

# Подготовка исходных данных для интегрированного моделирования

# Цифровой двойник месторождения

**Цифровой двойник месторождения** – интегрированная физико-математическая модель производственного процесса добычи нефти и газа, встроенная в бизнес-процессы и ИТ-инфраструктуру компании.

**Цель внедрения:** повышение эффективности разработки и эксплуатации месторождений на различных стадиях

**Компоненты интегрированной модели:**



Важным фактором для построения интегрированной модели являются качественные данные. При этом ИМ и ее компоненты уже на этапе построения могут быть использованы для проверки данных и расчета неопределенных параметров, например, газовый фактор, обводненность, дебиты жидкости / нефти / газа.

# Исходные данные для моделирования

## Исходные данные

### Условно-постоянные данные



**Сведения о запасах и начальном состоянии залежи**  
Данные подсчета запасов, геолого-физические характеристики, проектно-техническая документация



**Свойства нефти**  
Физико-химические свойства и состав пластовых флюидов по данным лабораторных испытаний проб, физико-гидродинамическая характеристика продуктивных пластов по данным исследования керна, ГИС



**Данные о конструкции скважин и оборудования**  
Инклинометрия и перфорация, паспорта скважин и данные испытаний ГНО, информация из сопроводительной документации



**Сведения о конфигурации системы нефтесбора и ППД:**  
Технологические схемы ССiT и ППД, перечни промышленных трубопроводов, отчеты и заключения экспертиз, графики пуска очистных устройств

### Переменные данные



**Промысловые данные**  
Дебиты скважин, фактические давления, температуры, скорости



**Показатели разработки**  
История добычи, исследования скважин (ГДИС), технологические режимы работы

### Распространенные проблемы с качеством данных:

1. Неполные данные
2. Значения по умолчанию
3. Несогласованные форматы данных или единиц измерения
4. Повторяющиеся данные
5. Избыточные данные
6. Старые и устаревшие данные
7. Отсутствие доступа к данным
8. Данные с опозданием
9. Экспертные значения

# PVT исследования и данные по пласту

PVT исследования необходимы для построения PVT модели в (ПО PVTr) или по корреляциям (ПО Prosper)

Необходимо иметь:

- Лабораторные отчеты PVT исследований (желательно всех доступных проб и тестов для возможности сравнения и выбора, в том числе специальные исследования на выпадение отложений)

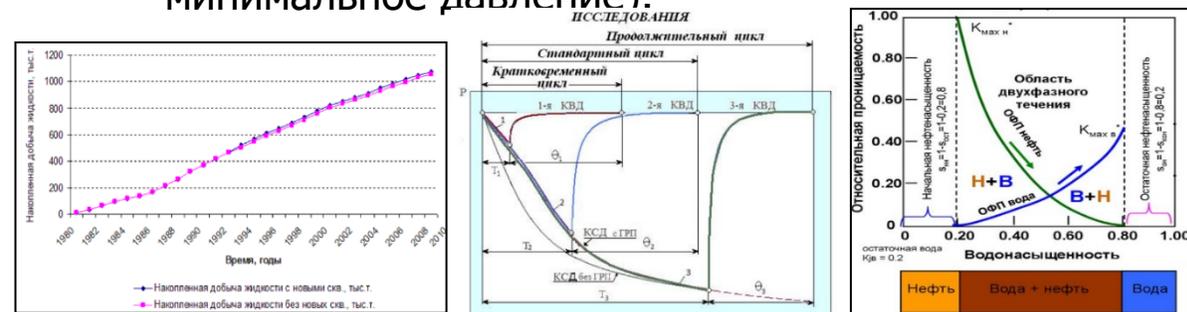


Недостаточное количество глубинных проб необходимого качества

Эта информация необходима для построения модели притока в моделях скважин (ПО Prosper) и упрощенных моделях пласта (ПО Mbal)

Необходимо иметь:

- Отчеты по гидродинамическим исследованиям скважин (все какие есть: КВД, на установившихся отборах в добывающих скважинах и разведочных (DST)).
- Накопленные отборы (н, г, в) (если есть).
- Фазовые проницаемости.
- Ограничения по отборам (максимальный дебит, минимальное давление).



Недостаточный объем данных о законтурной области, давлении, не корректность данных по добыче/закачке

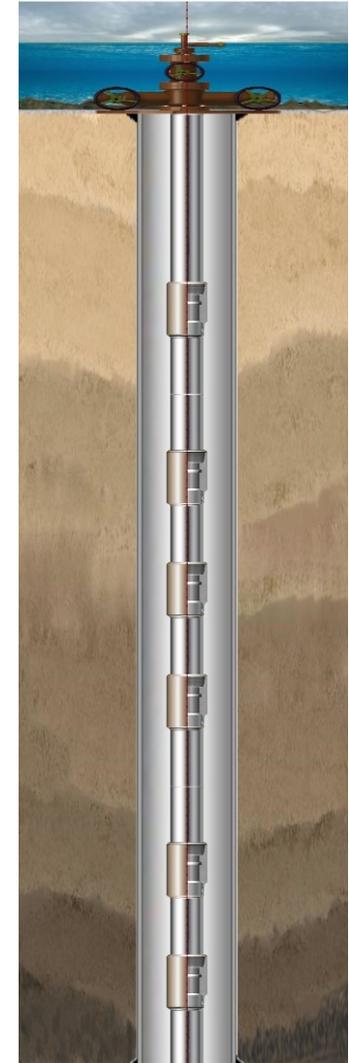
## Данные по заканчиванию скважин и глубине воды и температуре

Данные по заканчиванию скважин необходимы для построения модели притока и VLP в моделях скважин (ПО Prosper)

Необходимо иметь:

- Траектории всех скважин (профили)
- Конструкции всех скважин (внутренний и наружный диаметр обсадных колонн, фильтров; диаметр открытого ствола в продуктивном горизонте)
- Схематики заканчивания по всем скважинам (с указанием внутренних диаметров ВСО)
- Глубина воды
- Температура воды (по возможности по месяцам или кварталу)
- Температура пласта

Неточность описания глубинного оборудования, наличие не герметичности колонны, некорректность замеров параметров работы скважин



## Данные по оборудованию платформы

Данные по оборудованию платформы необходимы для построения модели сети сбора и транспорта (ПО GAP)

Необходимо иметь:

- Схема соединения устьев скважин на платформе к сепараторам (базовый сценарий и альтернативные варианты, например, способы подключения некоторых или всех скважин сразу на сепаратор 2-ой ступени)
- Диаметры трубопроводов от устья до сепараторов
- Диаметры запорных устройств от устья до сепараторов
- Давление и температура на сепараторах (проектное, если нет фактического)
- Q-H характеристики подпорных насосов, компрессоров



Неточность в описании параметров трубопроводов (профилей), некорректность замеров давлений

Данные по обвязке платформ необходимы для построения модели в программе-интеграторе (ПО Resolve)

Необходимо иметь:

- Понимание технологических процессов подготовки, транспортировки, утилизации флюидов (н, г, в) на платформах
- Схема соединения платформ и транспортировки продукции
- Плановые уровни добычи

Невозможность достичь плановые уровни добычи

## Ретроспективный анализ данных

---

Анализ исходной информации с использованием интегрированной модели:

1. Пересчет замеренных дебитов;
2. Выделение интервалов стабильной работы скважины;
3. Проверка качества замера в рамках интервала;
4. Расчет дебита скважины множественными способами на основе замеров давления (через корреляцию/давления, через штуцер, через VLP/IPR, через индикаторную диаграмму);
5. Обратное распределение добычи на основе давлений и общего дебита по месторождению;
6. Сравнение расчетных дебитов, трендов ГФ и обводненности;
7. Выбор наиболее вероятного значения дебита жидкости.

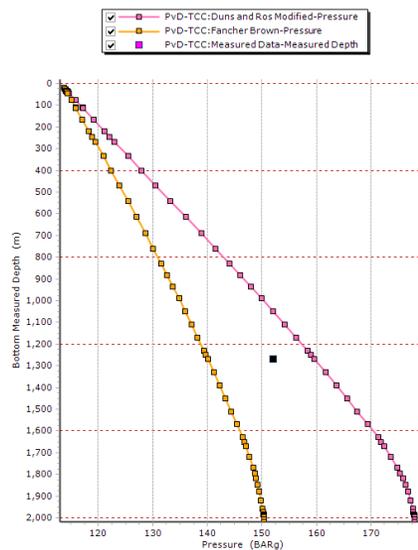
## Проверка качества данных

Модели скважин могут быть использованы для проверки качества данных ГДИ.

Используются соответствующие корреляции (Fancher Brown, Duns and Ross Modified) в рамках программного обеспечения PROSPER.

При выявлении несоответствия необходимо:

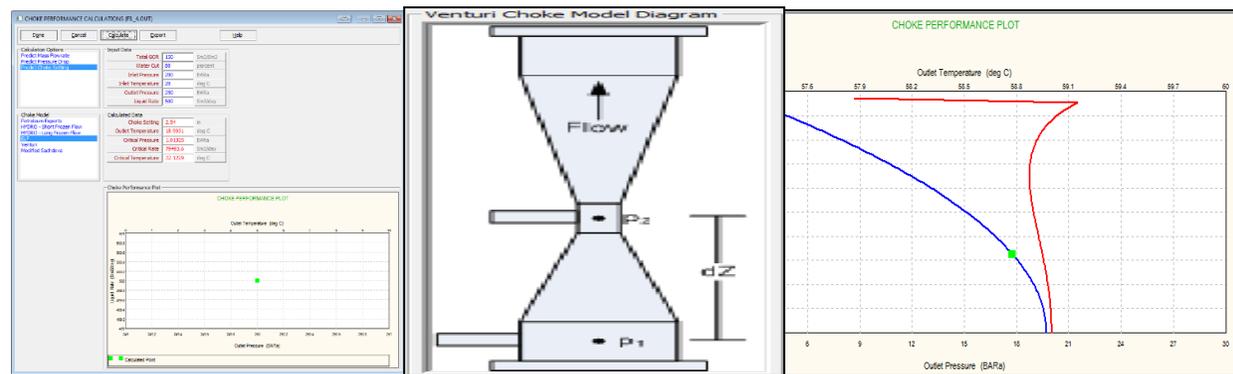
- ✓ Произвести анализ неопределенностей
- ✓ Выявить наименее точный замеренный параметр (WaterCut, GOR, Дебит, Давление)
- ✓ Произвести корректировку параметра в соответствии с рекомендациями модели



Возможность проверки результатов ГДИ по корреляциям

Данные расходомера зависят от таблиц поправок, загруженных в момент калибровки. Это часто приводит к расхождениям между измеренным и действительным дебитом.

В случае неопределенности дебит по скважине может быть рассчитан с помощью штуцерной модели.



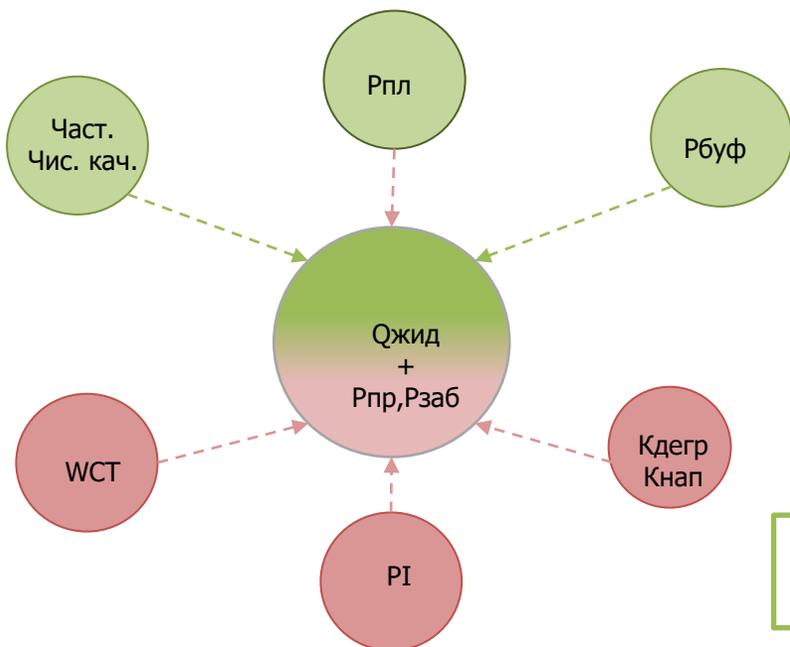
Возможность программного пересчета дебита скважин

# Обратная аллокация

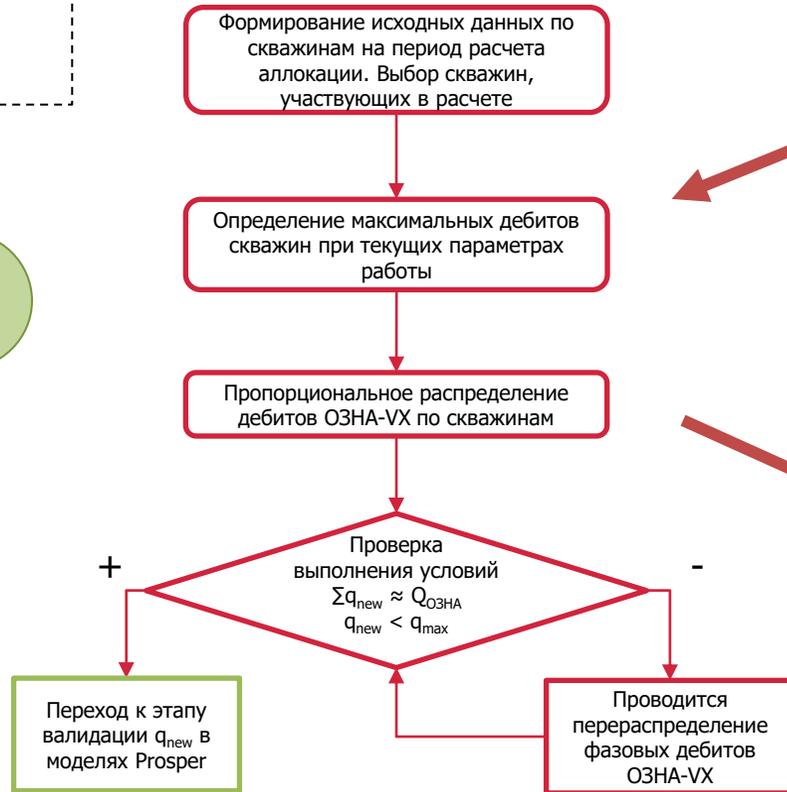
## Цель: поиск фазовых дебитов скважин

### Условия:

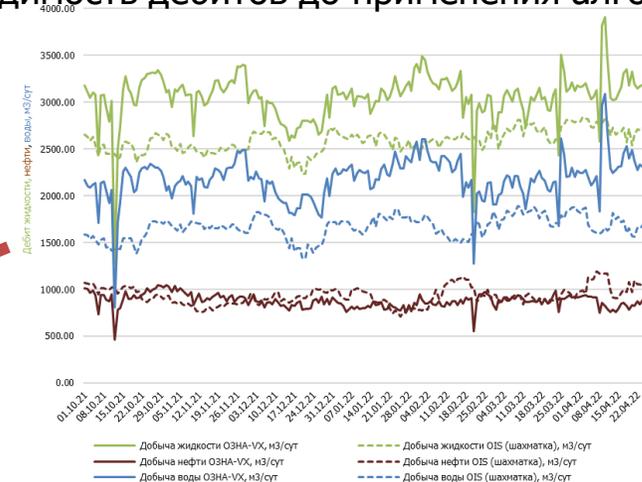
- $\sum Q_i \text{ скважин} = Q_{\text{озна}}$
- $P_{\text{пр}}(\text{расч.}) = P_{\text{пр}}(\text{ТМС})$
- $P_{\text{заб}}(\text{расч.}) = P_{\text{заб}}(\text{через Ндин})$



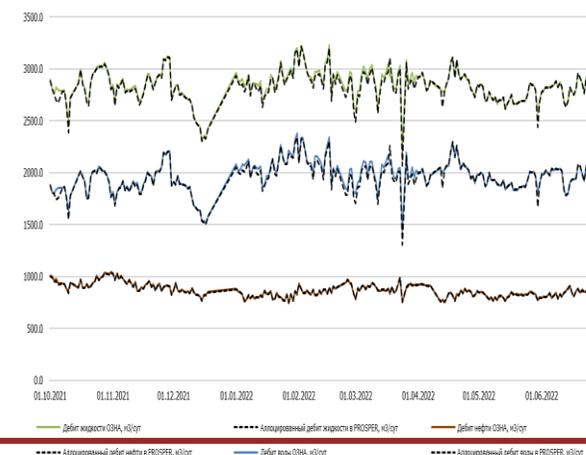
### Алгоритм расчёта распределения дебитов



### Сходимость дебитов до применения алгоритма



### Сходимость дебитов до после алгоритма



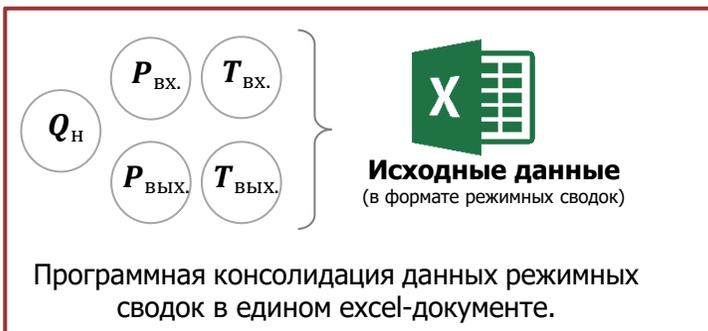
По результатам расчетов по новой методике получена высокая\* сходимость между замерам фазовых дебитов ОЗНА-VX и суммой расчетных дебитов скважин с соблюдением условий «физичности» их работы

\*Среднее отклонение за расчетный период:

- Дебит жидкости – 0.72 %
- Дебит нефти – 0.5 %
- Дебит воды – 0.99 %

# Пример анализа исходных данных для выбора даты калибровки системы межпромыслового транспорта на единый временной срез

В качестве исходных данных использованы режимные сводки по начальным, промежуточным и конечным пунктам системы межпромыслового транспорта



В ходе проведенного анализа выделены три даты, характеризующих стабильный режим работы системы:

- 28.11.2021;
- 02.02.2022;
- 10.03.2022.

1. Качество и количество исходных данных напрямую влияет на качество интегрированной модели.
2. Для построения и настройки интегрированной модели требуется большой массив информации.
3. На всех этапах жизнедеятельности интегрированной модели требуется проверка исходных данных на полноту и качество
4. Интегрированная модель может применяться как инструмент валидации исходных данных
5. Применимость интегрированных моделей для работы с исходными данными будет увеличиваться, будет применяться больше технологий искусственного интеллекта и DataScience.

**ЛУКОЙЛ**



**Всегда в движении!**