

Кафедра интегрированных киберсистем



**Высокотехнологичные решения
в промышленной автоматизации**

- Мы выстраиваем пирамиду санкционно-защищенных решений промышленной автоматизации
- Мы стремимся к комплексному покрытию потребностей Пользователей (аналог Honeywell Connected Plant / Assets / Worker)
- Часть решений уже коммерциализированы, другие выйдут на рынок в интервале 0,5 – 1,5 лет, некоторые – в интервале 2-3 лет
- Приоритет – совместимость с решениями Honeywell для поддержки и развития уже работающих систем
- У некоторых решений потенциал за пределами нефтегазохимии (металлургия, ЦБП, энергетика, стройматериалы, др.)
- Возможные точки синергии с решениями эко-системы GS Invest: Rubytech, ArenaData, Скала^p, Avanpost

Основные решения ЦЦТ



**Платформа
производственного
планирования**



АСУТП



СУУТП



**Управление
смещением**



**Интеллектуальные
АСУТП**



**Цифровые
двойники**



Высокоточное моделирование



**Компьютерный тренинг
операторов**



Консалтинг

Команда и история ЦЦТ

Команда ЦЦТ. Специалистов по направлениям:

- Оптимизация планирования: **10**
- Высокоточное моделирование ТП, тренинг и развитие компетенций персонала: **20**
- Консалтинг и бенчмаркинг: **8**
- АСУТП: **6**
- Другие направления: **6**
- Менеджмент: **6**

История ЦЦТ

- **2015** Образование компании Центр цифровых технологий (на базе МФТИ)
- **2015** Подписание соглашения с «Хоневелл» о сотрудничестве и проведении совместных работ в области высокотехнологичных решений и консалтинга
- **2018** Начало разработки компонентов платформы планирования
- **2019-2020** Разработка платформы компьютерного тренинга операторов ТП
- **2021** Создание научно-технического центра цифровых систем управления производством
- **2021** Начало разработки компонентов платформы высокоточного моделирования
- **2022** Уход Honeywell из России, переход команды АО «Хоневелл» в ЦЦТ
- **2023** ЦЦТ – в составе Rubytech



Ключевые специалисты:

Агафонов Дмитрий – генеральный директор

Хоневелл (15 лет): директор департамента высокотехнологичных решений и консалтинга, СП Петроком (4 года)

Баулин Евгений – директор по разработкам и исследовательской деятельности, кандидат технических наук

ЦЦТ (7 лет): генеральный директор, Хоневелл (7 лет): консультант отдела планирования, СП Петроком.

Дозорцев Виктор – директор по развитию бизнеса, доктор технических наук

Хоневелл (16 лет) – директор департамента высокотехнологичных решений и консалтинга, СП Петроком (15 лет) – начальник отдела тренинга и АРС, ИПУ РАН

Зусман Сергей – технический директор

Хоневелл (25 лет): директор департамента по реализации проектов АСУТП

Хохлов Александр – Консультант, доктор технических наук

Хоневелл (16 лет) – руководитель отдела планирования, СП Петроком (15 лет): руководитель отдела планирования, ИПУ РАН

Рыбкин Василий – ведущий консультант

Хоневелл - UOP: Генеральный директор UOP Россия

Аносов Андрей – директор по разработкам, кандидат технических наук

Хоневелл (17 лет) руководитель отдела оптимизационного планирования и смешения, СП Петроком (5 лет)

Шишорин Юрий – начальник отдела консалтинга, кандидат технических наук

Хоневелл (17 лет): руководитель группы/начальник отдела консалтинга, СП Петроком (9 лет) – руководитель проекта

Родионов Александр – коммерческий директор

Хоневелл (31 год) – директор по продажам

СМНР – Система Моделирования Производства

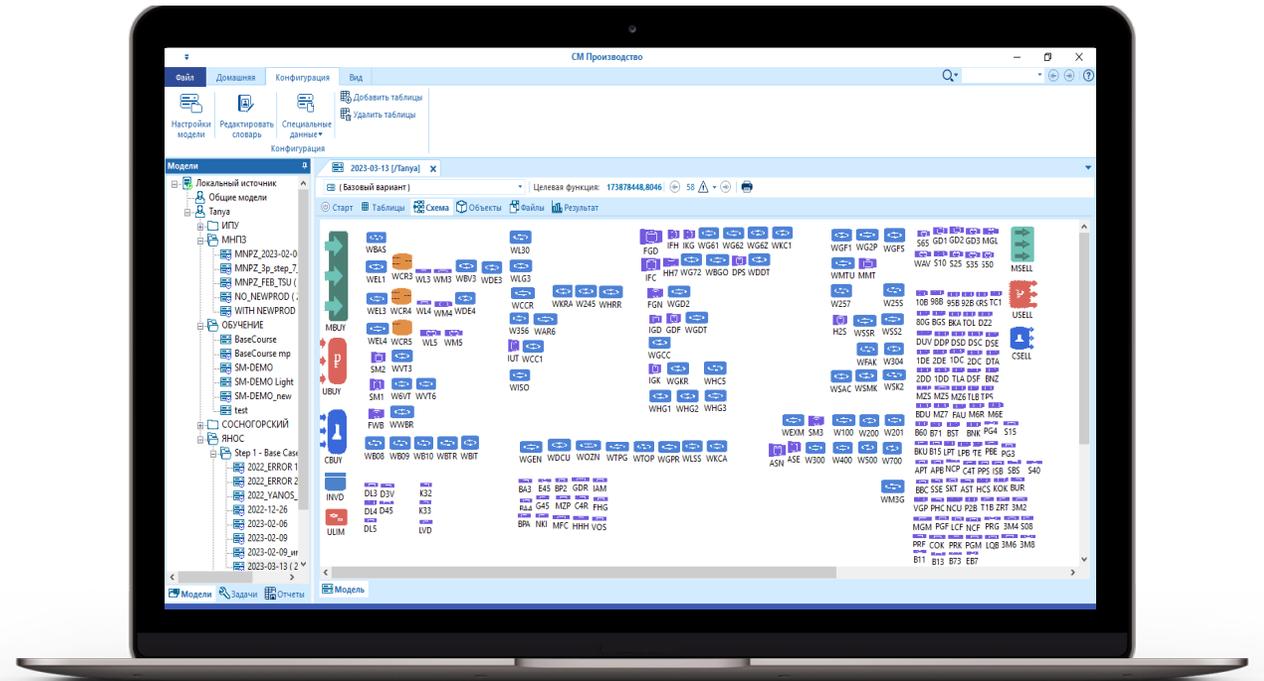
Оптимальный план производства на месяц:

- Объемы покупки сырья
- Объемы отгрузки продукции
- Режимы работы установок

Технико-экономическая модель, математическая оптимизация

Эффекты:

- Быстрый расчет
- Обоснованность управленческих решений
- Снижение запасов
- 1,5-1,7\$ на тонну нефти

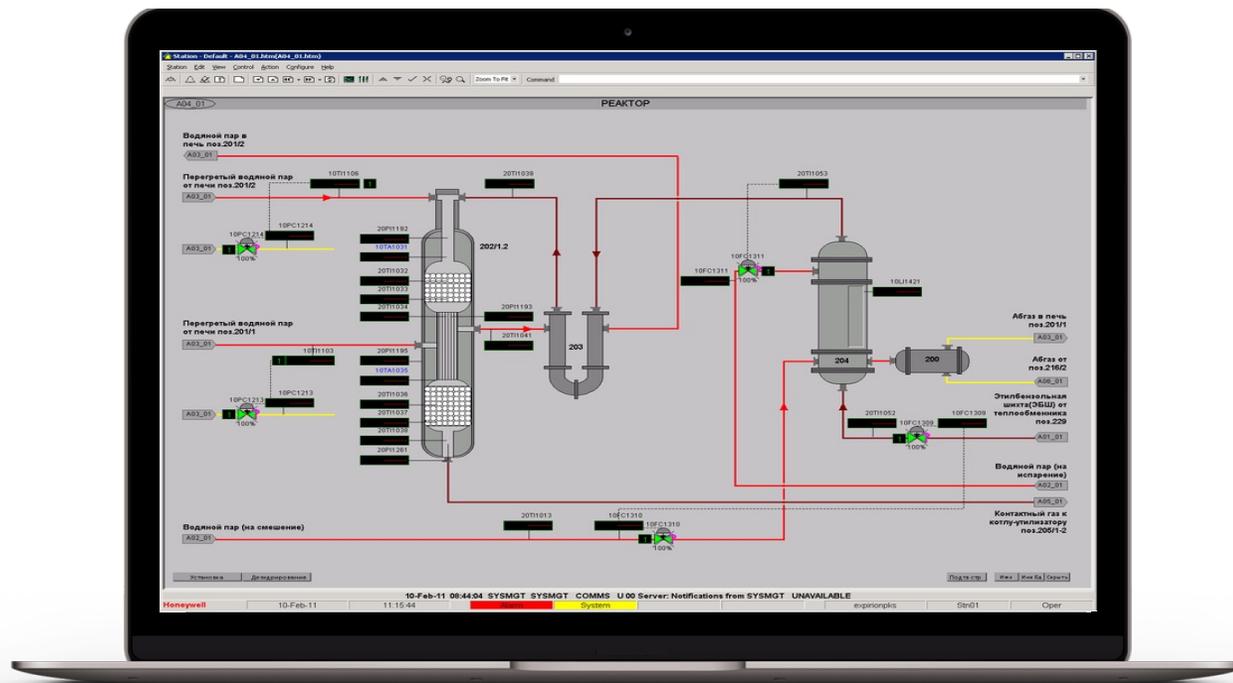


Поддержка существующих АСУТП Honeywell:

- Поставка запасных частей
- Консультации и инжиниринг
- Разработка программ миграции

Разработка собственной SCADA-системы для микропроцессорных контроллеров российского производства (2-3 года)

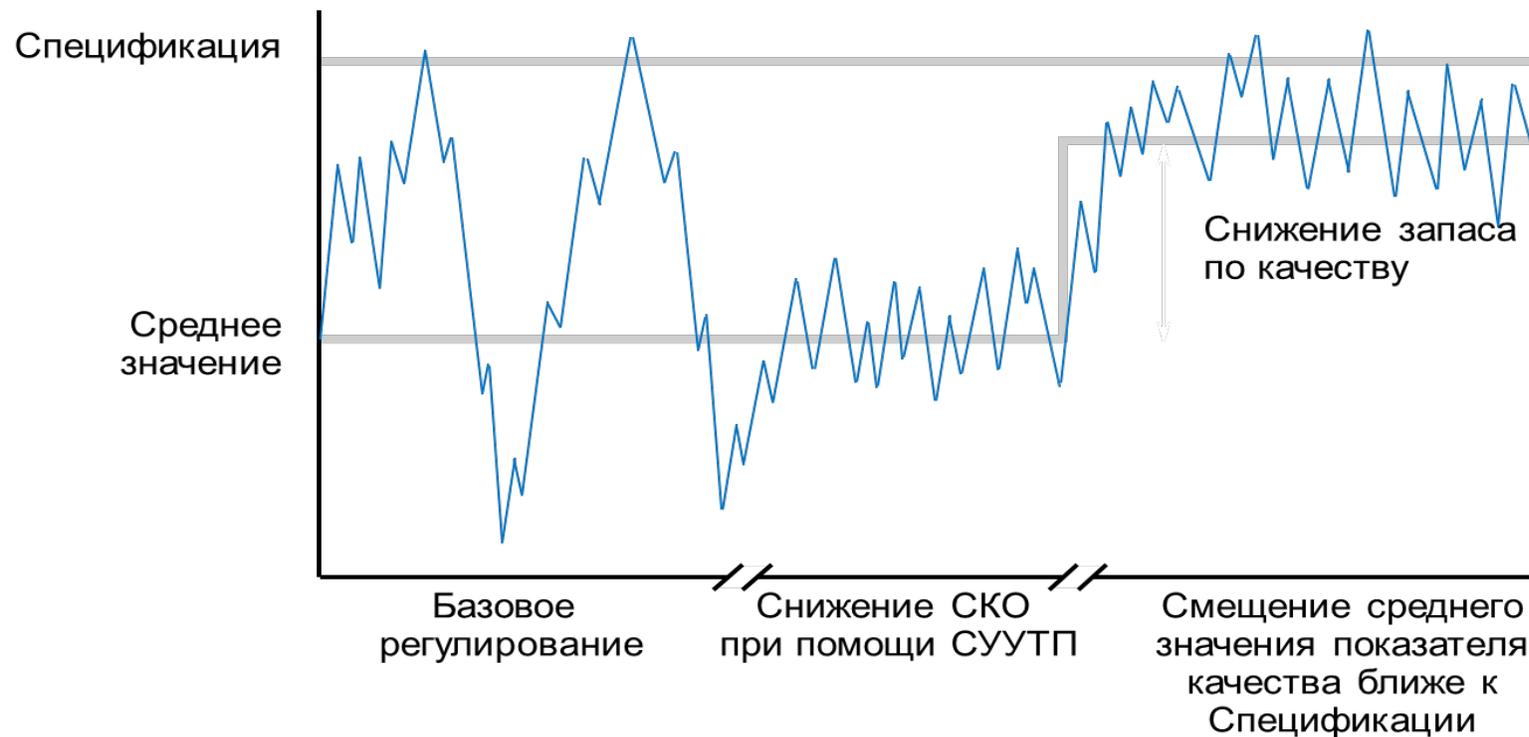
Разработка промышленного контроллера (совместно с МФТИ)



Системы усовершенствованного управления (СУУТП)



- Многопараметрическое управление
- Динамические предиктивные модели технологического процесса
- Стабилизация и оптимизация работы отдельных установок или группы и поставок



Задача смешения

Товарные продукты:

Бензин, керосин,
дизельное топливо, мазут, ...

Спецификационные требования:

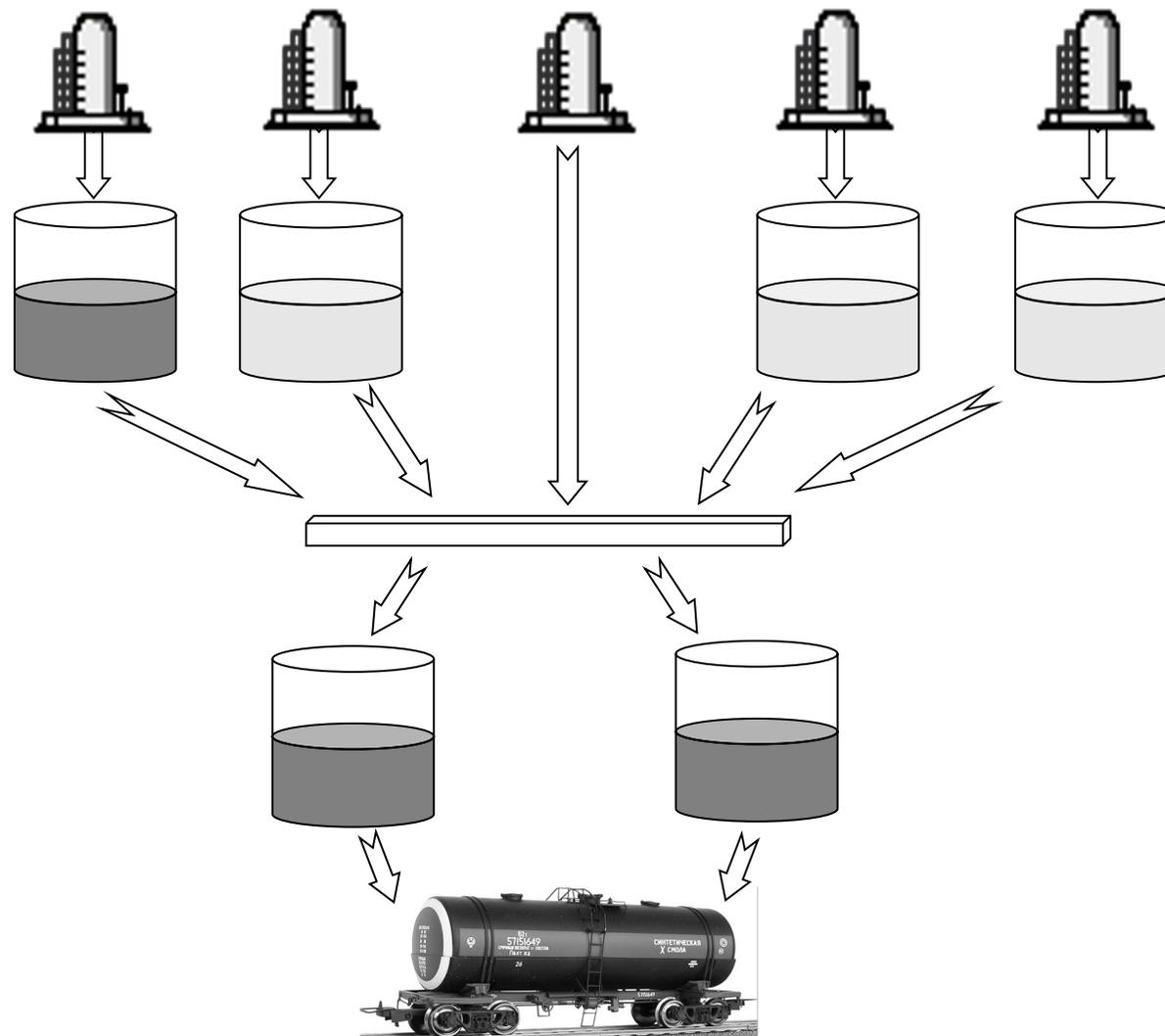
Октановое число $\geq \text{ОЧ}_{\min}$

Давление паров $\geq \text{ДНП}_{\min}$

Плотность $\geq \rho_{\min}$

Содержание серы $\leq S_{\max}$

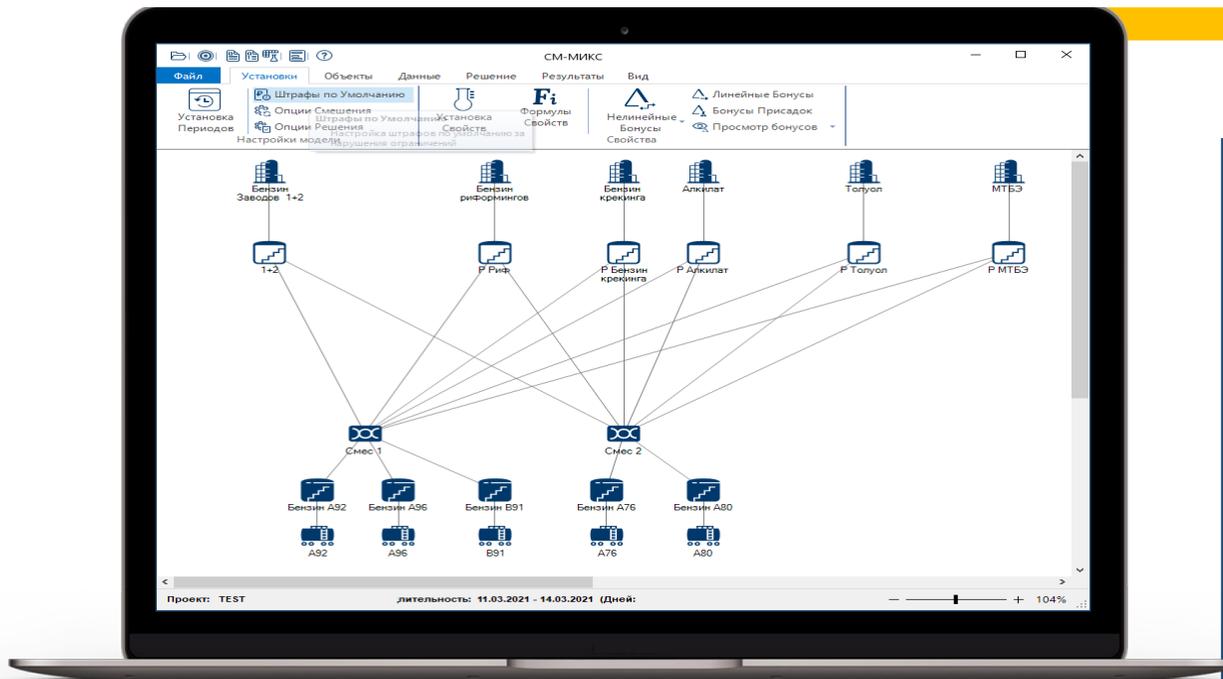
...



Офлайн смешение (оперативное планирование)



- Расчет рецептур смешения по партиям
- Использование средств математической оптимизации

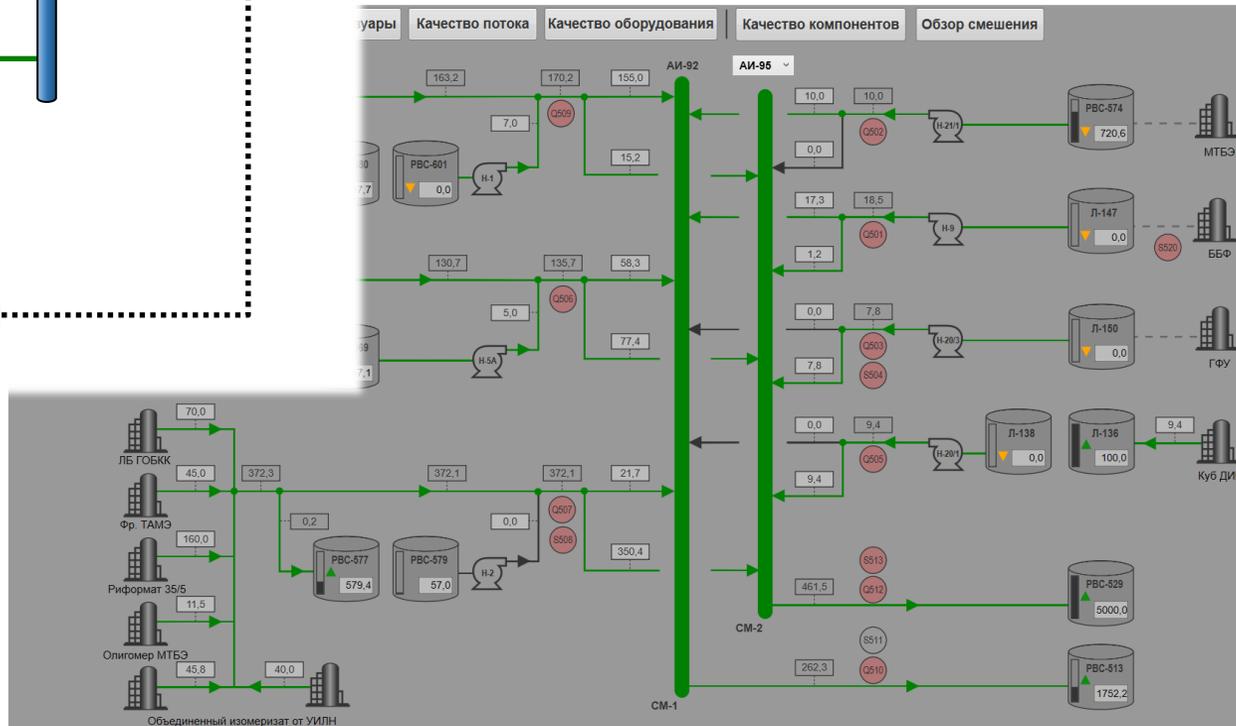
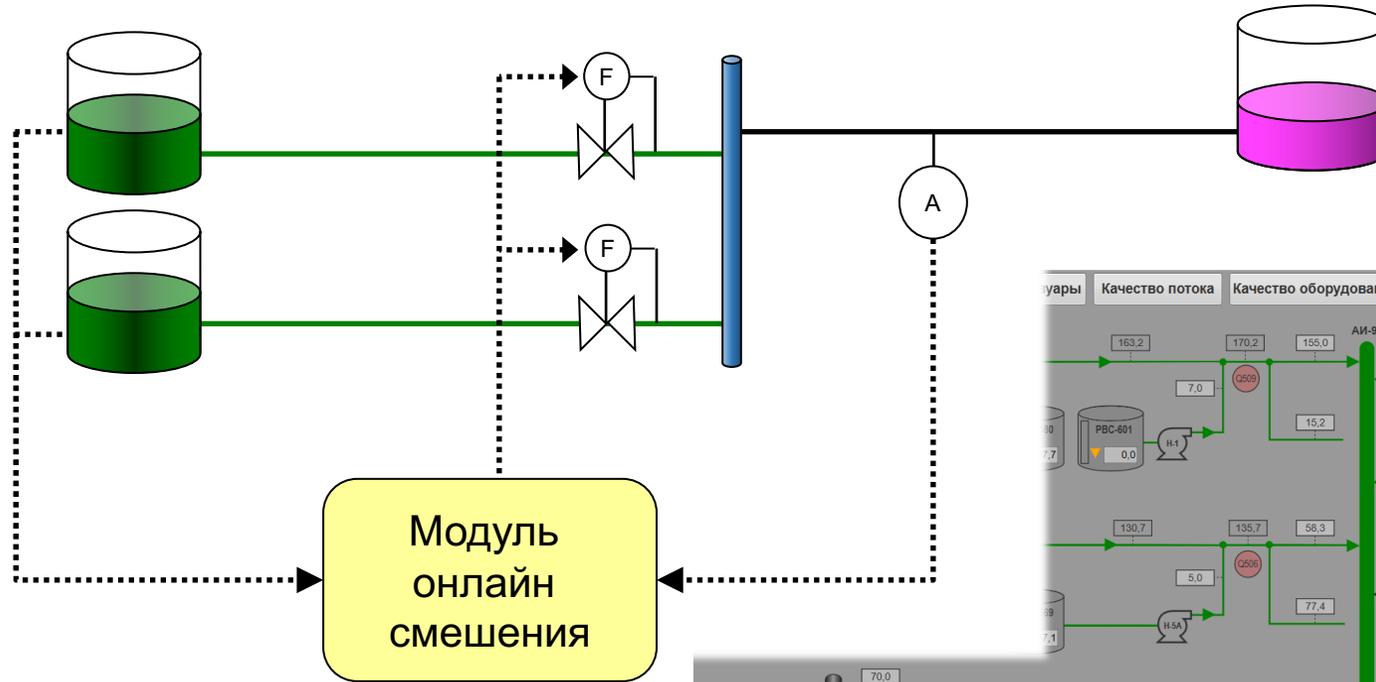


Продукт		РЕЦЕПТ.	РЕЦЕПТ.
А92		СВЕЖ.	ПРОДУКТ.
Резерв. Смешения Смес 1		КОМПОН.	РЕЗЕРВ.
Прод. Резервуар Бензин А92			
КОМПОНЕНТ / РЕЗЕРВУАР	ОБЪЕМНАЯ РЕЦЕПТУРА	РЕЦЕПТ. СВЕЖ. КОМПОН.	РЕЦЕПТ. ПРОДУКТ. РЕЗЕРВ.
Р Риф (1)	86.419	28.8%	24.7%
Р Бензин крекинга	207.985	69.3%	59.4%
Р Толуол	5.596	1.9%	1.6%
ИТОГО КОМПОНЕНТОВ	300.000	100.0%	85.7%
НАЧ. ОСТАТКИ В ПРОД. РЕЗ.	50.000		14.3%
ИТОГО СМЕШАНО В ПРОД. РЕЗ.	350.000		100.0%

КАЧЕСТВО	МИН СПЕЦ.	МАКС СПЕЦ.	КАЧЕСТВО КОМП.	КАЧЕСТВО ПРОДУКТА	ОТКЛОН. ОТ СПЕЦ.
Исследовательский октан	91.000		91.014	91.000	НА МИН
Моторный октан	81.000		84.587	84.077	3.077
Давление паров по Рейду		81.000	81.000	81.000	НА МАКС
Плотность			0.783	0.785	
Ароматика			38.522	33.330	
Сера		0.050	0.011	0.009	0.041

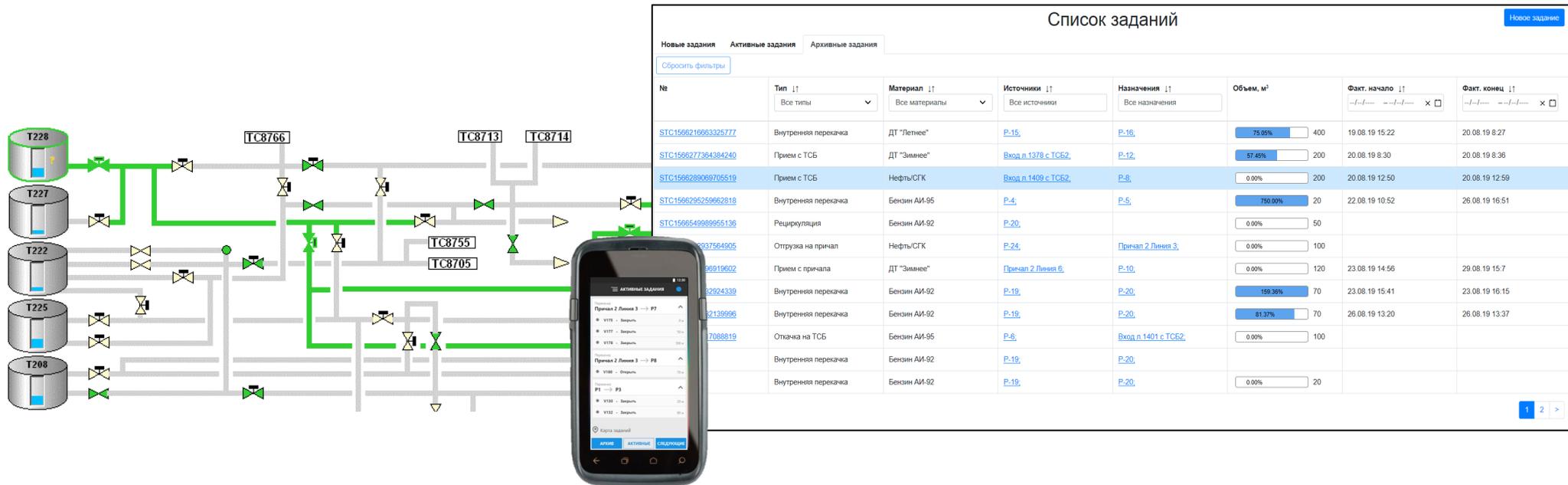
Онлайн смешение нефтепродуктов

- Реализация заданной партии по целевому рецепту
- Корректировка рецепта по обратной связи от анализатора



Интеллектуальные АСУТП

- Расширение АСУТП, обеспечивающее высокоуровневое процедурное управление процессом
- Позволяет контролировать процесс и автоматизировать рутинную деятельность оперативного персонала, повышая эффективность и снижая риски
- Обеспечивает интеграцию с системами АСУП, повышая прозрачность производства
- Примеры: системы управления перекачками в товарных парках



Высокоточное моделирование (VTM)

Решения на основе VTM

Инженерное моделирование

- оптимизация капитальных затрат
- проверка инженерных решений
- анализ ТП и оптимизация режимов
- разработка эффективных операционных процедур

Цифровые двойники

- воспроизведение неизмеряемых параметров
- оптимизация технологических режимов
- выявление неисправностей и отклонений от нормы
- диагностика важного оборудования; прогнозирование отказов
- ремонт оборудования по состоянию

Компьютерный тренинг операторов

- укрепление диагностических навыков
- обучение работе в нестандартных и аварийных ситуациях
- сокращение времени пуска и количества инцидентов
- повышение эффективности и сокращение времени обучения



Высокоточная модель
технологического
процесса



Пакет Факел

Моделирование факельной сети
и сети разгрузки



Пакет «Теплообменники»

Детальный расчет теплообменного
оборудования



Пакет «Пинч-анализ»

Расчет и оптимизация теплообменной
сети



Пакет Тренажер

Обучение оперативного персонала



Инженерное моделирование

Компоненты системы

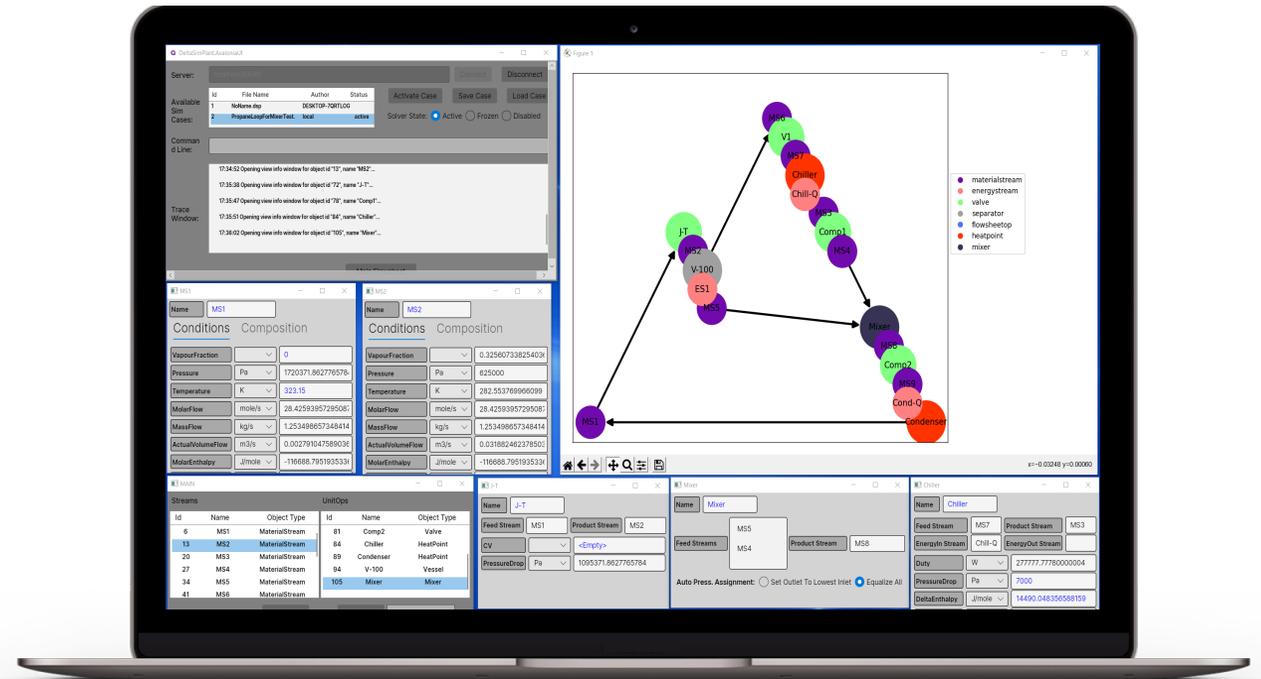
- расчет колонн
- термодинамические пакеты
 - уравнения состояния
 - модели активности
 - библиотека компонентов
- гидравлика потоков
- представление нефти, типы нефтей

Архитектура

- распределённые вычисления
- совместная работы с моделями
- разделение доступа

Расчет ТП

- решатель (open-source)
- модели аппаратов
- логические элементы

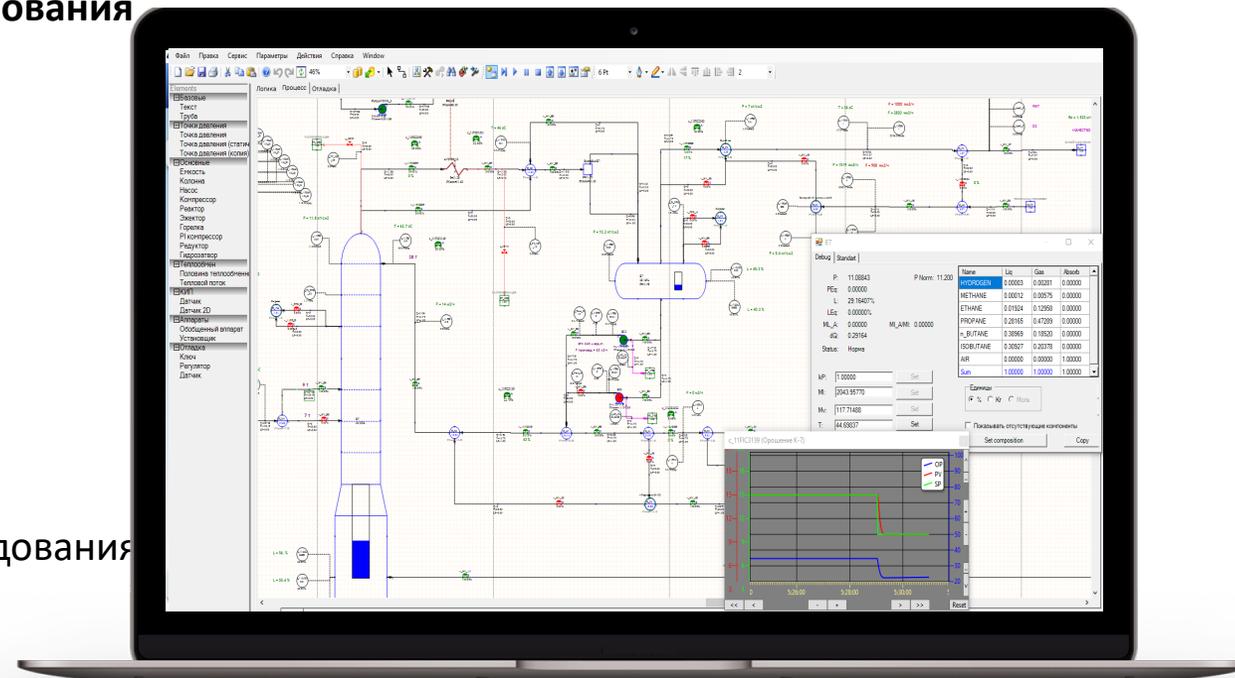


Цифровые двойники для предиктивной аналитики ТП и АСУТП



Предиктивный анализ на основе высокоточного моделирования

- визуализация ненаблюдаемых переменных и производственных характеристик
- «виртуальные анализаторы»
- оценка времени достижения
- пороговых технологических значений
- поддержание безопасных и экономичных режимов
- раннее оповещение об опасных ситуациях
- упрощение работы операторов
- экономия на стоимости профилактики и ремонта оборудования



Компьютерный тренинг и управления компетенциями операторов

Тренажёрная платформа DeltaSim

Конфигуратор математических моделей

- библиотека моделей узлов и аппаратов
- библиотека свойств веществ и компонентов
- расчет гидравлики

Воспроизведение среды управления

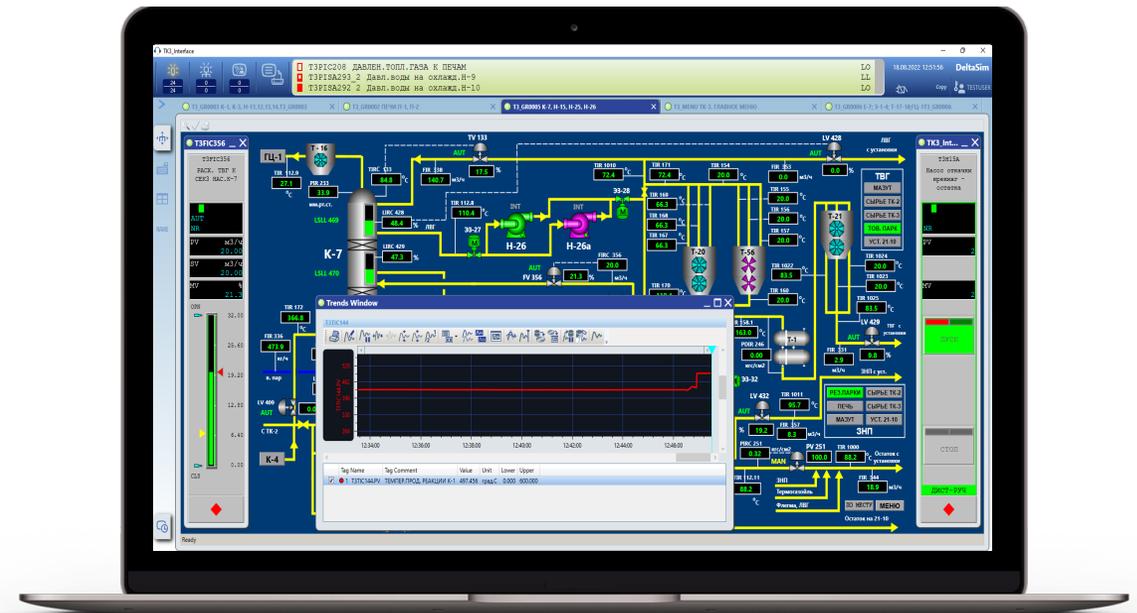
- эмуляция распространённых интерфейсов
- использование «родного» ПО РСУ (там, где возможно)
- интерфейсы полевого оператора

Современная функциональность станции инструктора

- управление тренингом
- тренировочные сценарии
- автоматизированная оценка действий оператора;
отчеты

Инженерная станция

- настройка и отладка моделей и системы управления



Компьютерный тренинг и управления компетенциями операторов ²

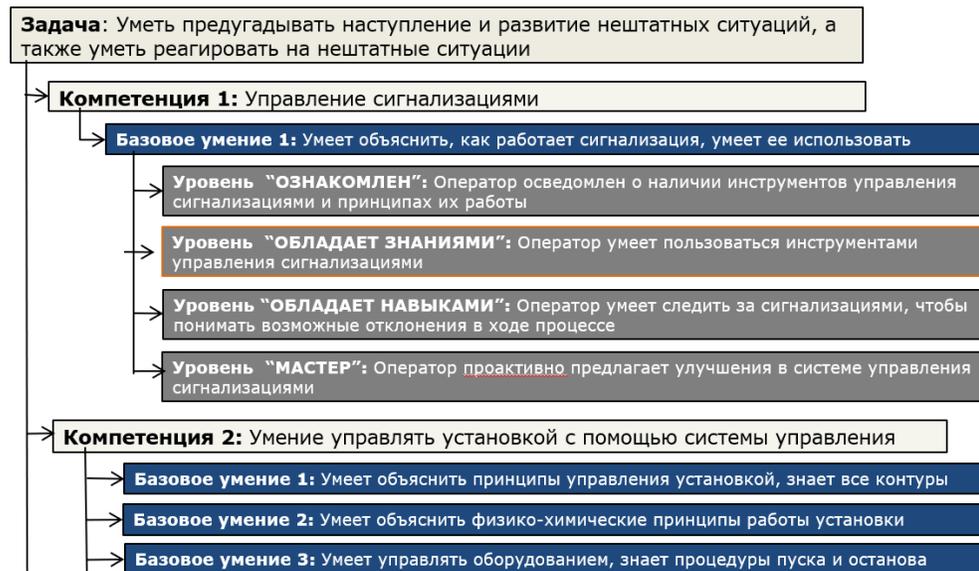


Управление компетенциями операторов

- Мотивация пользователей: кадровый голод, капитализация знаний персонала, кросс-тренинг
- От отдельных навыков к развитию, проверке и оценке компетенций (на индивидуальной основе)
- Проверка компетенций на соответствие профессиональным стандартам
- Настраиваемые модели компетенций
- Агрегирование, сохранение оценок и анализ компетенций
- Траектории индивидуального развития и выбор будущих шагов, обратная связь работнику
- Повышение операторской позиции и коррекция курсов тренинга на основе оценок компетенции

Информационно-аналитический модуль (ИАМ)

- цифровое портфолио обучаемого: оценки результатов обучения (тренажеры, АСО, дополнительные курсы, отзывы)
- отчеты по компетенциям (индивидуальные или групповые)
- настройка ИАМ Пользователем: новые обучаемые, новые средства обучения (источники оценки компетенций)



Компьютерный тренинг и управления компетенциями операторов³



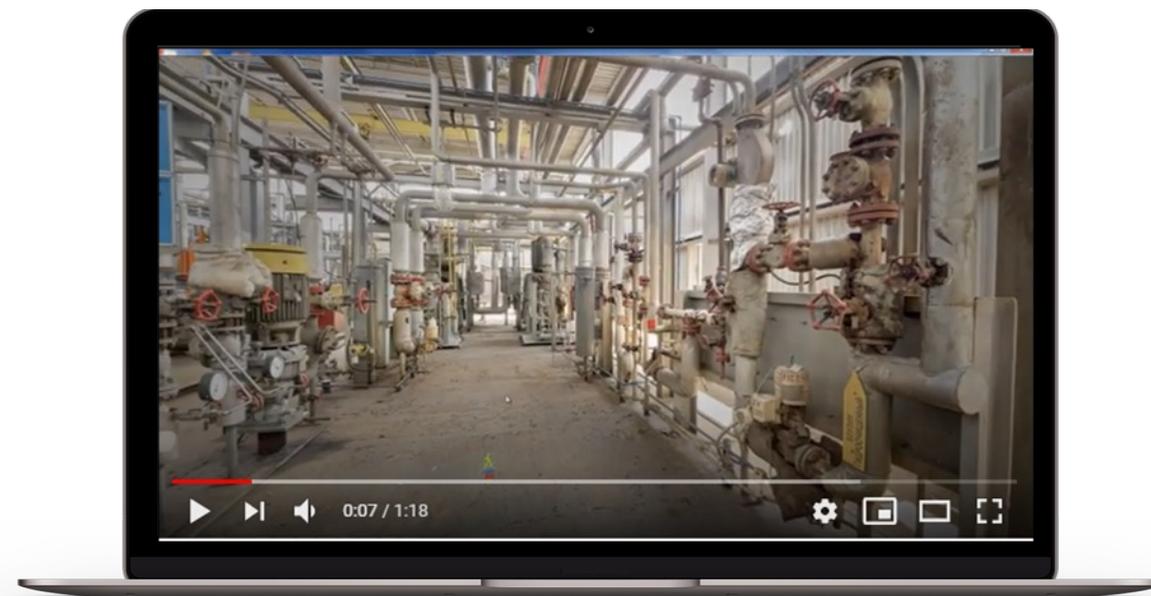
Элементы системы управления компетенциями

Типовые тренажёры

- для оперативного персонала, неохваченного «точными» КТ
- для новичков и будущих операторов (студентов вузов и сузов)
- «горизонтальная ротация» операторов (кросс-тренинг)
- практическая часть экзамена на профквалификацию

Автоматизированные системы обучения операторов (АСО)

- базовые навыки управления: генерация возможных причин и прогнозирование последствий нарушений
- распознавание ненормальных режимов
- планирование сложных процедур управления
- Планы локализации аварийных ситуаций (ПЛА):
 - электронный ПЛА
 - инструкции выполнения опасных операций
 - ролевые игры (стресс-защищенные стратегии выполнения ПЛА)
 - иммерсивные интерфейсы персонала «в поле»



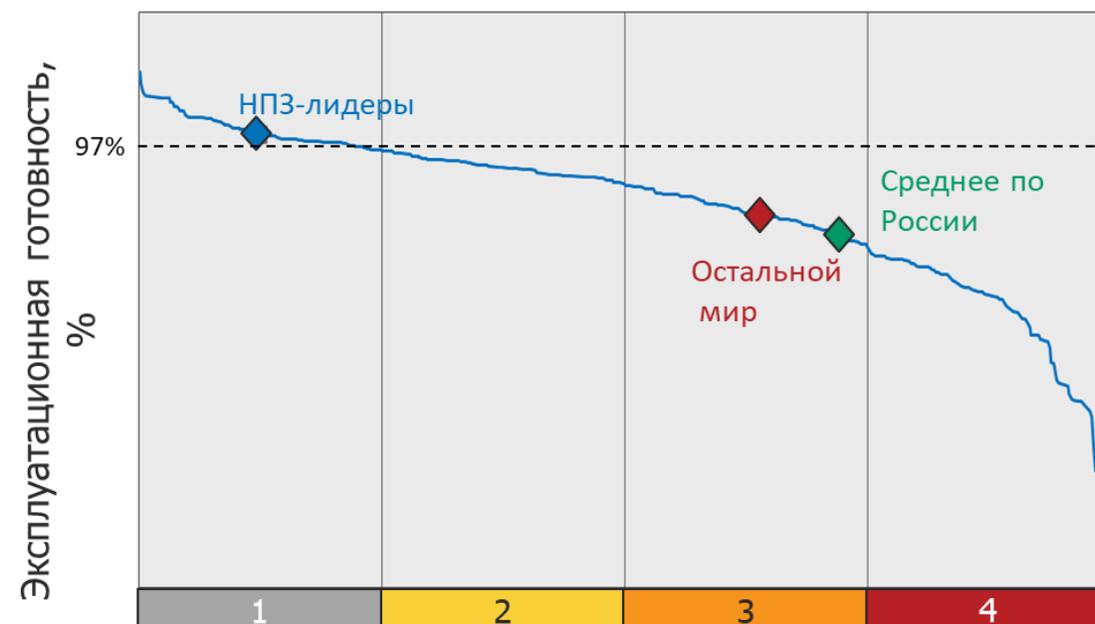
<https://youtu.be/wFe3HJyzclA>

Инвестиционные стратегии, мастер-планы и ТЭО проектов развития

- оптимизационное моделирование вариантов технологической схемы
- финансово-экономический анализ инвестиций с помощью имитационных моделей (денежные потоки, налоги, цены, пр.)
- анализ вариантов развития, бенчмаркинг-анализ оптимального варианта, оценка влияния долгосрочных программ развития

Бенчмаркинг предприятий нефтепереработки, нефтехимии и газопереработки

- сравнение показателей работы предприятия с показателями лидеров
- определение сильных сторон и возможностей для улучшений
- оценка потенциального эффекта и выявление направлений приложения усилий
- прогноз производственных показателей с помощью систем планирования (СМПП) – дополнительный критерий бенчмаркинга



Квартиль

Текущее состояние разработки и внедрения отечественного ПО



Готовые решения

Планирование – коммерческий продукт СМПР, ряд реализованных проектов в 2022-2023 (Татнефть, ТАНЕКО, пилотный проект в крупной российской ВИНК)

Информационная безопасность и оборудование – поддержка со стороны Rubytech, Скала^р, Avanpost

Тренажерные комплексы – **DeltaSim**, 15+ реализованных проектов 2019-2023 (Башнефть, Славянск-Эко и др.)

Готовность в 2023 году

MES – совместная разработка с Rubytech / ArenaData, выпуск первых продуктов – III квартал 2023 года

СУУТП / Смешение - высокая степень готовности (выпуск ПО 2023 год)

В разработке

АСУТП – совместная разработка с МФТИ, грант, старт проекта – февраль 2023 года

Контактные лица по направлениям

Планирование

- Баулин Евгений baulin.es@mipt-cdt.ru
- Аносов Андрей andrey.anosov@mipt-cdt.ru
- Александр Хохлов alexander.khokhlov@mipt-cdt.ru

СУУТП

- Коростелев Александр Alexander.Korostelyov@mipt-cdt.ru
- Аносов Андрей andrey.anosov@mipt-cdt.ru
- Дозорцев Виктор victor.dozortsev@mipt-cdt.ru

Управление смешением, интеллектуальные АСУТП, оперативное управление производством

- Аносов Андрей andrey.anosov@mipt-cdt.ru

Высокоточное моделирование

- Игорь Сластенов igor.slastenov@mipt-cdt.ru

Тренинг и управление компетенциями операторов, цифровые двойники

- Игорь Сластенов igor.slastenov@mipt-cdt.ru
- Алексей Фролов alexey.frolov@mipt-cdt.ru
- Дозорцев Виктор victor.dozortsev@mipt-cdt.ru

Консалтинг

- Юрий Шишорин yuri.shishorin@mipt-cdt.ru
- Александр Капустин alexander.kapustin@mipt-cdt.ru

АСУТП

- Александр Родионов Alexander.Rodionov@mipt-cdt.ru
- Сергей Зусман sergey.zusman@mipt-cdt.ru
- Александр Доброскокин Alexander.Dobroskokin@mipt-cdt.ru