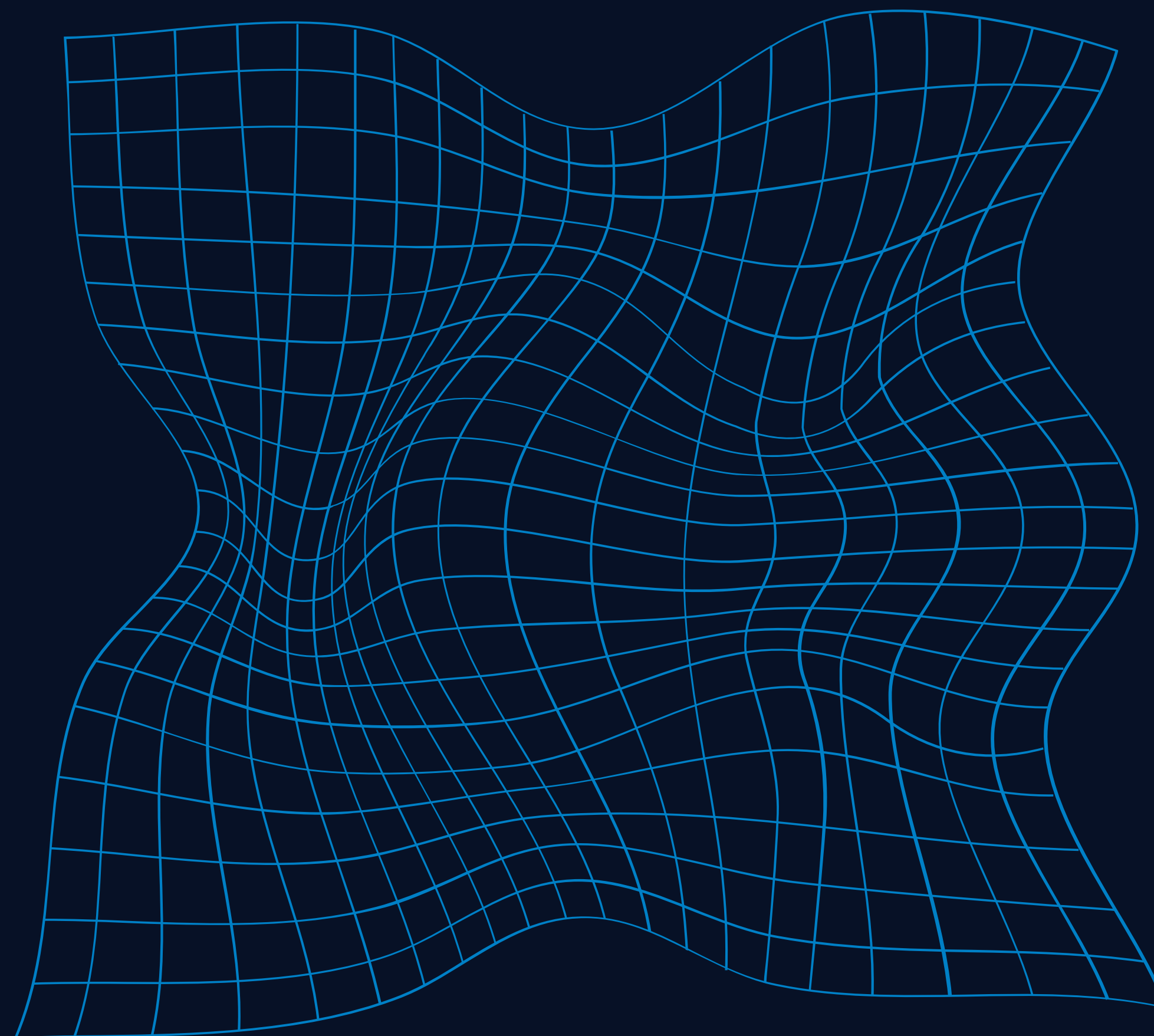


# Цифровой двойник объекта подготовки на основе API- сервера tНавигатор



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”*

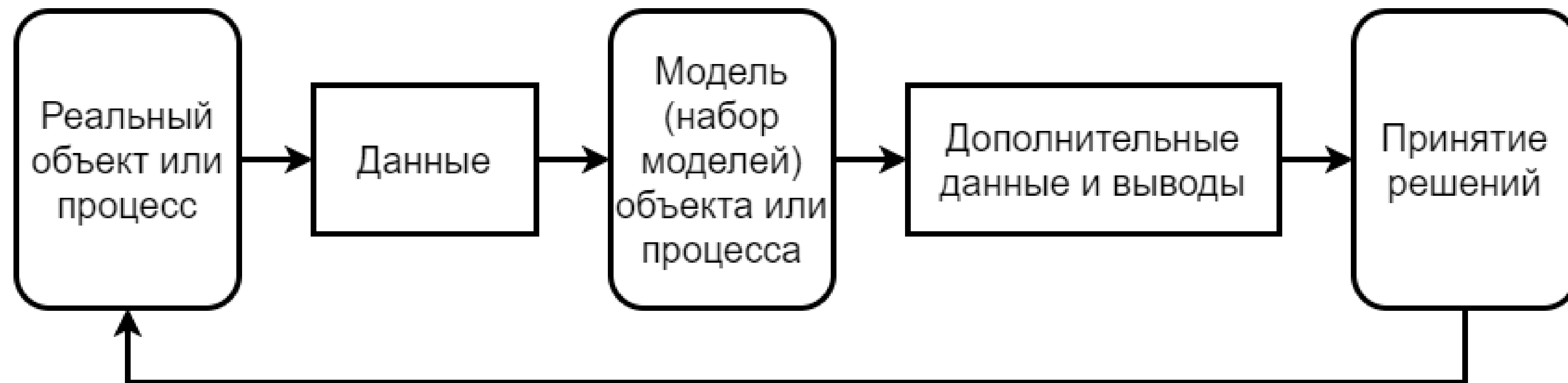
<https://www.IBM.com/topics/what-is-a-digital-twin>

Ключевые моменты:

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

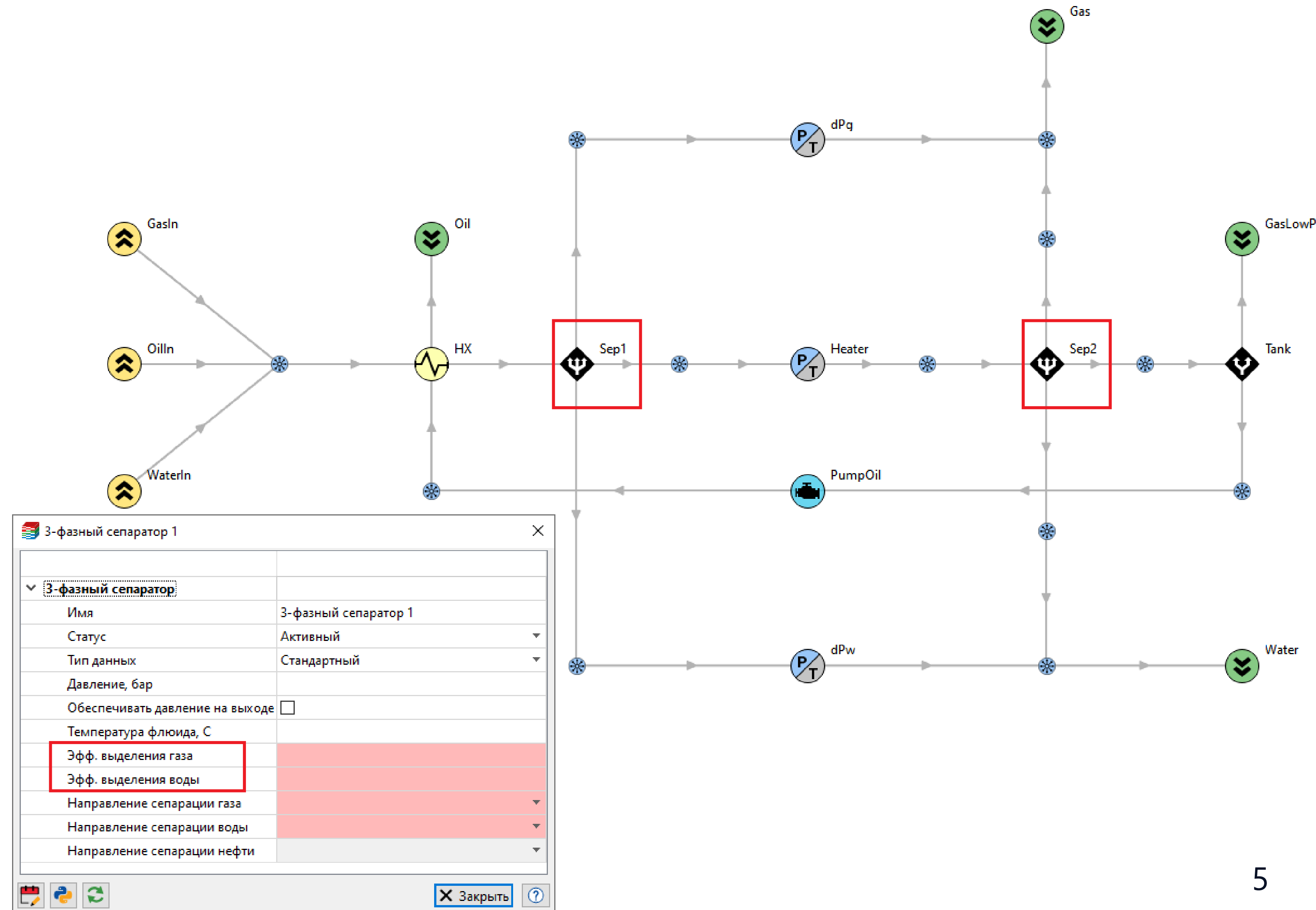
# Суть концепции

- 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

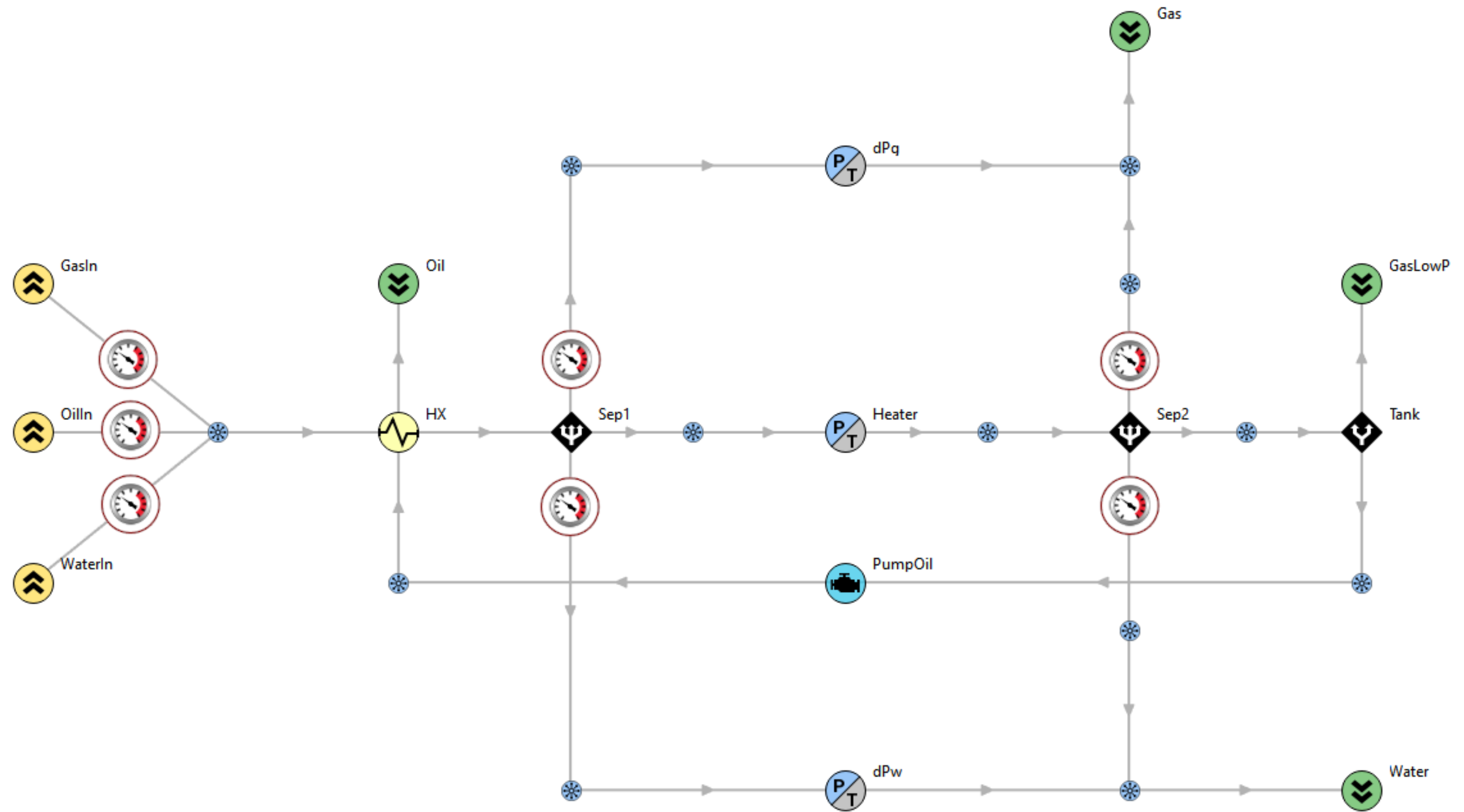
- Классическая двухступенчатая сепарация
- Параметры с высокой степенью неопределенности
- Эффективность отделения газа
- Эффективность отделения воды





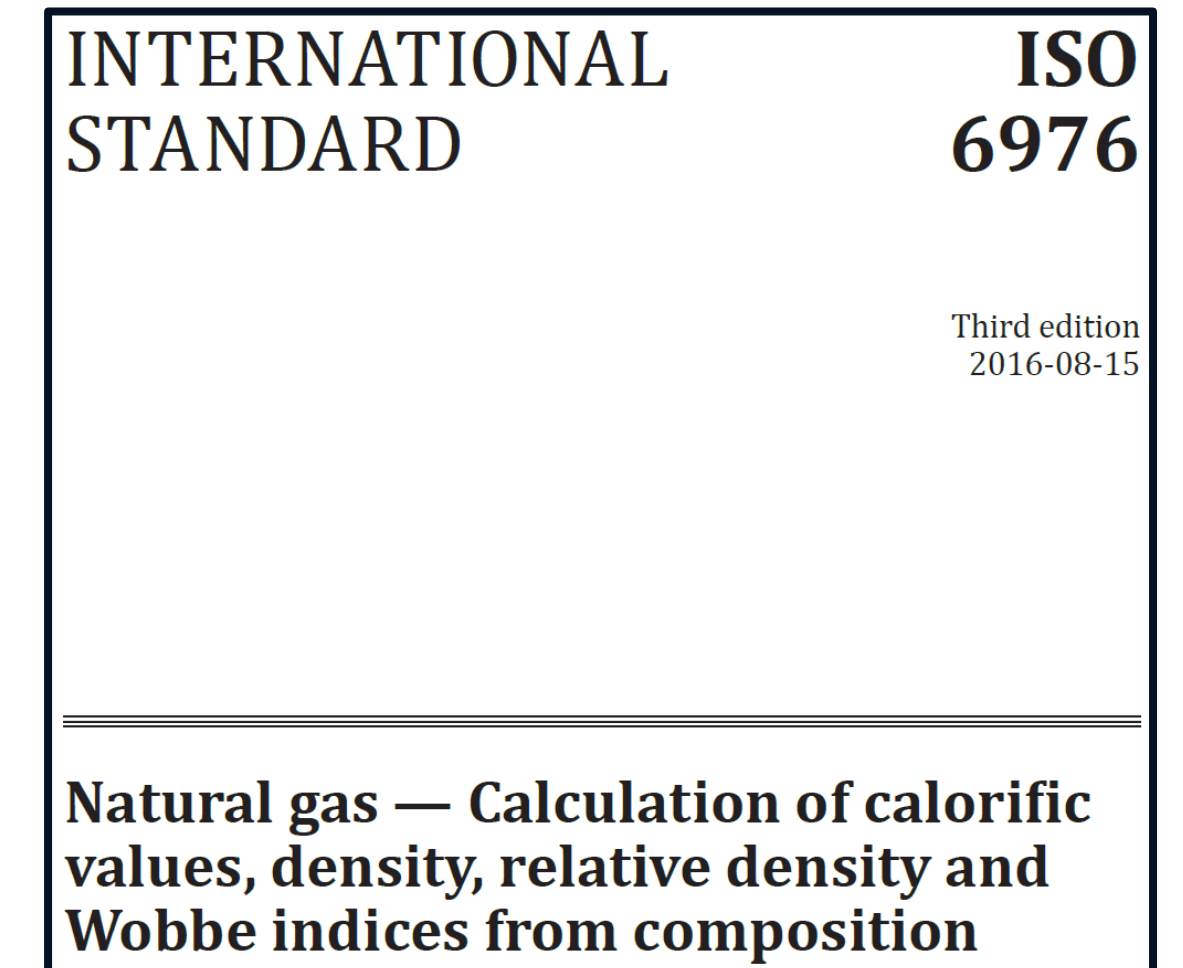
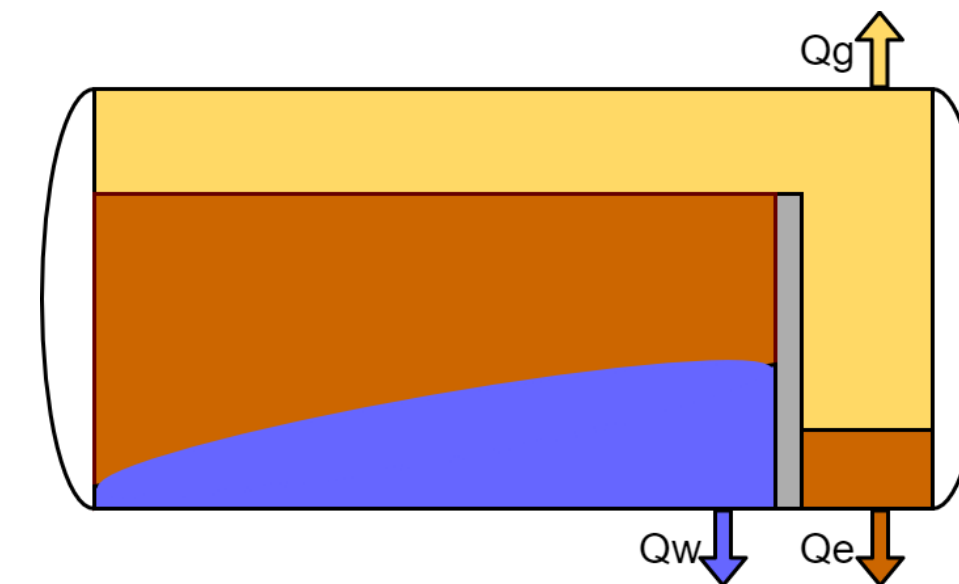
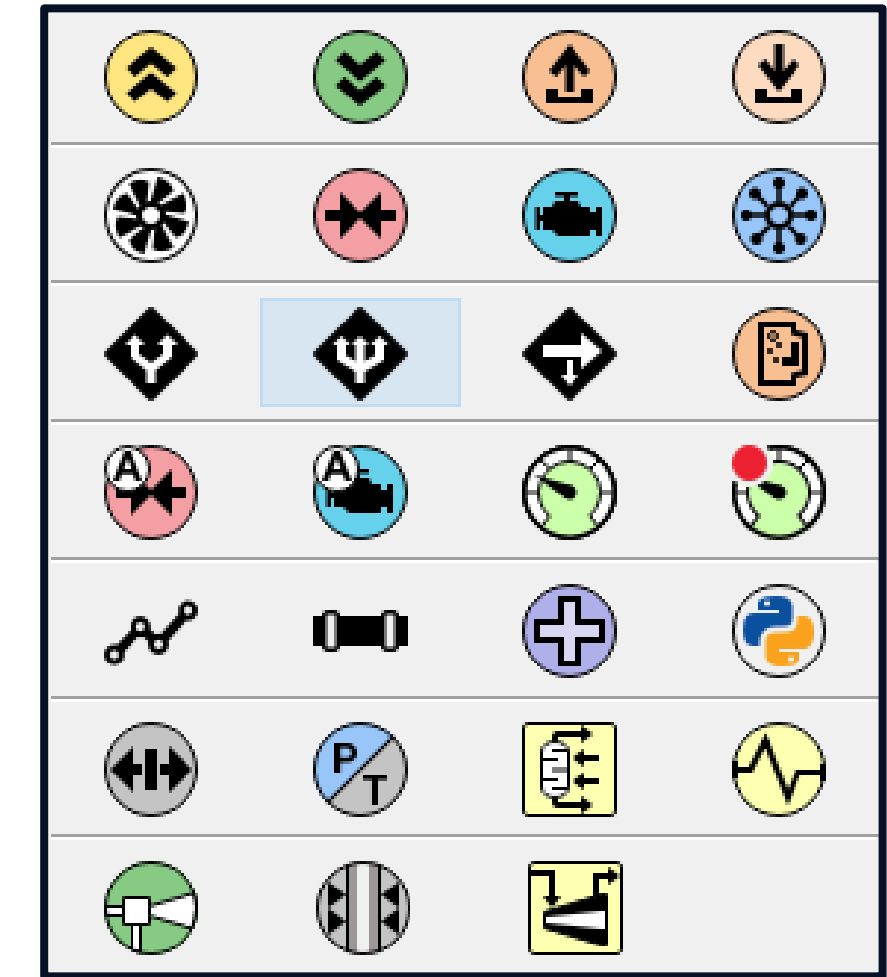
# Данные (почти) реального времени

- 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)

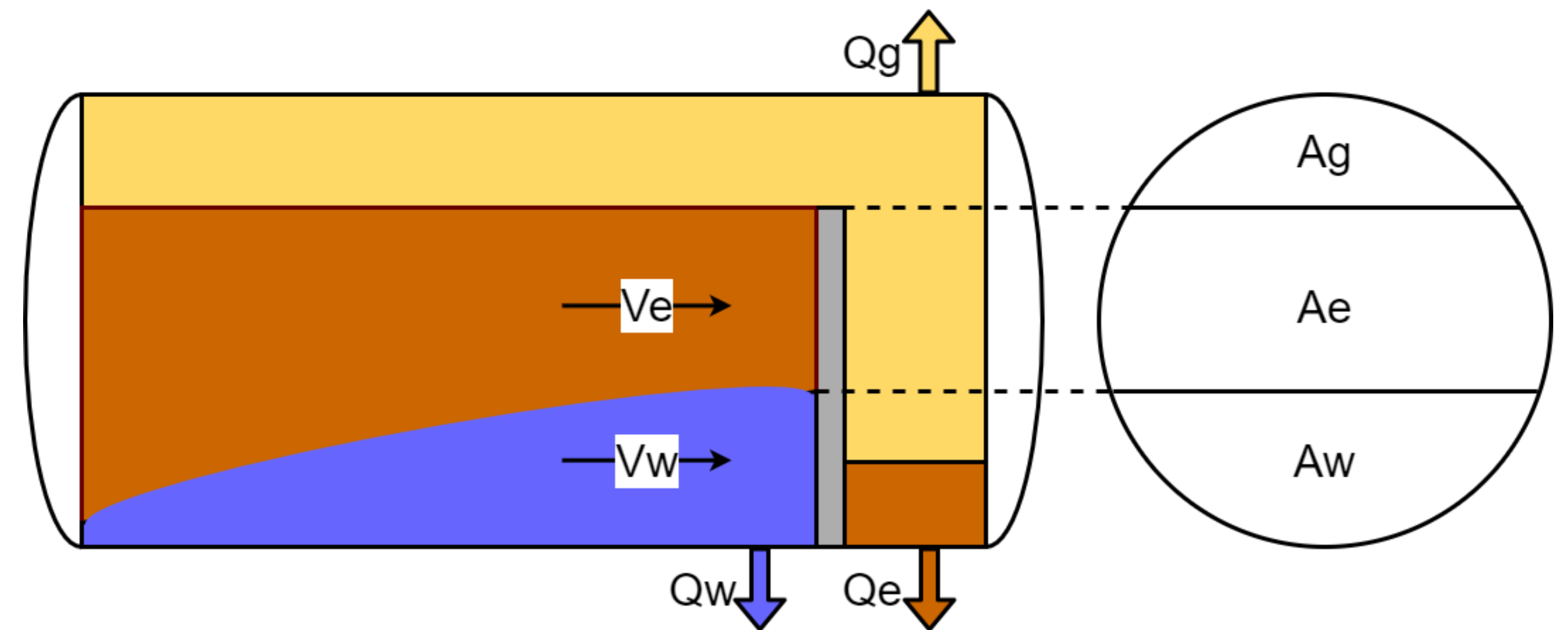
- Имеющиеся в тНавигатор
  - Газожидкостное равновесие
  - Термодинамика
  - Палитра технологических элементов и решатель сети, редакторы, действия Питон и многие другие функции
- Пользовательские модели
  - Поток эмульсии в аппарате
    - Время удержания
    - Проверка уровня воды
  - Анализ попутного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



$$(1) V_e = V_w$$

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

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

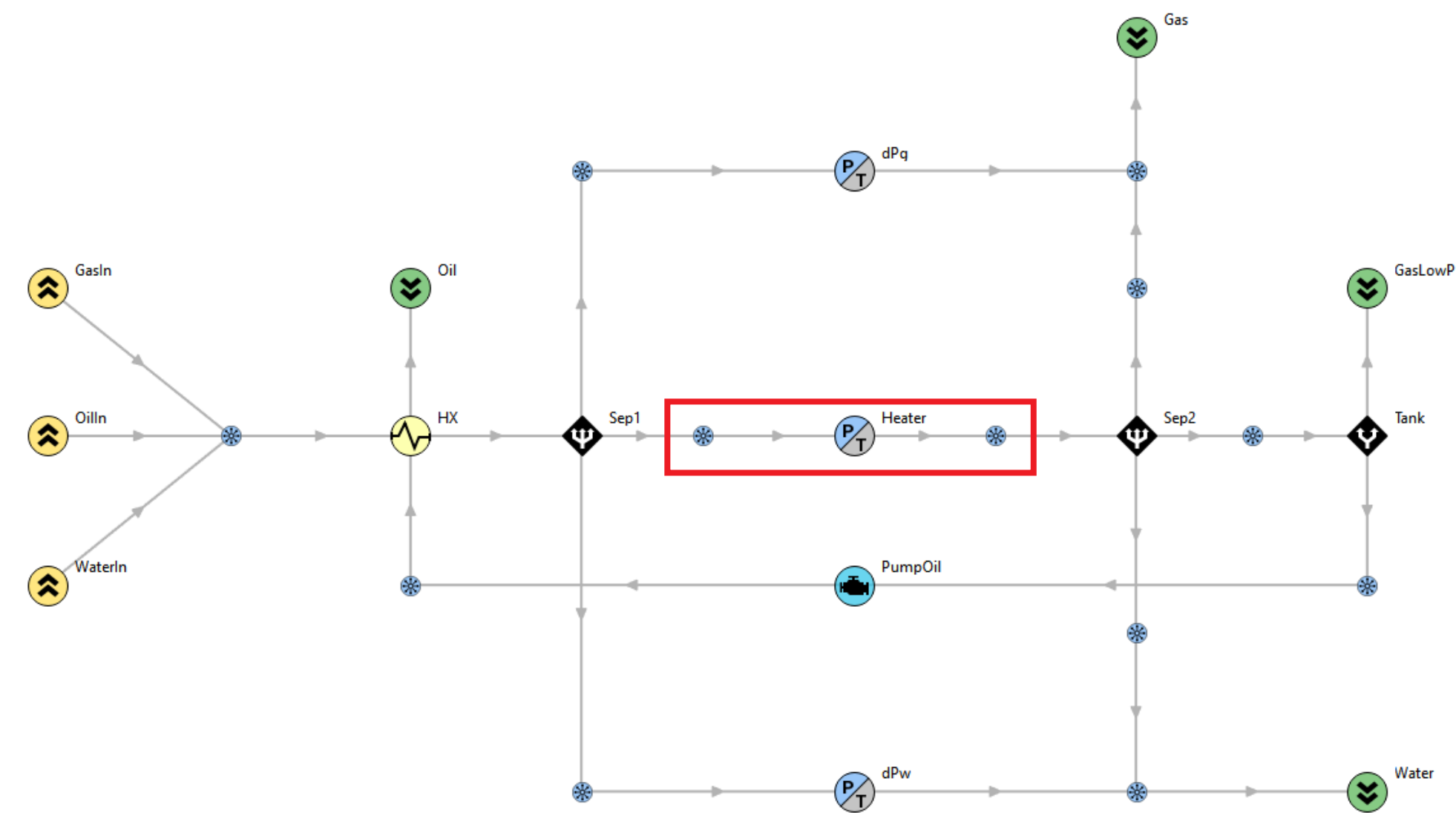
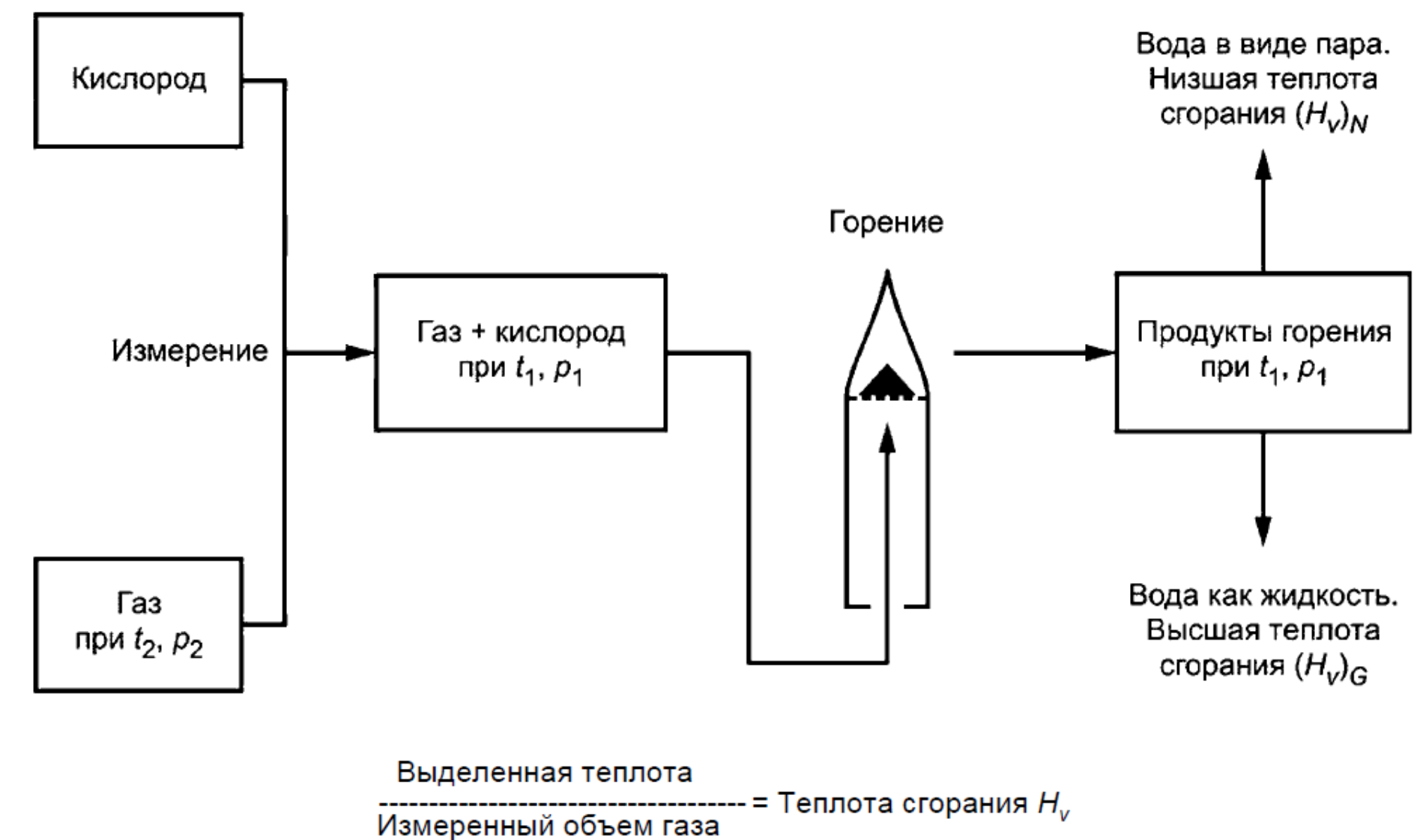
$$A_w = R^2 \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) - (R - h) \sqrt{R^2 - (R - h)^2}$$



# Модели (3/3)

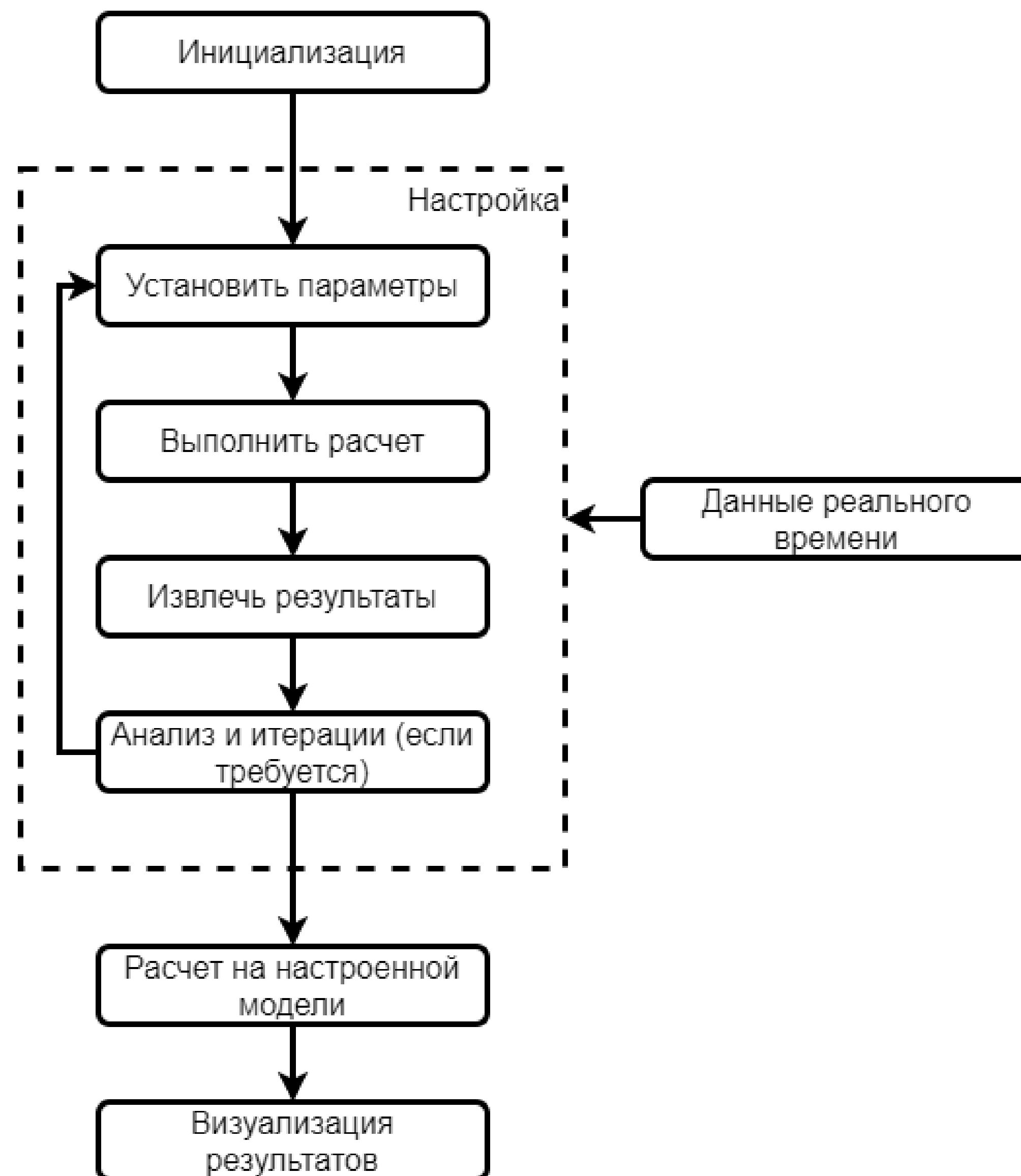
## Анализ подготавливаемого газа

- 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)

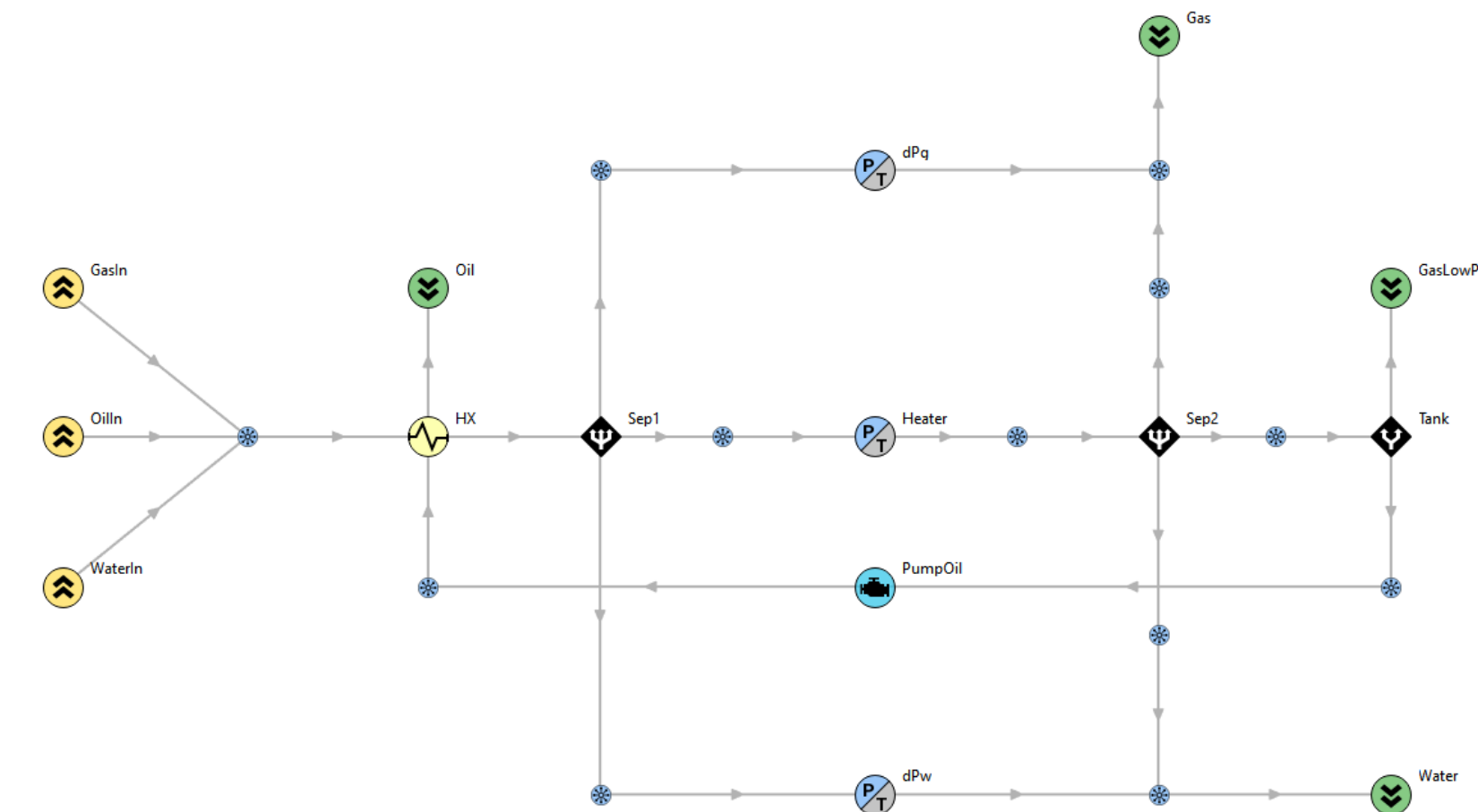
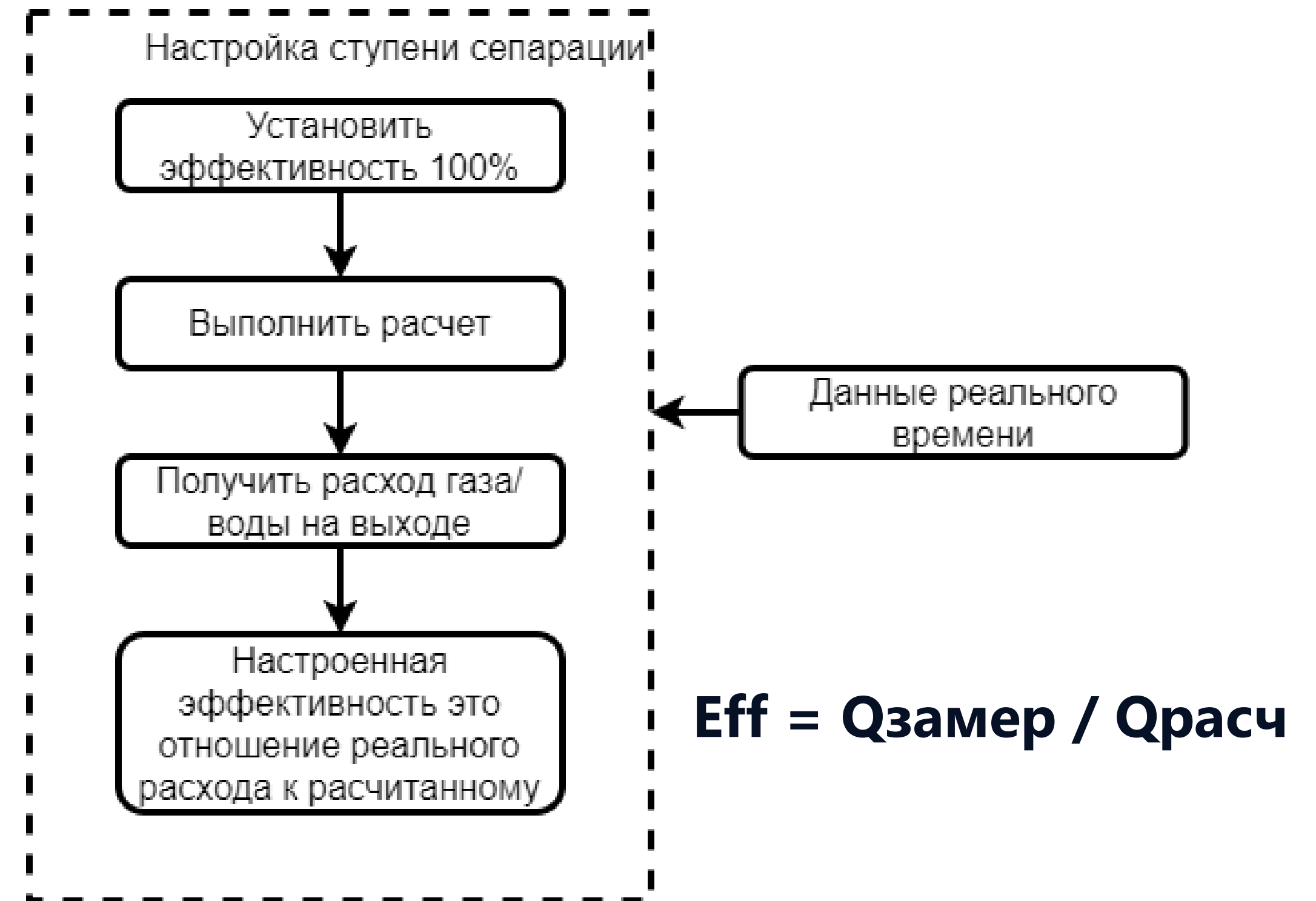
- В общем случае настройка модели это итерационный процесс
- Настроенная в реальном времени модели (цифровой двойник) используется для дальнейшего анализа и визуализации полученных результатов



# Настройка модели (2/2)

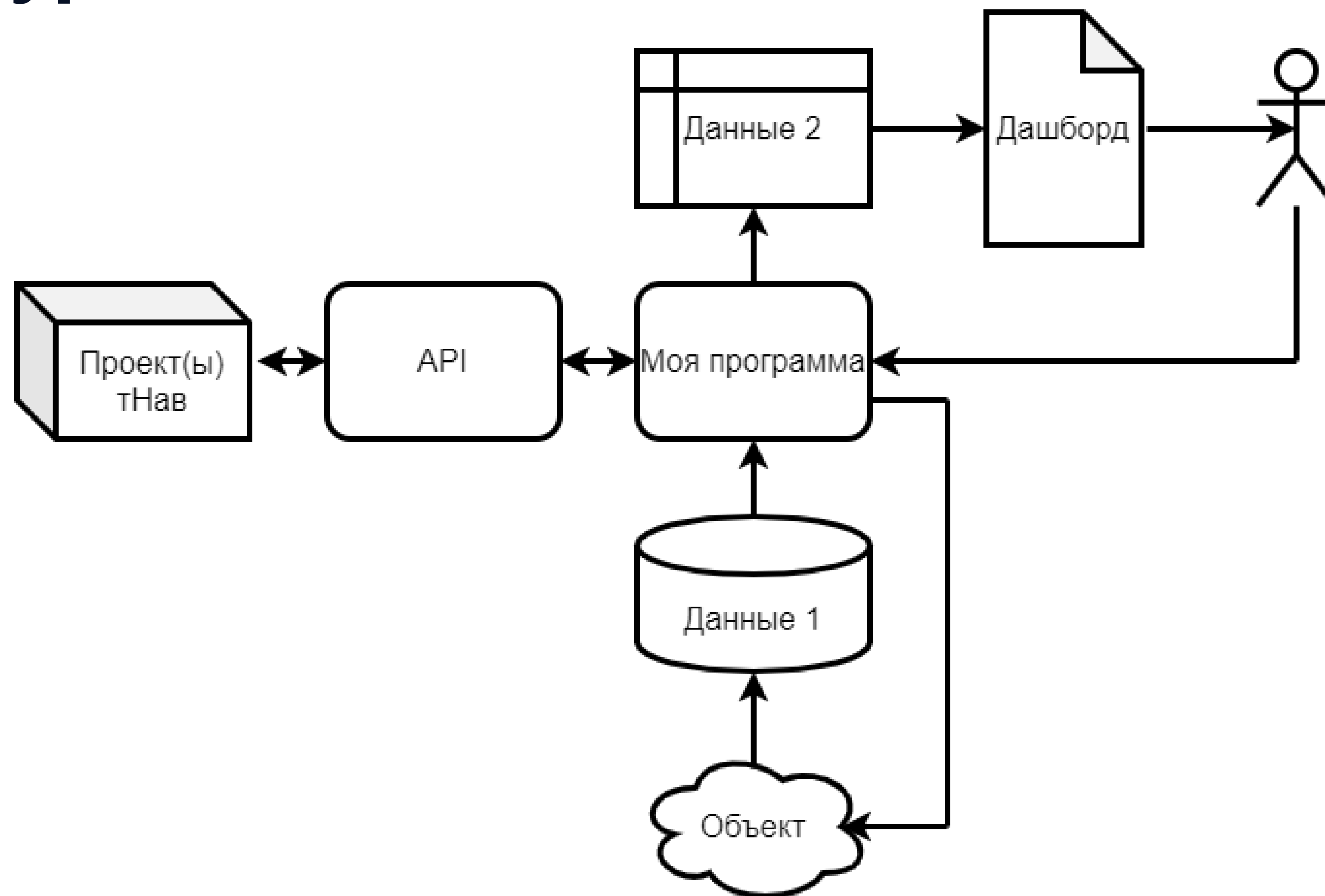
## Эффективность сепаратора

- Настраиваемые параметры
  - Эффективность отделения газа
  - Эффективность отделения воды
- Настройка ступени сепарации
  - Ступени настраиваются последовательно, первая, а затем вторая
  - Качество настройки отслеживается
  - Последовательная настройка удовлетворительна для этого конкретного случая



# 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)
```

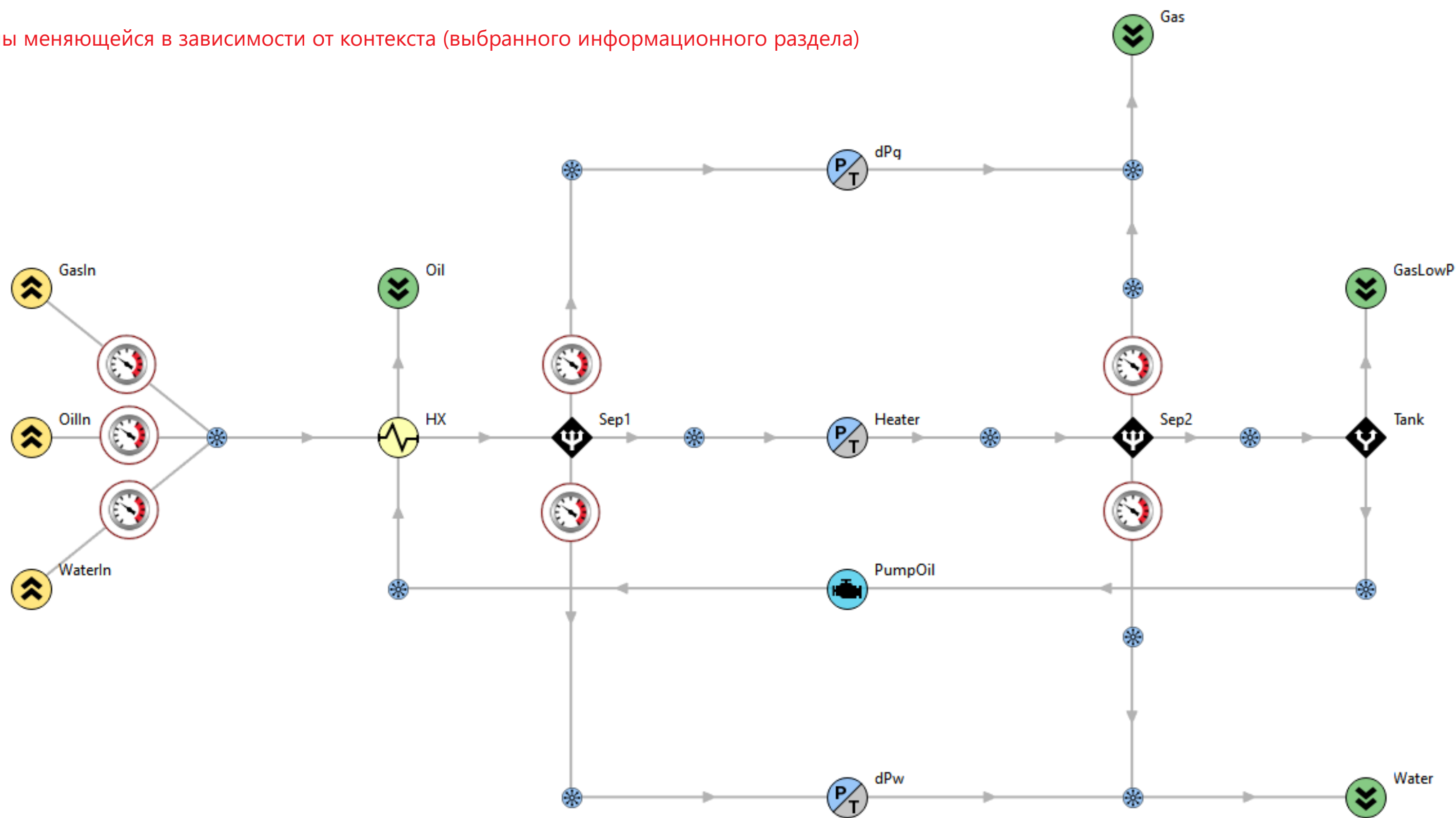
# Интерфейс (1/3)

## Цифровой Двойник Объекта Подготовки на Основе API-сервера тНавигатор

Время последнего обновления

Обновлено в: 12:49:26

Зона технологической схемы меняющейся в зависимости от контекста (выбранного информационного раздела)



Зона выбора вкладок информационных разделов

Информация

Данные

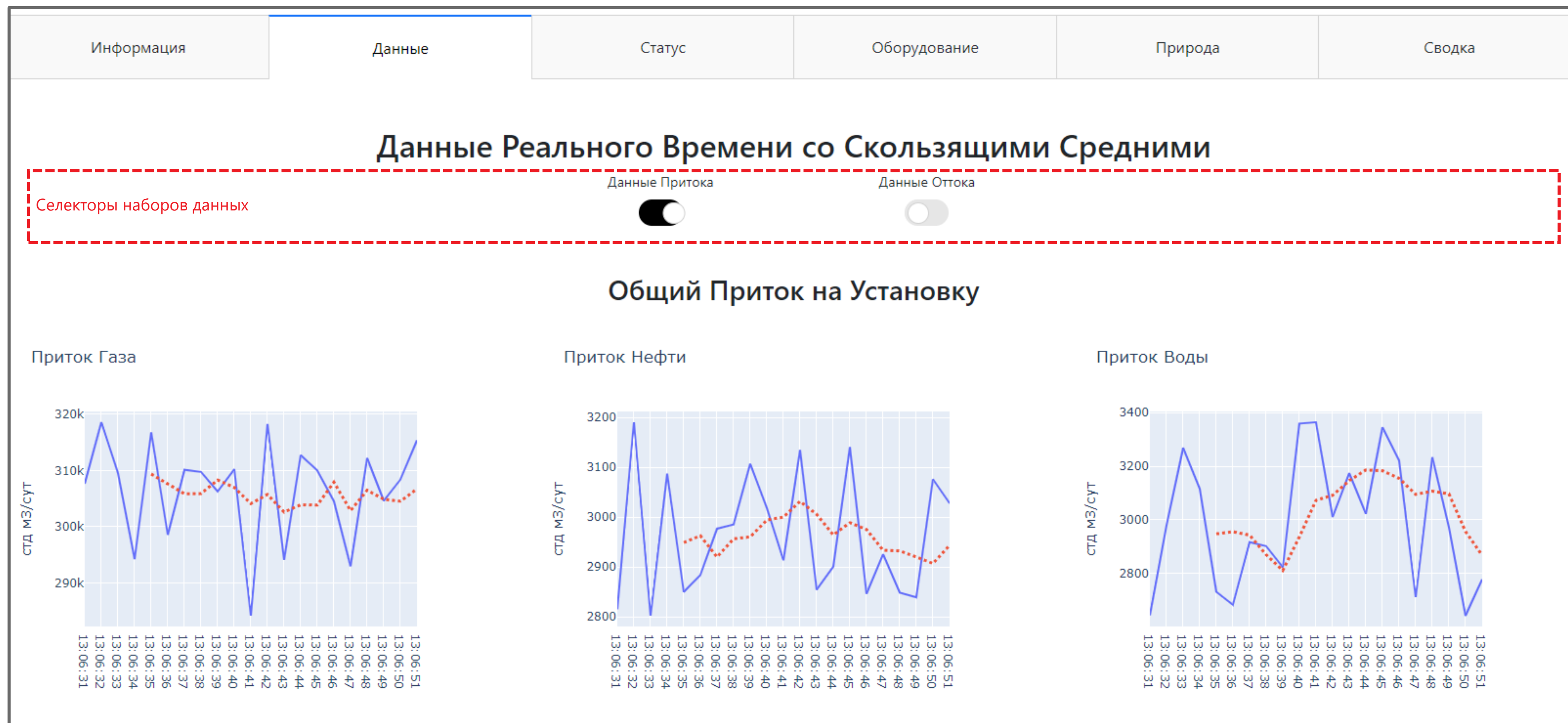
Статус

Оборудование

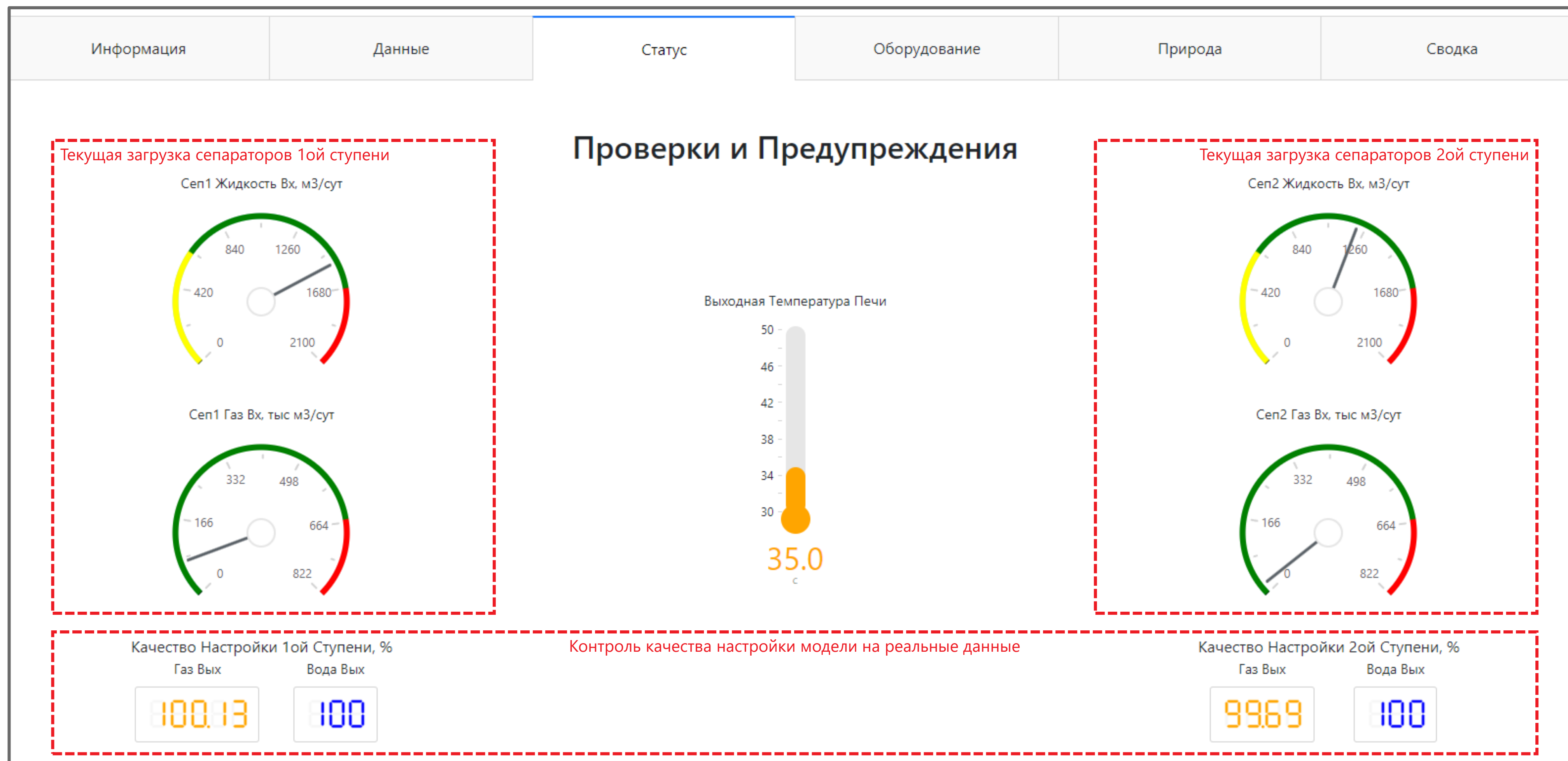
Природа

Сводка

# 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](http://irmodel.ru)

# Остались вопросы?

Обратиться в техническую поддержку:

[tnavigator@irmodel.ru](mailto:tnavigator@irmodel.ru)

