



ЦИФРОВЫЕ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Каталог ИИ-решений

ОПИСАНИЕ РЕШЕНИЯ

Цели и задачи Системы

Система – Решение задачи рентабельности производства

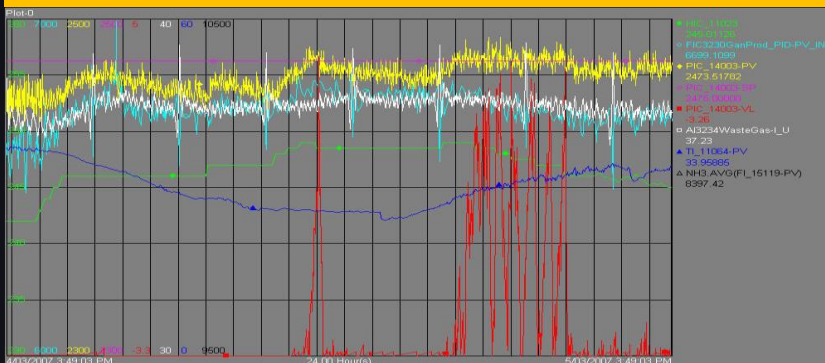
- Максимизация отборов наиболее маржинальных продуктов
- Минимизация запаса по качеству товарных продуктов
- Максимизация выходов/степени конверсии
- Синхронизация выполнения целей объемного и календарного планирования с фактическим производством
- Максимизация сходимости план-факторного анализа производства
- Обеспечение многопараметрического контроля и управления процессом
- Повышение энергоэффективности производства
- Повышение надежности работы установок на различных режимах работы



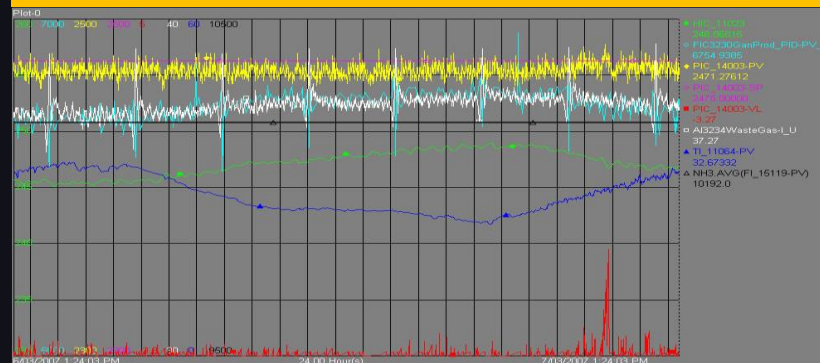
Многопараметрическая система управления процессом на основе прогнозных моделей с учетом всех ограничений и вариативности системы

- Система – Контроллер оптимизатор:
 - Устойчивый решатель для определения стационарного состояния процесса, вычисление экономически эффективной рабочей зоны
 - Оптимизация процесса внутри ограничений
 - Расчет прогнозной модели поведения технологического процесса на широкий горизонт времени, вычисление экономически эффективной рабочей зоны

До включения Системы



После включения Системы



КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА РЕШЕНИЯ

Применение искусственного интеллекта и машинного обучения

Глубокий анализ данных и временных рядов

- Мониторинг шаблонного решения – Алгоритм МО анализирует потоковый временной ряд с целью фиксации нестандартного решения оператора и предиктивного расчета стационарного состояния всего технологического процесса или всей цепочки производства
- Выявление некорректных показателей параметров тех. процесса – Алгоритм МО помогает выявлять и исправлять некорректные значения датчиков (устранение пропусков, шумов, рассогласованности)

Выявление скрытых паттернов и взаимосвязей

- Поиск скрытых корреляций – Алгоритм ИИ обнаруживает сложные нелинейные зависимости между входными параметрами процесса и выходными показателями, которые неочевидны при традиционном анализе.
- Поиск упущенных паттернов – Алгоритм МО, обучаясь на исторических данных, находит упущенные взаимосвязи между переменными и выявляет скрытые факторы, влияющие на эффективность процесса. В результате система управления быстрее реагирует на изменения процесса и поддерживает оптимальные режимы.

Моделирование и прогнозирование процесса

- Симулятор в открытом контуре – Алгоритм ИИ, перед внедрением моделей ИИ проводится подготовка данных (устранение пропусков, шумов, рассогласованности), что гарантирует надежность прогнозов и рекомендаций. Кроме того, алгоритмы ИИ могут автоматически фиксировать необычные отклонения в показаниях (аномалии), мгновенно сигнализируя о возможных проблемах в процессе.

Уточнение экономических расчётов и оптимизация прибыли

- Приоритизация по экономическому эффекту – Алгоритм ИИ используя современные аналитические инструменты непрерывно оценивает эффективность работы не только по техническим параметрам, но и по финансовым показателям. Система автоматически обнаруживает, точки упущения выгоды, проводит перенастройку макропараметров и помогает ранжировать управляющие переменные по их экономическому влиянию.

Усовершенствование подбора гиперпараметров

- Автоматическая настройка контуров управления – Алгоритм ИИ позволяет реализовать глубокий анализ производительности классических PID-контроллеров, избежать длительной ручной настройки коэффициентов для каждого управляющего контура

Виртуальные анализаторы и датчики (soft sensors)

- Оперативная подстройка Виртуальных анализаторов и датчиков – Алгоритм ИИ рассчитывает показатели (такие как: химический состав, качество продукта, характеристики продуктовой среды и другие) косвенно – по доступным легко измеримым параметрам процесса (температуры, давления, расходы и другие). Soft sensors на базе ИИ дают быстрые и точные оценки ключевых характеристик, минимизируя потребность в лабораторных испытаниях или дорогих поточных анализаторах.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕК

Техническая архитектура Системы

Система (модуль оффлайн и онлайн) реализует функционал построения контроллеров для управления производственными процессами и графический интерфейс к этому функционалу.

1.

1. Модуль интерфейса и бизнес-логики, реализованный на базе библиотеки PyQt5.
2. Модуль работы с базой данных
3. Вычислительные модули для расчета регрессий, динамических зависимостей, линейного и квадратичного программирования.
4. Вспомогательные модули:
 - Схемы классов, используемые в бизнес-логике
 - Модуль генерации изображений для отображения моделей

2.

Основные структурные элементы ПО включают в себя:

1. Объекты класса PyQt5.QtWidgets.QWidget, содержащие бизнес-логику и графическое представление объектов ПО
2. Объекты-датаклассы, описывающие основные сущности объектов моделирования
3. Классы, реализующие функционал чтения и записи данных
4. Классы, реализующие функционал применения математических методов к моделированию процессов

3.

Список используемых библиотек:

Название библиотеки	Версия	Тип лицензии
PyQT5	5.15.9	GPL
numpy	1.24.2	BSD 3-Clause License
pandas	1.5.3	BSD 3-Clause License
Scikit-learn	1.2.1	BSD 3-Clause License
Statsmodels	0.13.5	BSD 3-Clause License
matplotlib	3.7.1	PSF
pyqtgraph	0.13.2	MIT

Название библиотеки	Версия	Тип лицензии
fastparquet	2023.2.0	Apache 2.0
SQLAlchemy	1.4.0	Apache 2.0
cvxpy	1.3.0	Apache 2.0
PULP	2.7.0	Open Source
OSQP	0.6.2	Apache 2.0
psutil	5.9.4	BSD 2-Clause License

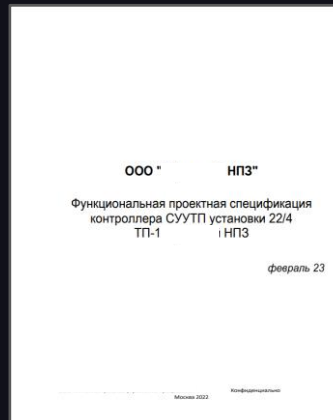
ПРИМЕР ВНЕДРЕНИЯ Нефтеперерабатывающий завод

- На основе исторических данных ТП-1 (Выгрузка БДРВ)
- Базовая линия – август 2022
- Изменение отборов по результатам работы прототипа контроллеров СУУТП
- В соответствии с функциональной проектной спецификацией контроллеров СУУТП
- Изменение материального баланса рассчитано на основе сведенного баланса установок

МОДЕЛЬ ИУП – ПРОТОТИПА 22/4

Manipulated Variable	Validation Min	Engineering Min	Operating Min	Value	Operating Max	Engineering Max	Validation Max
FT119SP	50	103.5	119.5	147.84	177.4	192.0	384
FT300SP	20	117.1	119.8	107.84	200.4	217.9	435
TR5A270_2SP	127	253.8	280.0	250.0	471.3	455.0	945
TT113SP	47	64.5	108.0	115.01	162.0	178.5	351
FT500SP	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
TR5B270_2SP	127	253.8	280.0	269.70	472.8	472.8	945
TR5A235_2SP	127	253.8	280.0	262.61	471.4	471.4	945
TR5A235_1SP	127	253.0	289.1	261.43	455.7	469.9	940
FT300SP	788	1565.9	1789.5	2236.83	2688.3	2988.0	5816
FT300ASP	1	2.4	2.7	3.41	4.1	4.4	9
FT300ASP	30	60.6	69.2	86.31	103.8	112.5	225
FT3007SP	33	66.5	76.0	95.300	114.0	124.5	247
FC310SP	0	11.0	13.0	12.00	20.4	22.1	44
FC3001SP	30	59.7	68.3	85.34	102.4	110.9	222
PV344SP	0	0.0	0.0	0.05	0.0	0.1	0
FT300SP	37	73.8	84.4	105.46	126.5	137.1	274

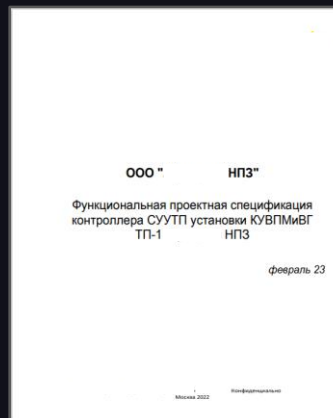
Controlled Variable	Validation Min	Engineering Min	Operating Min	Value	Operating Max	Engineering Max	Validation Max
TT217	99	198.0	226.0	232.97	240.0	267.9	536
TT218	114	227.9	260.1	266.17	276.2	308.4	617
TotalFeed	134	267.9	305.7	315.13	324.6	362.4	725



МОДЕЛЬ ИУП – ПРОТОТИПА КУВПМ И ВГ

Manipulated Variable	Validation Min	Engineering Min	Operating Min	Value	Operating Max	Engineering Max	Validation Max
C101_TotalFeedFlow	129	257.1	293.8	367.30	440.8	477.5	955
TT110425P	131	262.6	300.1	375.13	450.2	487.7	975
TT110525P	130	260.7	297.9	372.42	446.9	484.1	968
FT13095P	71	142.6	163.0	203.76	244.5	264.9	530
FT13045P	52462	104924.9	119914.2	149892.78	179871.3	194860.6	389721
FT130415P	84	168.0	192.0	240.00	288.0	312.0	624
C200_Total_Feed	50	100.8	115.2	143.99	172.8	187.2	374
TT21015P	150	299.7	342.5	426.13	440.0	506.6	1113
FT230175P	9	18.1	20.7	25.86	31.0	33.6	67
FT230165P	9	17.5	20.0	25.00	30.0	32.5	65
FV230213P	50	98.4	113.3	141.94	170.3	184.3	369

Controlled Variable	Validation Min	Engineering Min	Operating Min	Value	Operating Max	Engineering Max	Validation Max
LT14002	24	48.8	55.7	57.41	59.1	66.0	132
LT14007	8	56.0	63.9	65.93	67.9	75.8	152



22/4 – Гарантированный эффект

Эффект СУУТП. Установка 22/4 Оптимизация Фракции 160-365 °C

	базовая линия т3	контроллер т3	% изменения отбора
FT538 Фракция 30-190° C	34 198,51	33 972,55	- 0,11
FT541 фракция 160-365 °C	79 451,49	80 191,00	0,36
FT542 фракция 360 °C и выше	88 140,78	87 627,23	- 0,25

22/4 Задача оптимизации – максимизация выходов Дизельных фракций

КУВПМ и ВГ – Гарантированный эффект

Эффект СУУТП. Установка КУВПМ и ВГ Фракция ВДТ - Управление

	базовая линия т3	контроллер т3	% изменения отбора
FT03015 Фракция 35-190° C	2 585,67	2 818,01	0,12
FY13047 Вакуумная дизельная фракция	8 073,83	8 209,36	0,07
FT13046 Фракция 360-540°С	103 504,24	103 930,20	0,22
FT03013 Котельное топливо	77 979,86	77 186,03	- 0,41

Задача оптимизации Секции 100:

- Максимизация выходов Фракции вакуумного газойля
- Фракция ВДТ – стабилизация выхода фракции

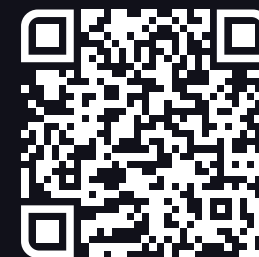
Задача оптимизации Секции 200:

- Максимизация выходов Фракции 35-190°С
- Котельное топливо – оптимизация управления

ЦИТ

ЦИФРОВЫЕ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



cit.gov.ru

