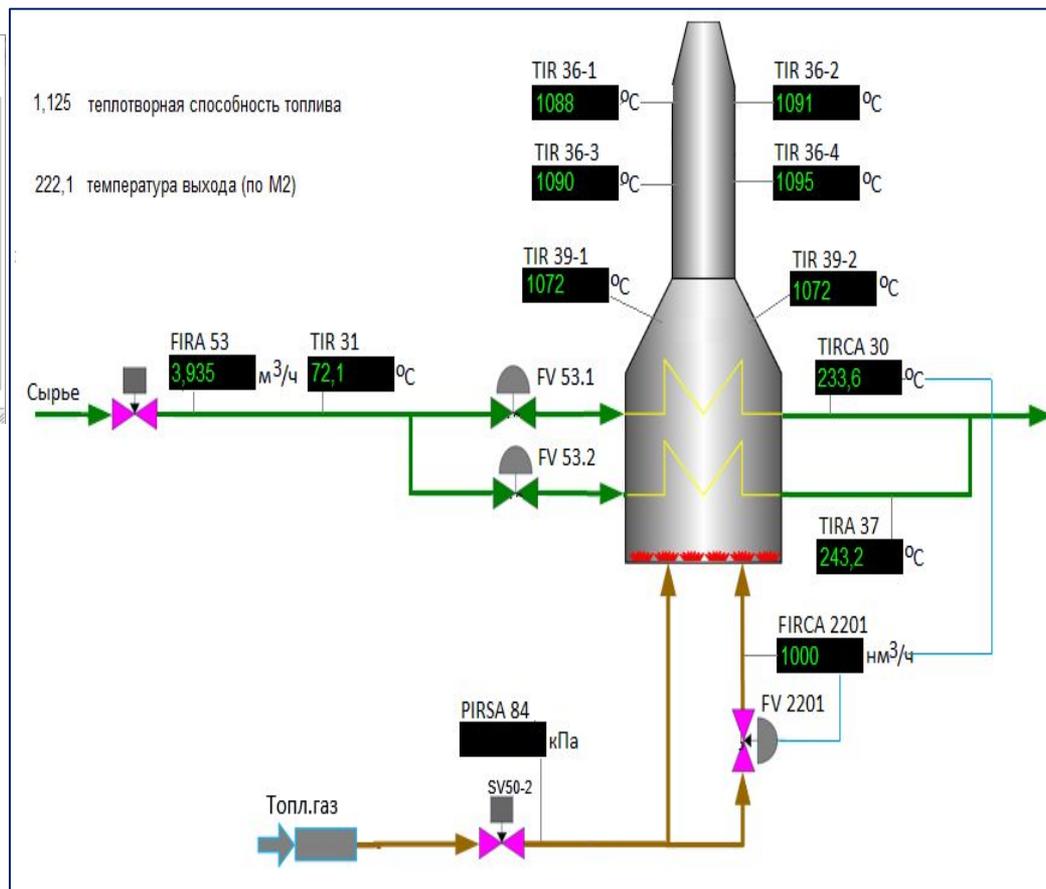
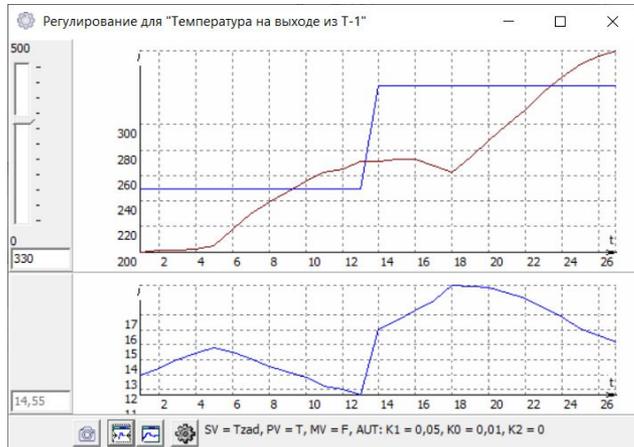
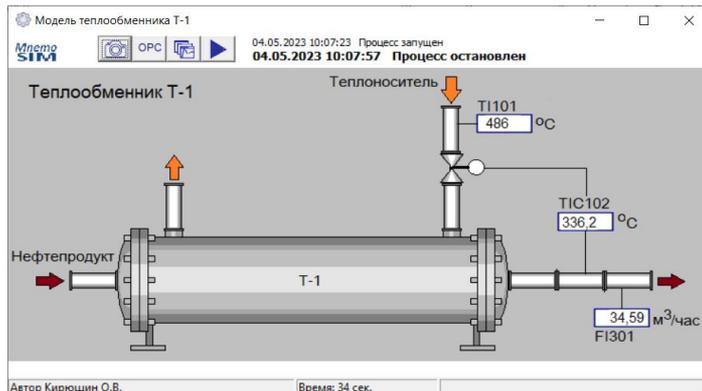
Конструктор для разработки имитационной модели технологического процесса (цифровой двойник) – требование приказа РТН №533 от 15.12.20

Функции:

- Прогрузка мнемосхемы процесса в редакции пользователя
- Задание структуры связи переменных процесса и математических выражений связи между переменными в форме передаточных функций и статических уравнений (на xml подобном языке)
- Задание логических выражений формирования управлений
- Прием/передача переменных по OPC-интерфейсу (программа работает как OPC клиент)
- Редактор OPC-тэгов и переменных, передаваемых по OPC-интерфейсу;
- Просмотр трендов параметров технологического режима
- Ведение, запись архива параметров
- Запуск программы в режиме симуляции, в режиме советчика

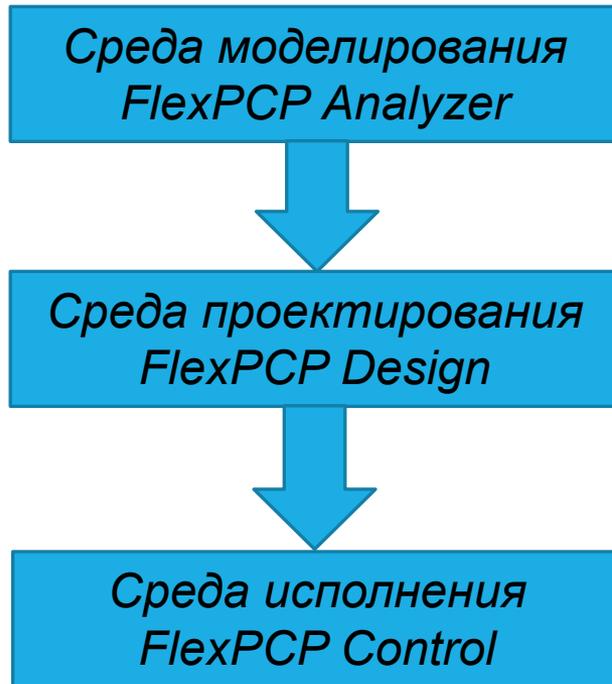
Программа-имитатор технологических процессов MнemoSim

Пример моделирования теплообменного аппарата и диагностической системы прогара змеевика



Платформа разработки систем усовершенствованного управления FlexPCP

Программная платформа FlexPCP* разработана компанией ООО «КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ», предназначена для реализации усовершенствованного управления технологическими процессами (APC –Advanced Process Control, или СУУТП – система усовершенствованного управления технологическими процессами).



Подготовка исходных данных, получение статических и динамических моделей объекта

Разработка приложений СУУТП, конфигурирование МПК

Расчет управлений на основе прогнозных моделей объекта, передача управлений на базовый уровень в РСУ (предиктивное управление)

Презентация платформы FlexPCP



– *Газпром информ*



– *Еврохим*

СИБУР

– *Сибур*



– *Газпром автоматизация*



– *Лукойл*



– *Газпром нефтехим Салават*

Авторское право

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ:

- *FlexPCP Analyser* - № 2023660485, 04 мая 2023 г.
- *FlexPCP Design* - № 2023615947, 21 марта 2023 г.
- *FlexPCP Control* - №2023614316, 28 февраля 2023 г.



Регистрация в реестре ПО

Регистрация в реестре программного обеспечения:

- FlexPCP Design - № 17466, 02.05.2023
- FlexPCP Control - №17465, 02.05.2023

Сведения, содержащиеся в записи о программном обеспечении, включенном в реестр российского программного обеспечения

Предмет	Значение
Порядковый номер реестровой записи	17466
Дата формирования реестровой записи	02.05.2023 15:58:29
Наименование программного обеспечения	FlexPCP D (Сокращенно FlexPCP D)
Продукция и (или) альтернативные наименования	
Правообладатель	
Наименование правообладателя	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ"
Код страны правообладателя в соответствии с Общероссийским классификатором стран мира	643, Россия
ИНН (идентификационный номер налогоплательщика)	7716018717
Сведения об основаниях возникновения у правообладателя (правообладателей) исключительного права на программное обеспечение на территории всего мира и на весь срок действия исключительного права	Разработка программного продукта выполнена с нуля только силами сотрудников ООО "КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ" в рамках выполнения договорных обязательств. В создании продукта использованы только собственные решения и методы в области моделирования и создания многопараметрических управленческих систем. 21 марта 2023г. произведена государственная регистрация программного обеспечения.
Адрес страницы сайта правообладателя в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", на которой размещена документация, содержащая описание функциональных характеристик программного обеспечения и информации, необходимой для установки и эксплуатации программного обеспечения	http://www.spcntur.com/products.htm
Адрес страницы сайта правообладателя в сети "Интернет", на которой размещена информация о стоимости программного обеспечения или порядке его приобретения либо сведения о возможности использования программного обеспечения на условиях открытой лицензии или иного безвозмездного лицензионного договора	http://www.spcntur.com/products.htm
Код (коды) продукции в соответствии с Общероссийским классификатором продукции	62 Продукты программные и услуги по разработке программного обеспечения;

программного обеспечения, включенного в реестр российского программного обеспечения

Значение
17465
02.05.2023 15:58:28
FlexPCP Control

Наименование и (или) альтернативные наименования

Правообладатель	
Наименование правообладателя	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ"
Код страны правообладателя в соответствии с Общероссийским классификатором стран мира	643, Россия
ИНН (идентификационный номер налогоплательщика)	7716018717
Сведения об основаниях возникновения у правообладателя (правообладателей) исключительного права на программное обеспечение на территории всего мира и на весь срок действия исключительного права	Разработка программного продукта выполнена с нуля только силами сотрудников ООО "КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ" в рамках выполнения договорных обязательств. В создании продукта использованы только собственные решения и методы в области моделирования и создания многопараметрических управленческих систем. 28 февраля 2023г. произведена государственная регистрация программного обеспечения.
Адрес страницы сайта правообладателя в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", на которой размещена документация, содержащая описание функциональных характеристик программного обеспечения и информации, необходимой для установки и эксплуатации программного обеспечения	http://www.spcntur.com/products.htm
Адрес страницы сайта правообладателя в сети "Интернет", на которой размещена информация о стоимости программного обеспечения или порядке его приобретения либо сведения о возможности использования программного обеспечения на условиях открытой лицензии или иного безвозмездного лицензионного договора	http://www.spcntur.com/products.htm
Код (коды) продукции в соответствии с Общероссийским классификатором продукции	62 Продукты программные и услуги по разработке программного обеспечения;



УТВЕРЖДАЮ

Председатель
комиссии
Харас Б.З.
(подпись, фамилия)

"21" февраля 2023 г.

**Техническое заключение
по результатам независимых испытаний
программной среды разработки приложений систем
усовершенствованного управления технологическими
процессами FlexPCP Design (FlexPCP D)**

Рабочая комиссия, созданная Приказом от 17.02.23 г. (без номера)
Союза разработчиков программного обеспечения и информационных
технологий топливно-энергетического комплекса (СРПО ТЭК), в составе

№п/п	Ф.И.О.	Должность	Роль
1	Харас Борис Захарович	Председатель СРПО ТЭК	Председатель комиссии
2	Жиликов Сергей Александрович	Заместитель генерального директора по индустриальным решениям ООО «Инф.Тех»	Член комиссии
3	Макаревич Антон Игоревич	Заместитель директора по развитию ООО «Рег.Лаб»	Член комиссии
4	Павловский Станислав Валерьевич	Директор по продажам АО «Атомик Софт»	Член комиссии
5	Рахманов Эльхан Рафаэль оглы	Генеральный директор ООО «Интранс»	Член комиссии

рассмотрев программу и результаты испытаний программной среды
разработки и исполнения приложений систем усовершенствованного
управления технологическими процессами (СУУТП) FlexPCP Design,
приведенные в протоколе № 1 от 21 февраля 2023 г. постановила:

1. Программа и методика испытаний позволяет выполнить проверку
всех заявленных функций программной среды FlexPCP Design,
необходимых для реализации на ее основе проектов создания
систем усовершенствованного управления технологическими
процессами;
2. Признать результаты проведенных испытаний успешными;

3. Признать, что функциональность разработанного программного
пакета соответствует основным требованиям данного класса систем
и может использоваться производственными компаниями для
импортозамещения зарубежных аналогов, таких как PACE
(ShellGlobalSolutions), Profit Suite (HONEYWELL), DMPC (ASPEN
Tech);
4. Рекомендовать предприятиям ТЭК РФ к применению программную
среду FlexPCP Design (FlexPCP D), разработанную
ООО «КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ».

Подписи:

Б.З. Харас
С.А. Жиликов
А.И. Макаревич
С.В. Павловский
Рахманов Эльхан
Рафаэль оглы



Демо-версия ПО, руководство пользователя и инструкция по эксплуатации размещена на сайте ООО «КОНТУР АВТОМАТИЗАЦИЯ» по ссылке

<http://www.spcontur.com/products.htm>



Заключение

Предлагаемые решения обеспечивают возможность разработки Приложений СУУТП:

- идентификацию моделей вычисления показателей качества получаемых продуктов и технико-экономических показателей;

- идентификацию моделей динамических характеристик объекта;

- разработку систем поддержки принятия решений, основанные на двужначной и нечеткой логике;

- проводить on line диагностику элементов автоматики и технологического оборудования;

- разрабатывать тренажеры-имитаторы технологических процессов и автоматизированных технологических комплексов;

- разрабатывать реализовывать приложения СУУТП по показателям технико-экономической эффективности и показателям качества получаемых продуктов.

Заключение

- Инновации определяют качественные показатели роста эффективности производства в частности, и экономики в целом.
- Задача комплексного совершенствования технологий и методов управления процессами, является в полной мере инновационной.
- Исследование и применение разработок в области усовершенствованного управления технологическими процессами будет способствовать росту отечественного экономического потенциала.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

