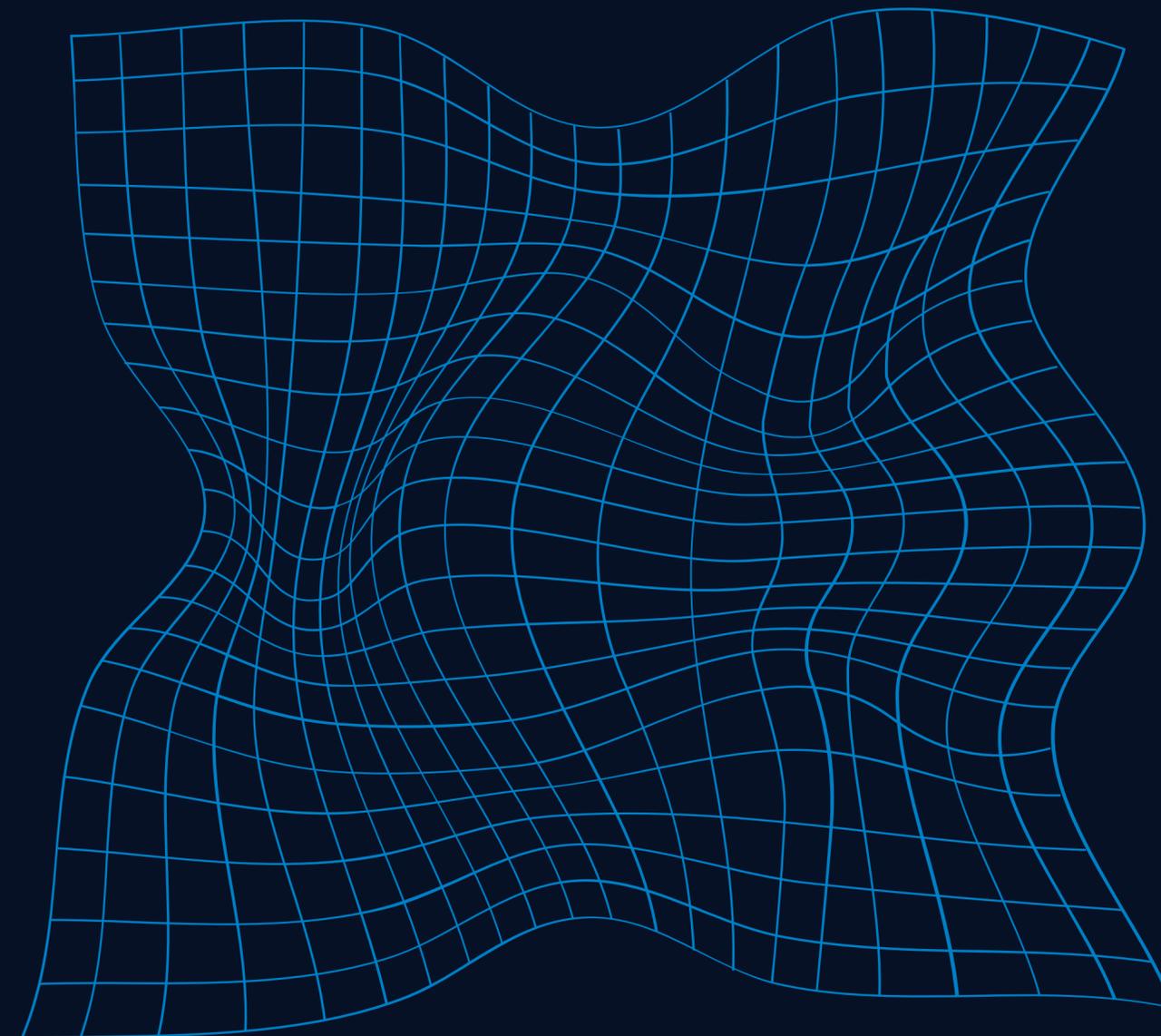


Цифровой двойник объекта подготовки на основе API- сервера tНавигатор



2024

Александр Абрамов, Александр Абутков



Содержание

- Что такое цифровой двойник?
- Суть концепции
- Установка подготовки нефти
- Данные (почти) реального времени
- Модели
 - Поток эмульсии в аппарате
 - Анализ подготавливаемого газа
- Настройка модели
 - Эффективность сепаратора
- Работа с моделью через API-сервер
 - Архитектура
 - Инициализация
 - Изменение параметров модели и расчет сети
 - Получение результатов расчета
- Интерфейс

Что такое цифровой двойник?

“Цифровой двойник это виртуальное представление предмета или системы, созданное для точного отображения физического объекта. Он охватывает жизненный цикл объекта, обновляется на основе данных реального времени и использует моделирование, машинное обучение и рациональный анализ для поддержки принятия решений”

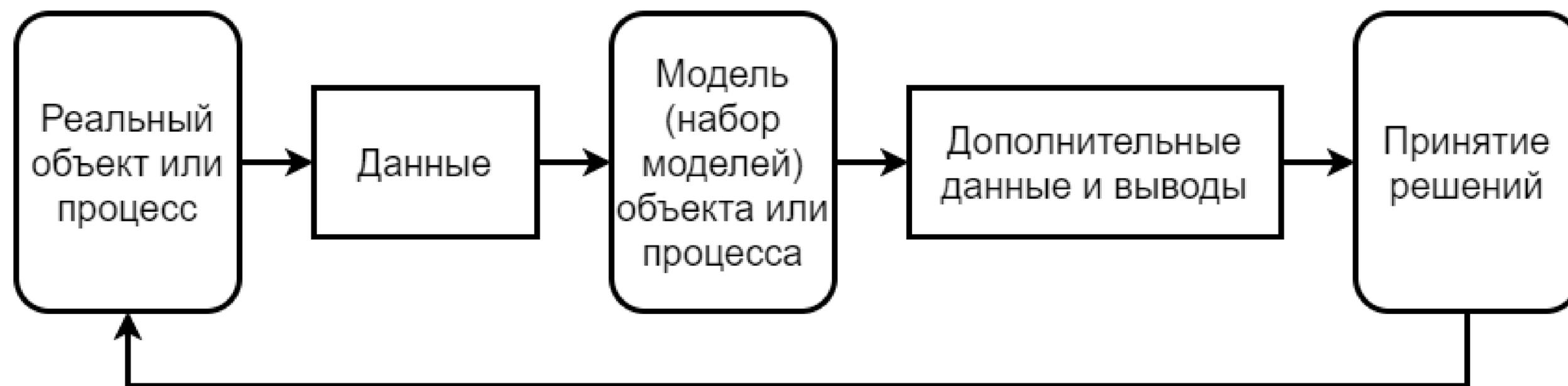
<https://www.IBM.com/topics/what-is-a-digital-twin>

Ключевые моменты:

- Точное отображение физического объекта
- Обновляется на основе данных реального времени и использует моделирование
- Помогает в принятии решений

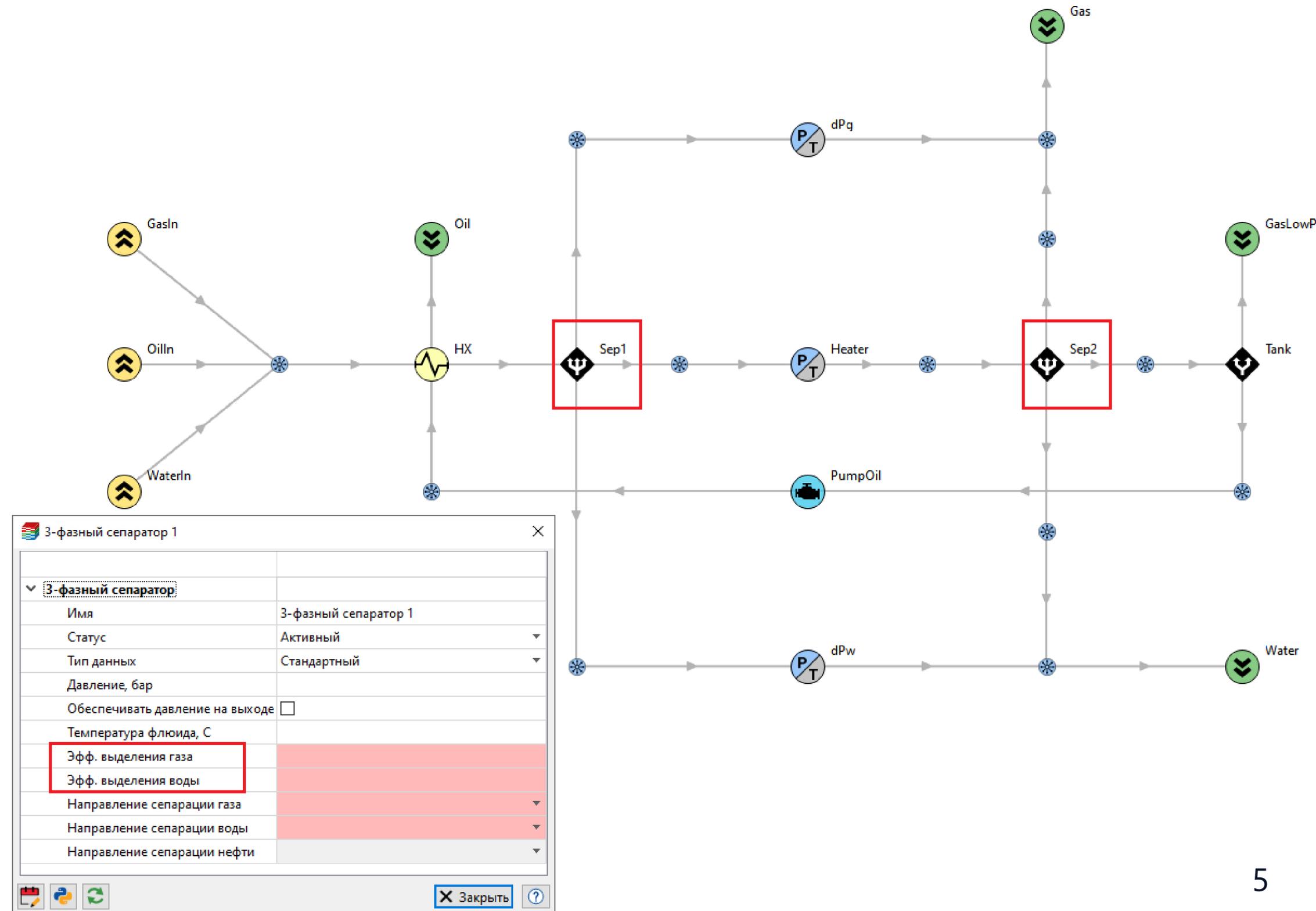
Суть концепции

- Цифровой двойник это настроенная на данные реального времени модель (набор моделей)
- Результаты полученные с помощью такой модели дополняют данные реального времени (например, виртуальная расходометрия) и позволяют углубить понимание объекта



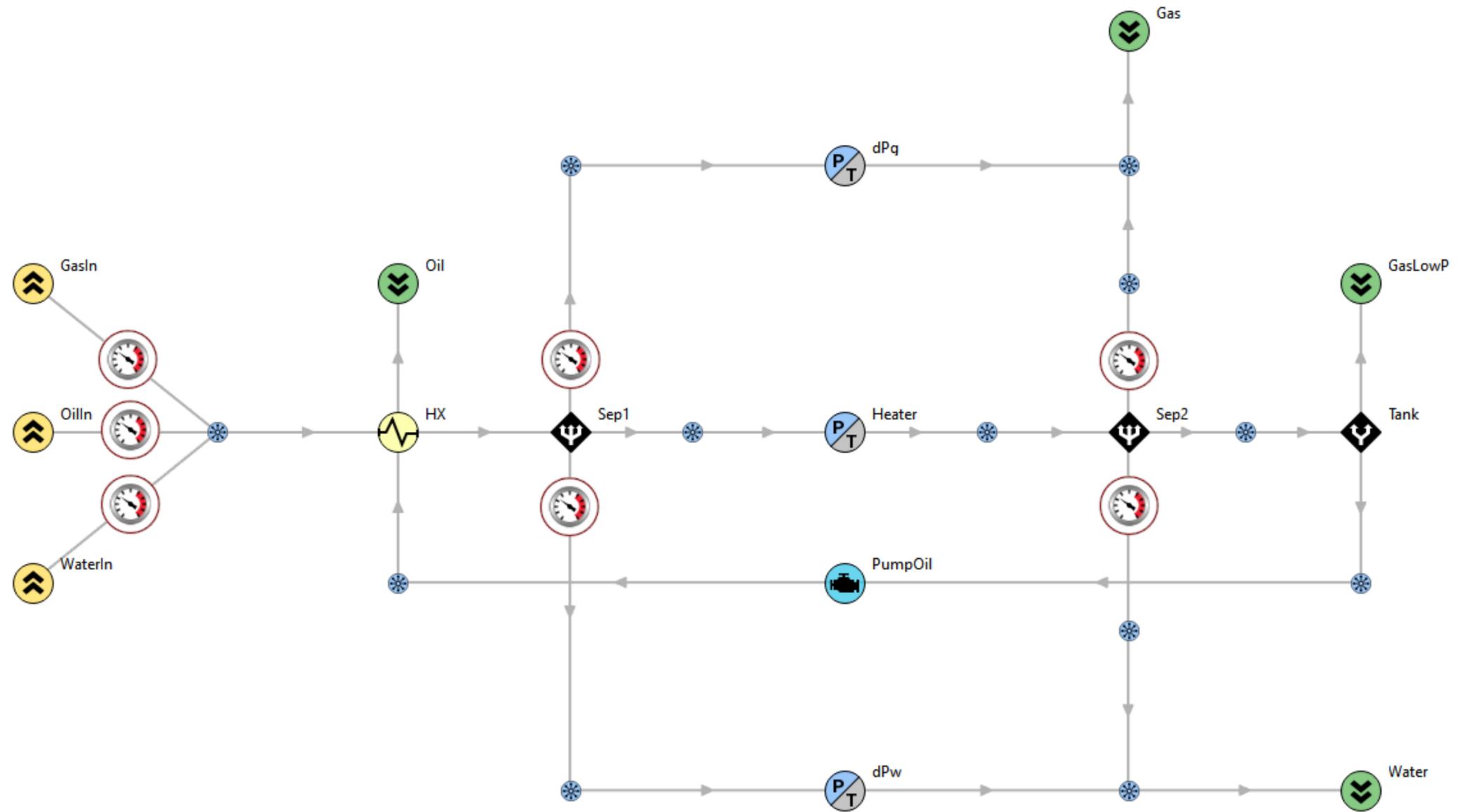
Установка подготовки нефти

- Классическая двухступенчатая сепарация
- Параметры с высокой степенью неопределенности
- Эффективность отделения газа
- Эффективность отделения воды



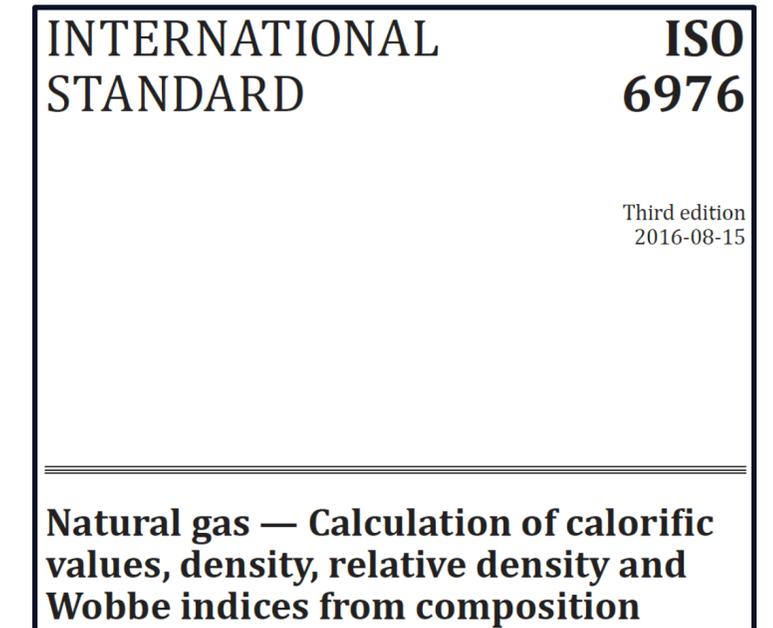
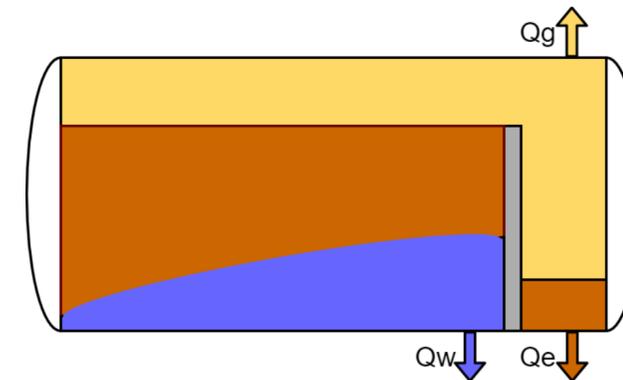
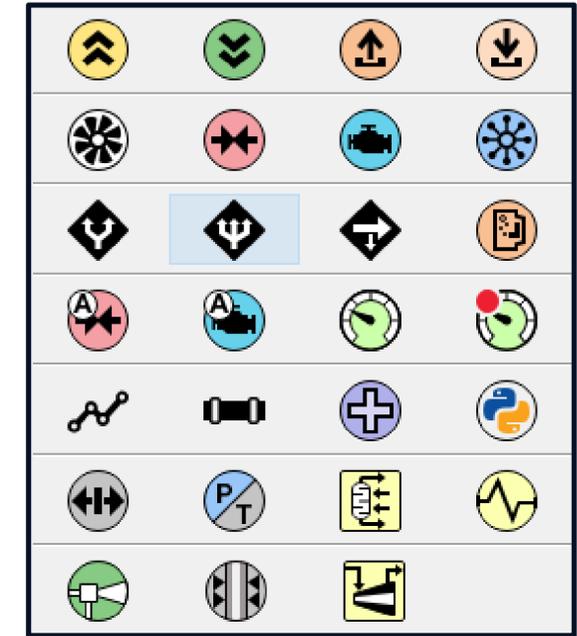
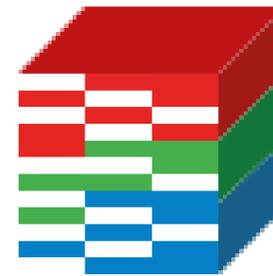
Данные (почти) реального времени

- Модель и объект синхронизируются по РТ-условиям (давления на ступенях, температура на входе)
- Делаем допущение о доступности потоковых данных
 - Фазовые расходы на входе
 - Расходы газа и воды со ступеней сепарации
- Характеристики сепараторов должны быть известны
 - Конструкция, диаметр, длина, объем



Модели (1/3)

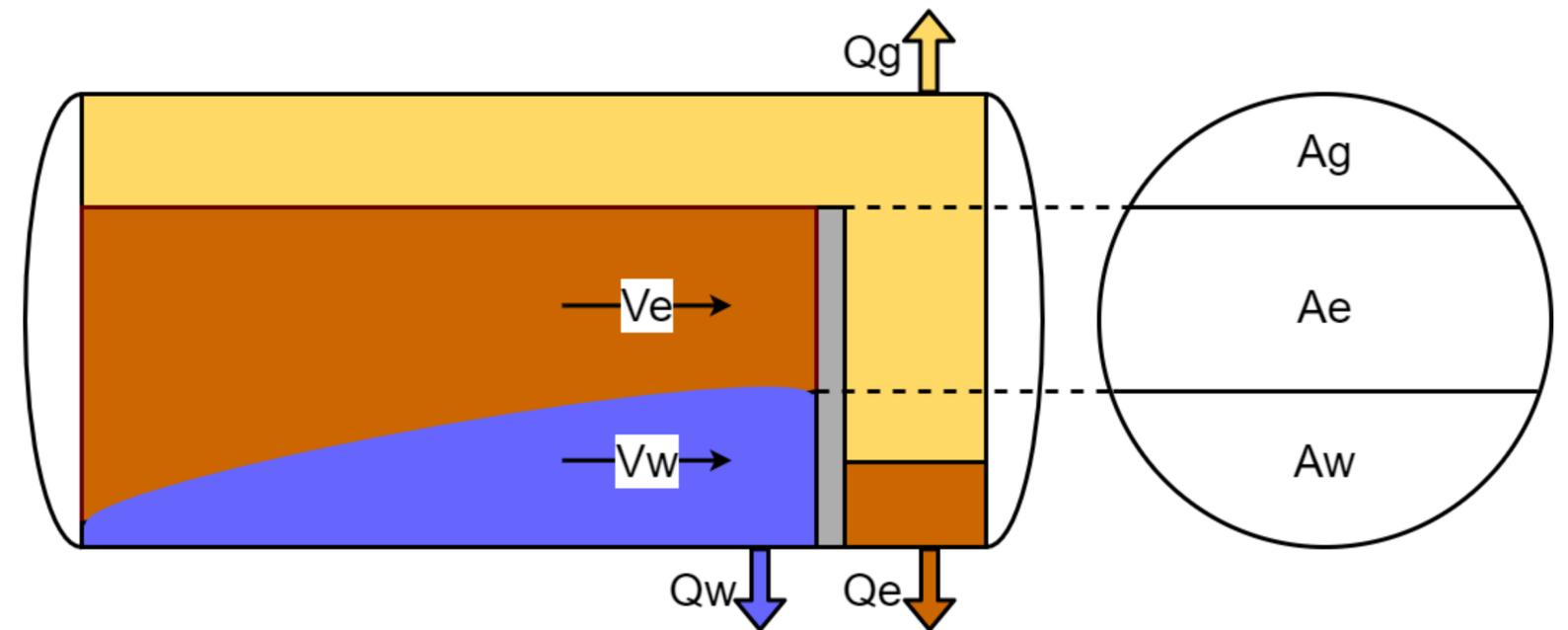
- Имеющиеся в тНавигатор
 - Газожидкостное равновесие
 - Термодинамика
 - Палитра технологических элементов и решатель сети, редакторы, действия Питон и многие другие функции
- Пользовательские модели
 - Поток эмульсии в аппарате
 - Время удержания
 - Проверка уровня воды
 - Анализ попутного газа
 - Теплотворная способность и модель печи
 - Выбросы диоксида углерода



Модели (2/3)

Поток эмульсии в аппарате

- Модель зависит от конструкции (здесь с переливной перегородкой)
- С известными отборами воды и эмульсии, площадь сечения водяного слоя может быть найдена из **условия непроскальзывания** для жидкой фазы
- Уровень воды вычисляется из площади сегмента



$$(1) V_e = V_w$$

$$(2) A_e + A_w = 0.7 * A_{tot}$$

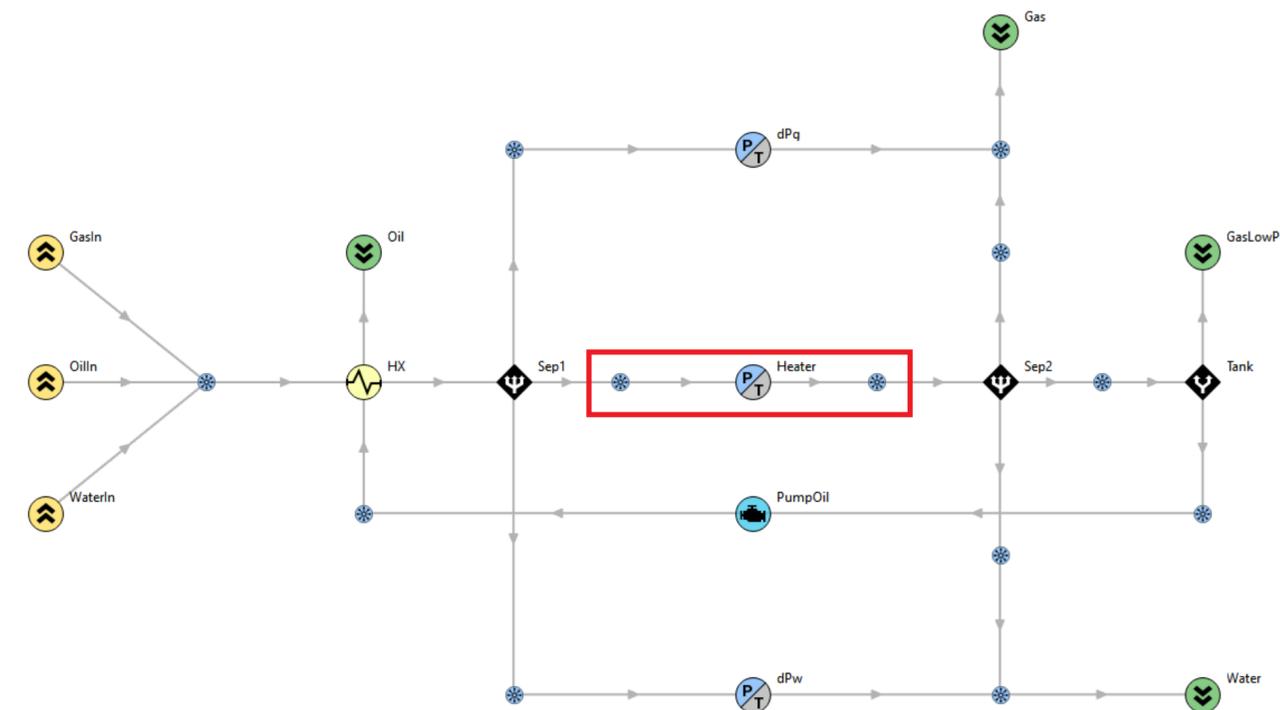
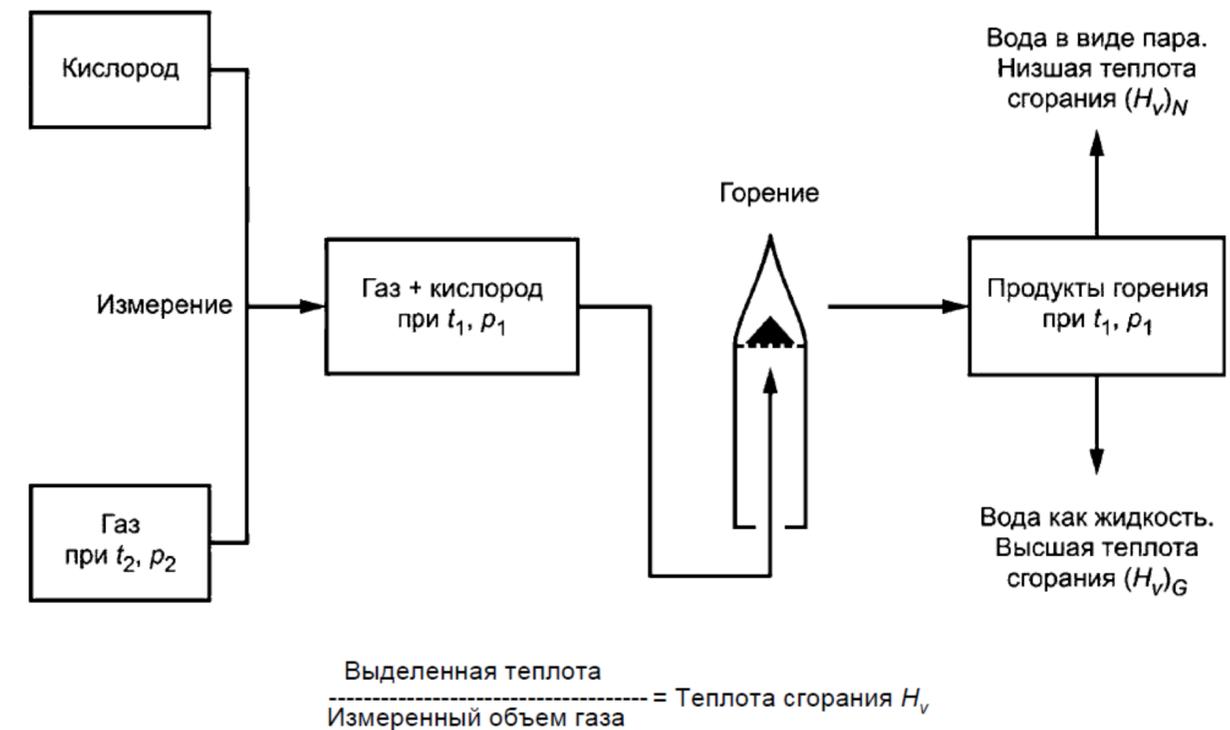
$$\Rightarrow A_w = 0.7 * A_{tot} * Q_w / (Q_e + Q_w)$$

$$A_w = R^2 \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) - (R - h) \sqrt{R^2 - (R - h)^2}$$

Модели (3/3)

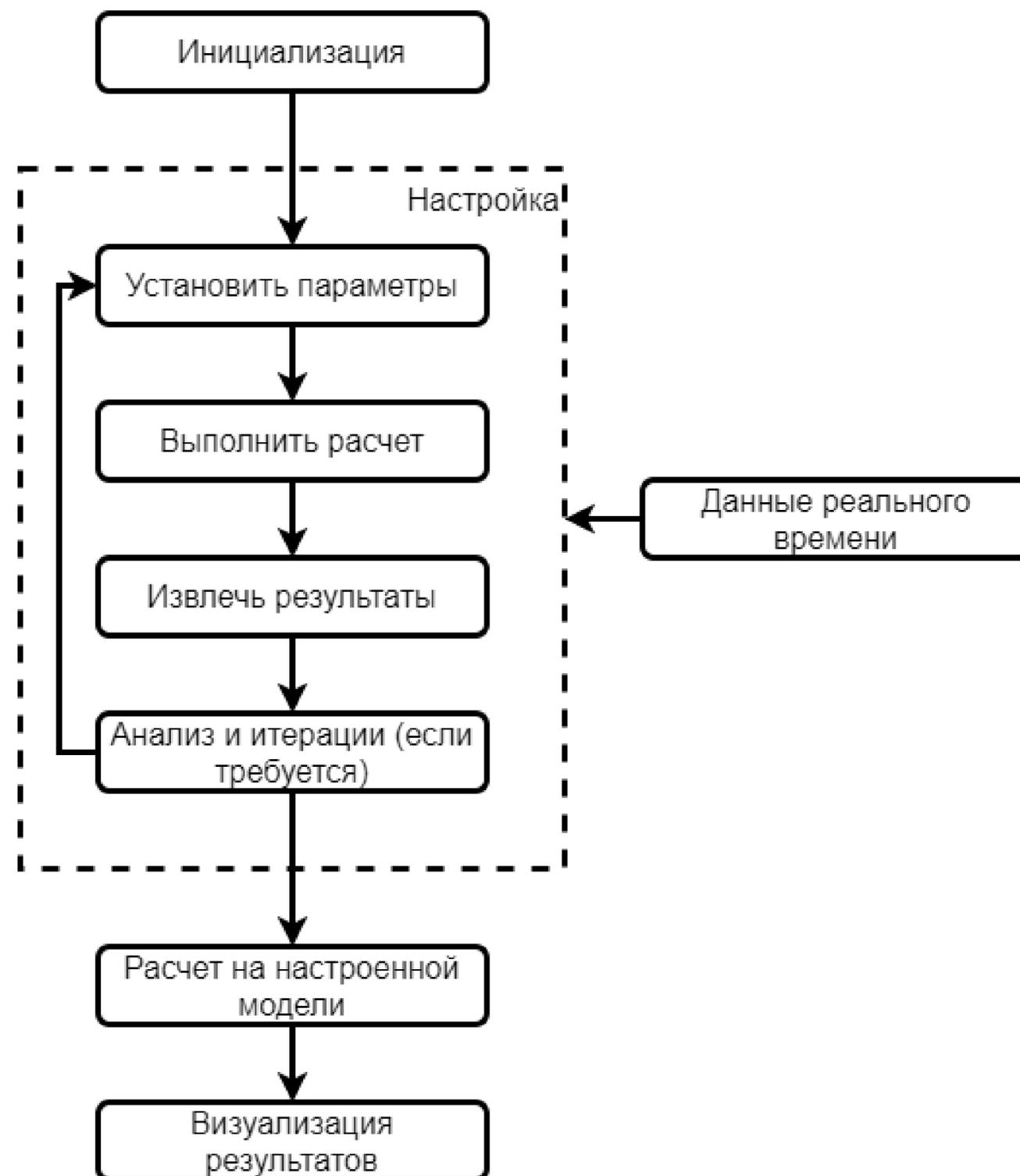
Анализ подготавливаемого газа

- ГОСТ 31369-2021 (ISO 6976:2016)
 - Низшая теплота сгорания: все продукты сгорания находятся в газообразном состоянии
 - Высшая теплота сгорания: как и выше, за исключением воды
- Изменение энтальпии флюида на печи из модели tНавигатор; + модель печи на основе эффективности
- Выбросы диоксида углерода на основе полного сгорания



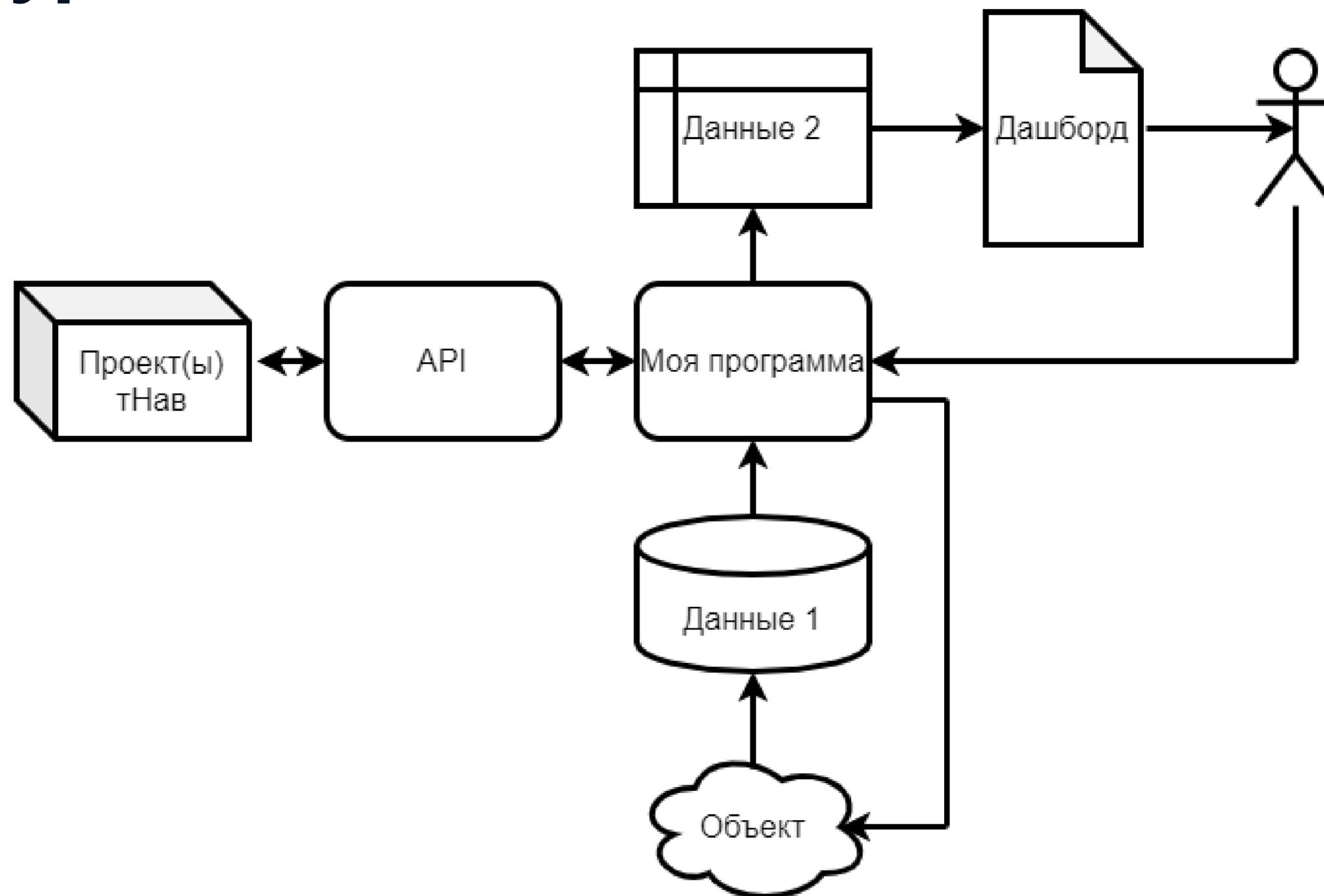
Настройка модели (1/2)

- В общем случае настройка модели это итерационный процесс
- Настроенная в реальном времени модели (цифровой двойник) используется для дальнейшего анализа и визуализации полученных результатов



Работа с моделью через API-сервер (1/4)

Архитектура



Работа с моделью через API-сервер (2/4)

Инициализация

```
import tNavigator_python_API as tnav
from tNavigator_python_API import ProjectType
tNavExe = 'C:/tNavFiles/24.2/tNavigator-con-v24.2-3696-g21ce3d2.exe'
conn = tnav.Connection(path_to_exe=tNavExe)
snp_project = conn.open_project(path='C:/Users/aleksandr.abramov/Desktop/DigitalTwin/tNavProj/DigitalTwin.snp')
nd_proj = snp_project.get_subproject_by_name(name='DigitalTwin', type=ProjectType.ND)
nd_proj.run_py_code(code="request_license_feature(feature='FEAT_NETWORK_DESIGNER')")
```

Работа с моделью через API-сервер (3/4)

Изменение параметров модели и расчет сети

```
HEATERT = 35.0

myRes = nd_proj.run_py_code(code="""
timeStp = datetime(year=2024,month=3,day=1,hour=0,minute=0,second=0)

object_parameters_change(event_date=timeStp,
    index=find_nd_object(name="Heater", type="differential"),
    event_type="temperature_change_value",
    value="" +str(HEATERT)+"")

nd_objects_adjust_three_phase_separator(create_objects=False,
    events_table=[{"object": "Sep1", "time_step": timeStp, "gas_efficiency": 1, "water_efficiency": 1}])

run_network_model_calculations(result="Result1", replace_if_exists=True)

obj = find_nd_object(name = "JSep1g", type = "joint")

res = obj.get_result_values(result_name = "Result1", parameter_names = ["gas volume rate sc"])

return res["gas volume rate sc"].iloc[0]
""")

print(myRes)

snp_project.close()
```



Работа с моделью через API-сервер (4/4)

Получение результатов расчета

```
myRes = nd_proj.run_py_code(code="""
defaultTNavRes = "Result1"

def getRes(objName, objType, objParam, ndResult=defaultTNavRes):
    obj = find_nd_object(name = objName, type = objType)
    res = obj.get_result_values(result_name = ndResult, parameter_names = [objParam])
    return res[objParam].iloc[0]

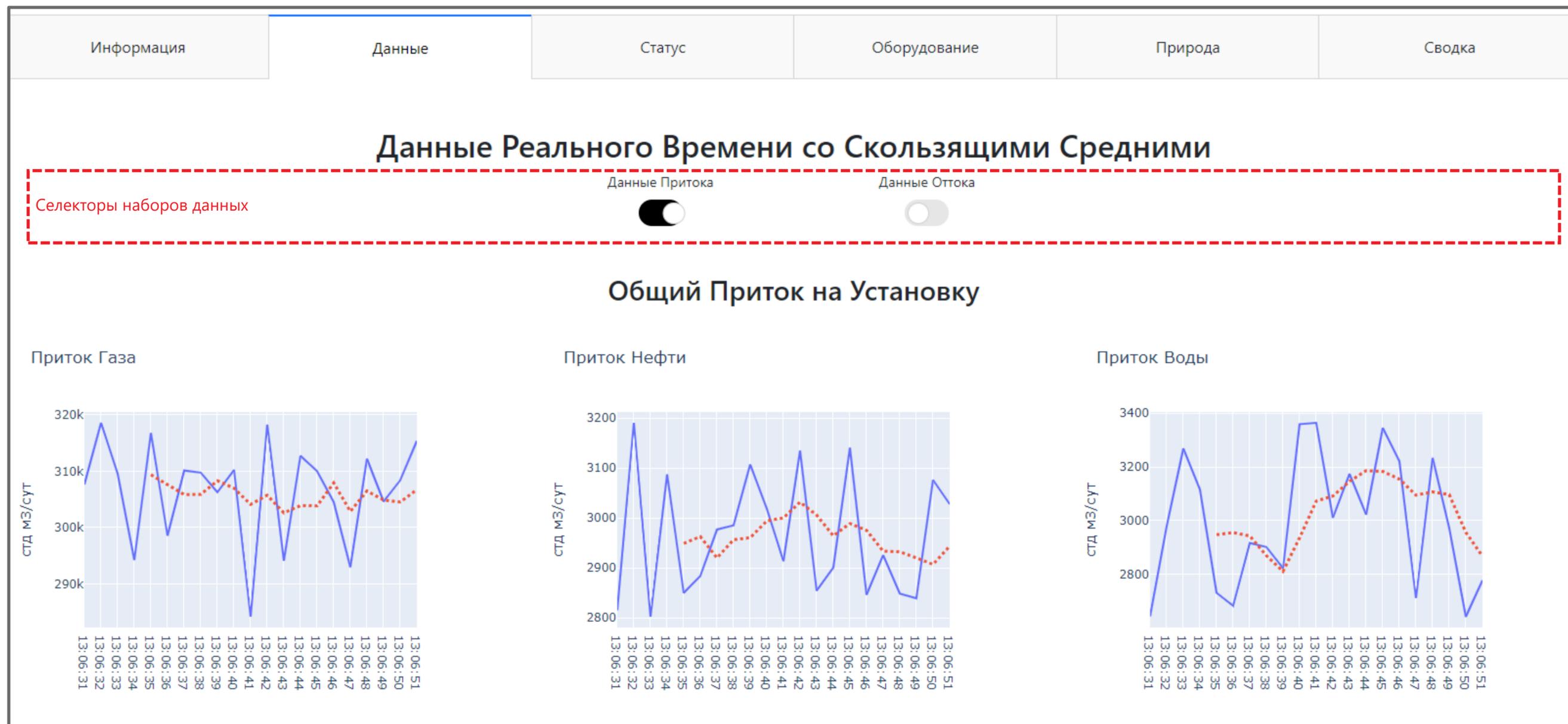
run_network_model_calculations(result=defaultTNavRes, replace_if_exists=True)

res = getRes("JSep1g", "joint", "gas volume rate sc")

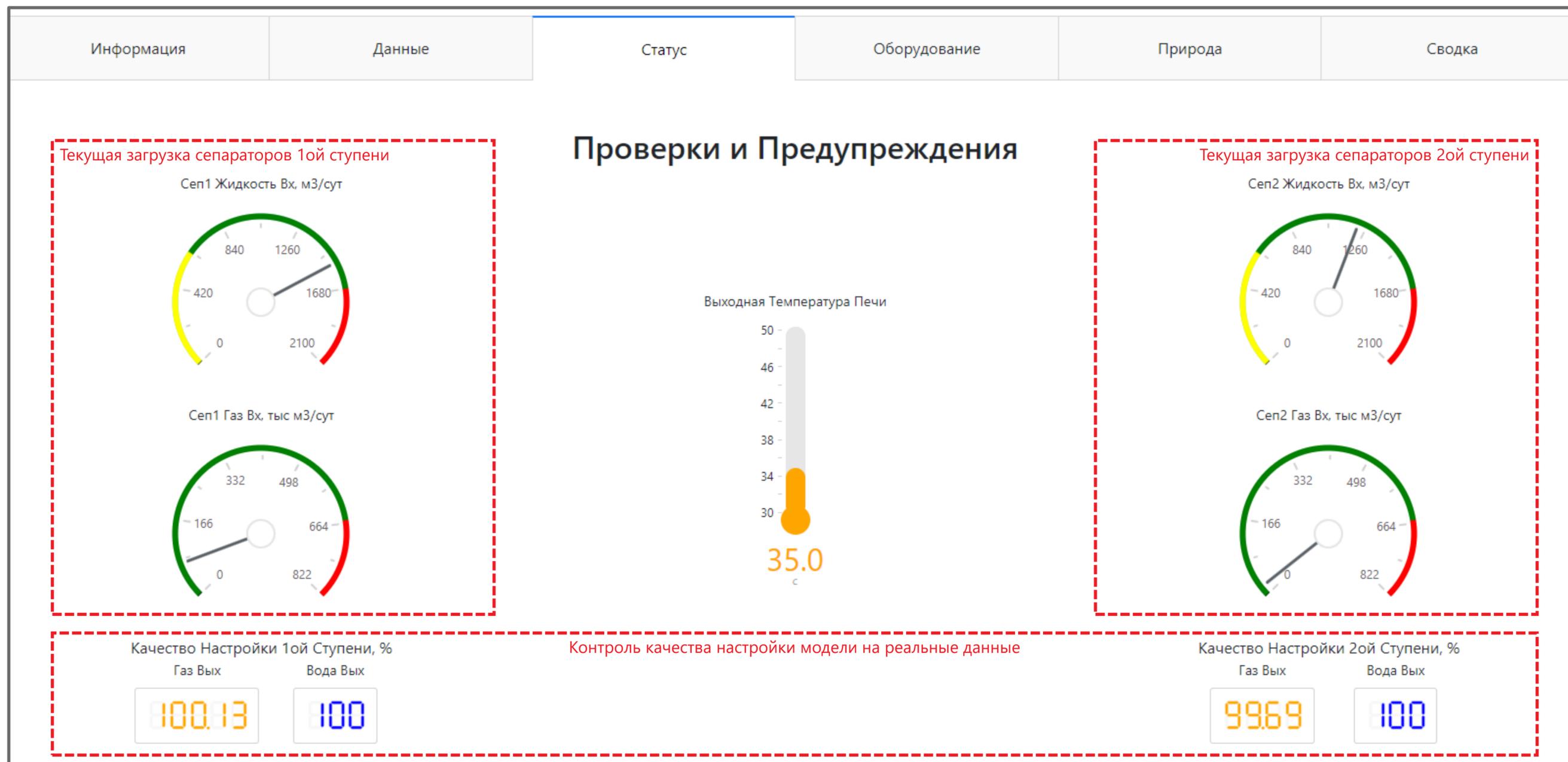
return res
""")

print(myRes)
```


Интерфейс (2/3)



Интерфейс (3/3)



Демонстрация

Заключение и выводы

- Цифровой двойник это модель технологического процесса настроенная на данные реального времени
- Дизайнер Сетей тНавигатор предоставляет широкие возможности для эффективного построения цифровых двойников объектов подготовки силами инженеров-технологов (без привлечения специально обученных программистов)
- тНавигатор позволяет удобно интегрировать модели Дизайнера Сетей с пользовательскими моделями для учета особенностей реальных объектов подготовки нефти и газа
- Направления применения цифровых двойников объектов подготовки включают
 - Оперативный анализ и отображение данных реального времени
 - Обогащение данных реального времени результатами моделирования
 - Тренировочные стенды для технологов и обслуживающего персонала
 - И т.п. приложения

Хотите узнать больше?

Описание функционала, учебные курсы и видеоуроки доступны на сайте:

irmodel.ru

Остались вопросы?

Обратиться в техническую поддержку:

tnavigator@irmodel.ru

