

PIPESIM 2019

Моделирование стационарного многофазного потока

Техническое описание
2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКА В PIPESIM	5
Моделирование многофазного потока	5
Теплопередача	7
Моделирование свойств флюида	8
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СКВАЖИН.....	10
Моделирование заканчиваний	12
Проектирование механизированной добычи	14
Узловой анализ и другие операции	17
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОГО РЕЖИМА ПОДАЧИ ПОТОКА	19
Наземное оборудование	21
Коррозия и эрозия	24
Эмульсии	25
Гидраты	25
Пробкообразование	25
Парафины и асфальтены	26
Оптимайзер Сети	31
Планирование разработки месторождений	32
ИНТЕГРАЦИЯ	34
Модули PIPESIM	35

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения безопасной, экономически эффективной и бесперебойной транспортировки флюида от пласта к объектам переработки, необходимо тщательное проектирование современных систем добычи. На работу, как глубоководных месторождений со сложной инфраструктурой, так и масштабных наземных сетей сбора, влияют многие факторы. Возможность точного моделирования различных сценариев и условий сделала PIPESIM* лидирующим в отрасли инструментом моделирования установившегося многофазного течения.

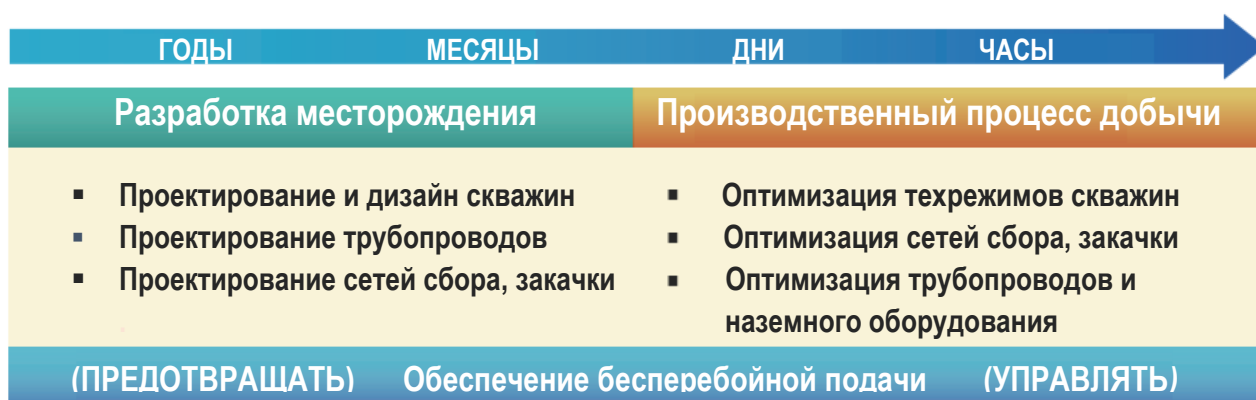
С момента ввода месторождений в разработку проблема оптимизации систем добычи является критической для достижения максимального экономического результата. С целью оптимизации работы всей системы PIPESIM предоставляет широкий набор рабочих процессов: от выбора скважин-кандидатов для капитального ремонта до выявления проблем в бесперебойном режиме подачи флюида.

PIPESIM был впервые выпущен в 1984 году и ориентирован на проектирование производственных систем, находящихся в суровых климатических условиях таких, как Северное море. Особое внимание всегда уделялось последним достижениям науки для того, чтобы обеспечить наиболее точные прогнозы поведения системы. PIPESIM непрерывно совершенствуется, расширяя возможности.

Обновленный пользовательский интерфейс позволяет быстрее создавать модели и сосредоточиться на результатах. Возможность использовать одно приложение или переключаться между моделями скважин и сети упрощает работу.

От разработки месторождения до процессов добычи, PIPESIM позволяет оптимизировать систему добычи на протяжении всего жизненного цикла месторождения посредством применения новейших научных решений, направленных на решение проблем обеспечения заданного уровня добычи.

Оптимизация добычи на протяжении всего жизненного цикла месторождения



ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКА В PIPESIM

Одной из самых важных инженерных задач является проектирование скважин и трубопроводов с целью обеспечения безопасной и экономичной транспортировки добываемого флюида от пласта до этапа технологической обработки.

Для точного моделирования в основе PIPESIM лежат современные научные подходы в областях:

- Многофазного течения
- Теплопередачи
- Поведения жидкостей

PIPESIM предлагает наиболее современные в отрасли возможности моделирования установившегося многофазного потока.

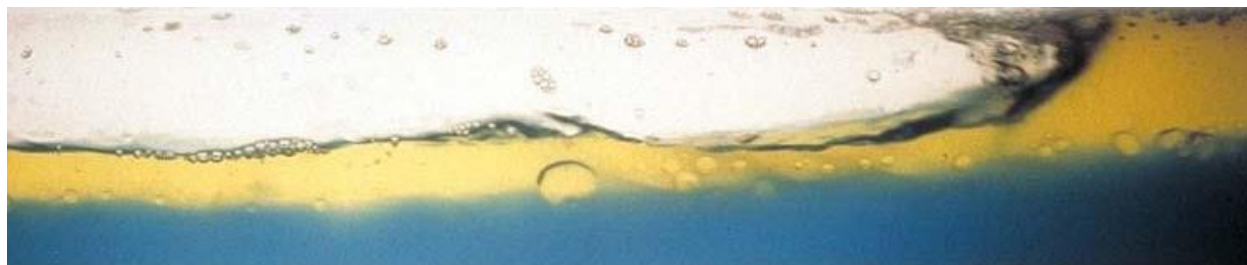
Моделирование многофазного потока

PIPESIM объединяет широкий спектр стандартных корреляций для многофазных потоков, а также передовые трёхфазные механистические модели, включая OLGAS, основанную на симуляторе динамического многофазного потока OLGA*, модель LedaFlow Point и модель Tulsa University Fluid Flow Projects (TUFFP). Модели потока учитывают эффект проскальзывания и режимы течения, характеристики пробок и потери давления на всем производственном пути. Благодаря данным опциям пользователь может с уверенностью моделировать и управлять системами сбора и распределения.

PIPESIM позволяет создать детализированные карты режимов течения в любой точке системы с учетом профиля трассы.

Прогнозирование образования гидродинамических пробок, их размера и частоты, как функции длины трубопровода, позволяет оптимизировать конструкцию трубопровода и технологического оборудования. PIPESIM также прогнозирует возникновение пульсаций в райзерах (морских стояках).

Все это позволяет корректно проектировать и анализировать системы сбора/транспортировки/добычи.



Модели многофазного течения

Корреляции для
однофазного потока

- Moody
- AGA (с настройкой коэффициента трения)
- Panhandle A & B (с настройкой эффективности потока)
- Hazen – Williams (с настройкой С фактора)
- Weymouth (с настройкой эффективности потока)
- Cullender – Smith

Модели
вертикального
многофазного потока

Стандартные

- Beggs & Brill (оригинальная и доработанная)
- Duns & Ros
- Ansari (механистическая)
- Govier, Aziz & Fogarasi
- Gray (оригинальная и доработанная)
- Gregory (Neotec)
- Hagedorn & Brown (оригинальная/доработанная - с/без карты Duns & Ros)
- Mukherjee & Brill
- Orkiszewski

Комплексные механистические модели

- OLGAS 2/3 Phase
- TUFFP Unified 2/3 Phase
- LedaFlow 2/3 Phase

Модели
горизонтального
многофазного потока

Стандартные

- Beggs & Brill (оригинальная и доработанная – с/без карты Taitel Dukler)
- Baker Jardine Revised (для конденсатного потока)
- Dukler, AGA & Flanagan (с/без Eaton Holdup)
- Eaton Oliemans (Neotec)
- Mukherjee & Brill
- Oliemans
- Xiao (механистическая) Dukler
- No-Slip

Комплексные механистические модели

- OLGAS 2/3 Phase
- TUFFP Unified 2/3 Phase
- LedaFlow 2/3 Phase

Калибровка

PIPESIM содержит опцию, позволяющую автоматически подобрать множители коэффициентов задержки жидкости и трения, множитель коэффициента теплопередачи U-value для настройки на фактические замеры давления и температуры. Кроме того, операция сравнения корреляций потока помогает быстро подобрать оптимальную модель.

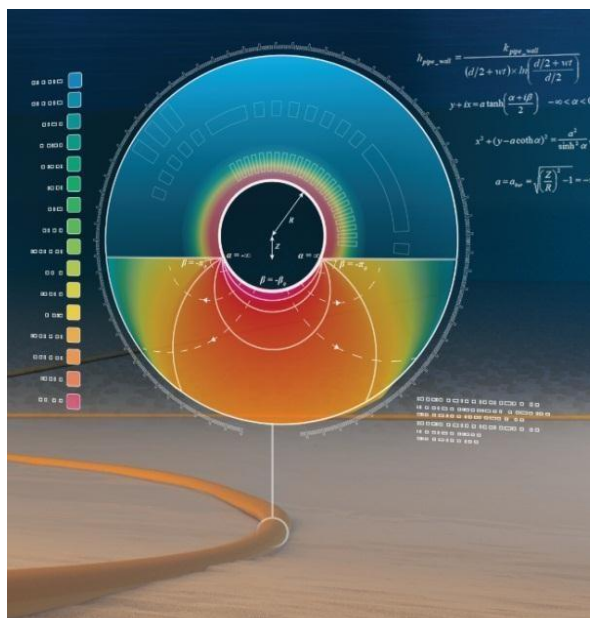
Карты режимов
течения

PIPESIM строит карты режимов течения в любой выбранной точке системы.

Дополнительные
возможности

PIPESIM имеет шаблоны, которые могут быть использованы пользователем для программирования собственных алгоритмов расчёта двухфазной и трёхфазной корреляции. Созданная dll библиотека на основе шаблона может быть подключена как плагин.

Теплопередача



Точное прогнозирование параметров теплопередачи важно для расчета свойств флюида, зависящих от температуры, прогнозирования формирования твердых фаз и дизайна общей тепловой модели системы. PIPESIM учитывает различные механизмы теплопередачи, включая:

- Конвекцию (естественную, вынужденную)
- Теплопроводность
- Возвышение
- Эффект Джоуля-Томсона
- Фрикционный нагрев

Модели теплопередачи в PIPESIM включают зависящий от режима течения коэффициент теплопроводности внутренней стенки трубопровода и методики расчета теплопередачи в заглубленных и частично заглубленных трубах.

Расчеты теплопередачи

Теплопередача в стволе скважины

- Определенный пользователем коэффициент теплопередачи

Теплопередача в трубе и райзере

- Определенный пользователем коэффициент теплопередачи
- Расчетный коэффициент теплопередачи, принимающий во внимание свойства трубы и тепловые свойства окружающей среды, а также наличие теплоизоляционного покрытия.
- Проводящий и конвекционный (естественный и вынужденный) теплообмен рассчитываются строго для труб, которые полностью или частично заглублены или полностью находятся под влиянием воздуха или воды

Коэффициент теплопроводности внутренней стенки

Доступные методы:

- Модель Kreith
- Модель Kaminsky (зависит от режима тока)

Относящиеся к обеспечению стабильного потока

PIPESIM позволяет выводить детальную информацию по расчёту теплового потока для анализа возможных осложнений:

- Расчет и отчетность по гидратам
 - Расчет и отчетность по асфальтенам
 - Расчет и отчетность по парафину
 - Электрический обогрев трубопроводов
-

Моделирование свойств флюида

Точное описание поведения флюида имеет решающее значение для корректного моделирования производственной системы. PIPESIM предоставляет выбор между моделями «нелетучей нефти» Black-oil или рядом композиционных моделей. В зависимости от типа флюида, пользователи могут сделать выбор из широкого набора функций для моделирования PVT свойств флюида.

Моделирование свойств флюида

Модель Black Oil	<ul style="list-style-type: none">• Самые последние стандартизованные в нефтегазодобывающей отрасли корреляции, охватывающие все виды нефтяных флюидов от сверхтяжелой до лёгкой нефти и конденсата. Может также использоваться для газа, утилизируемых жидкостей и т.д.• Широкий диапазон корреляций вязкости, включающих параметры вязкостей «дегазированной нефти» и высоковязкой (тяжелой) нефти.• Широкий спектр корреляций для расчета эмульсий. Также доступны опции задания пользовательской таблицы с данными по вязкости эмульсии, указания или вычисления точки инверсии фаз.• Возможность построения графиков свойств жидкости при лабораторных или пластовых условиях.• Определение примесей газа для настройки поправочного коэффициента сжимаемости и расчетов коррозии.• Установка температурных данных для всех фаз (газ, вода, нефть) с целью точного термодинамического моделирования и некоторых стандартных методов расчёта энтальпии флюида для прогноза энергетического баланса.• Комплексные правила смешивания фаз и флюидов.
Калибровка	<ul style="list-style-type: none">• Многоуровневая калибровка от простого соответствия точки выделения газа до продвинутой калибровки флюида соответствию нескольким наборам лабораторных исследований.
Композиционная модель	<ul style="list-style-type: none">• Набор пакетов для расчётов термодинамического состояния, разработанных Schlumberger и другими компаниями, включая:<ul style="list-style-type: none">○ ECLIPSE* Compositional○ Multiflash○ GERG 2008• Эти пакеты имеют собственные библиотеки компонентов и параметров бинарного взаимодействия. Большинство из них позволяют рассчитывать свойства псевдокомпонентов при недостаточно полном их описании.• В зависимости от выбора термодинамического пакета, предоставляется доступ к широкому набору уравнений состояния и зависимостей кинетических свойств:<ul style="list-style-type: none">○ Уравнения состояния: Peng-Robinson (стандартный и дополненный), SRK (стандартный и дополненный), Cubic Plus Association (CPA), BWRS, Multi-reference fluid corresponding states (CSMA).○ Параметры бинарного взаимодействия: флеш-пакеты по умолчанию или Пользовательские.○ Корреляции по вязкости: Pederson, LBC, SuperTRAPP и др.○ Расчет эмульсии: Woelflin, объемная доля, непрерывная фаза

Осаждение фазы	твёрдой	<ul style="list-style-type: none"> • Генерация фазовых диаграмм, с учетом кривых формирования твердой фазы для выявления образования гидратов, парафинов и асфальтенов. • Файл ScaleChem PVT для анализа масштаба появления и исчезновения линий для CaCO₃, CaSO₄, BaSO₄, NaCl и др. • Экспресс флеш– расчёты для изучения свойств жидкости при заданных давлении и температуре и на границе фаз. • Поиск соответствующего соотношения фаз для воды, нефти и газа, основанный на полевых исследованиях – используется для экспресс-обновления состава жидкости с ссылкой на актуальные фазовые исследования на сепараторе. • Анализ минерализации на основе ионов, солевых компонентов и общего количества растворенных твердых веществ (TDS) (Multiflash).
Файлы PVT	Интерполяция свойств флюида и транспортировки с использованием многочисленных приложений Schlumberger и сторонних программ:	<ul style="list-style-type: none"> • PVTsim (Calsep) • Multiflash (KBC) • ScaleChem (OLI Systems) • GUTS (MSI)
Пар	<ul style="list-style-type: none"> • Модели пара в PIPESIM, как однокомпонентные системы, используют таблицы пара ASME. • Модели пара применимы как к добывающим скважинам, так и к нагнетательным скважинам для расчётов одиночных ветвей и сетевых моделей 	

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СКВАЖИН

PIPESIM – точный, быстрый и эффективный способ помочь пользователю увеличить производительность и оценить потенциал пласта. Это не только модели многофазного потока из резервуара к устью скважины, а также расчет механизированных способов добычи, включая штанговые, винтовые, электроцентробежные насосы и газлифт.

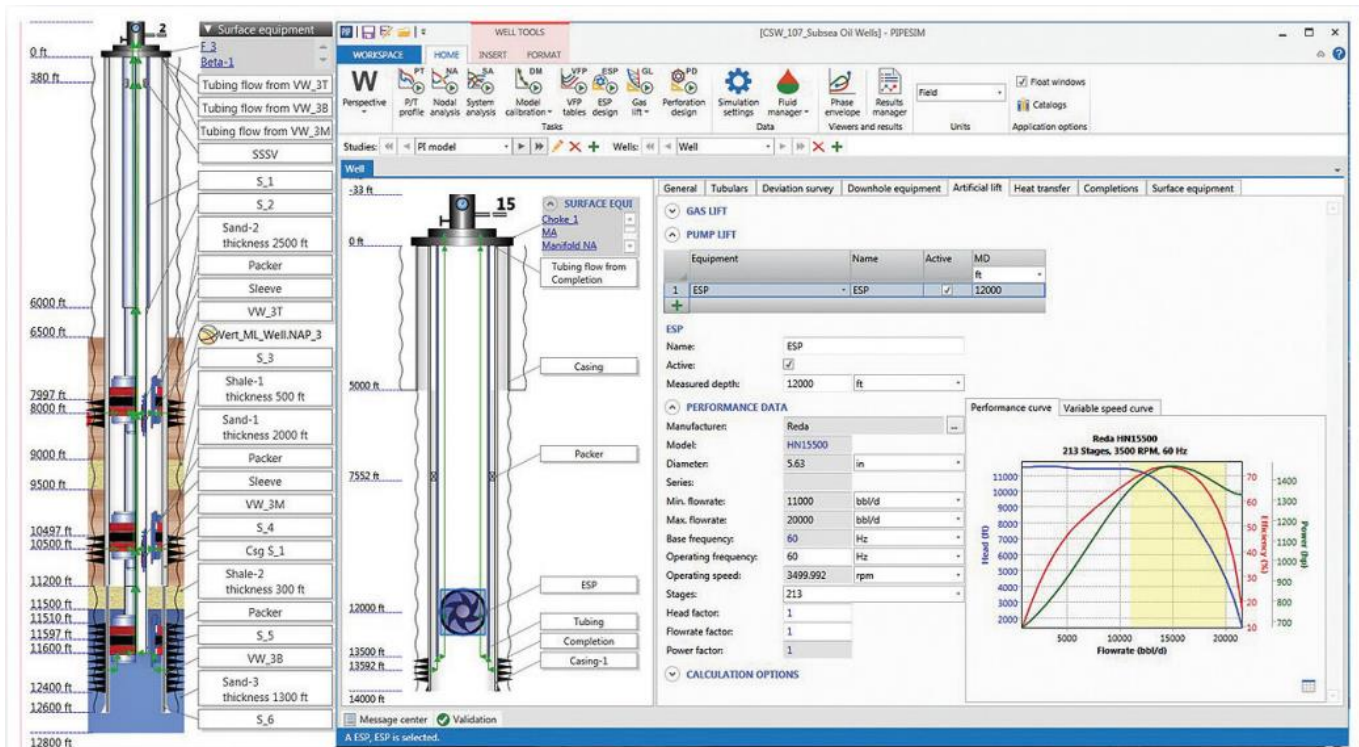
Интерактивное графическое представление ствола скважины позволяет пользователю быстро создать модель скважины и просмотреть смоделированные линии тока на диаграмме. Кроме того, не переключаясь на сетевой режим, можно легко задать наземное оборудование и флюид.

PIPESIM позволяет:

- Проектировать оптимальные заканчивания скважин, подбирать оптимальные системы механизированной добычи
- Диагностировать проблемы, ограничивающие потенциал скважины
- Оптимизировать добычу на существующих скважинах с помощью анализа чувствительности

Решаемые задачи:

- Подбор **оптимального размера лифтовых труб/обсадных колонн**
- Моделирование притока из пласта (модель заканчивания) с детальным расчётом **скин-эффекта**
- **Моделирование** водо- или газонагнетательных скважин
- Выбор оптимального расположения и конфигурации перфорационных систем
- Определение **оптимальной длины горизонтального ствола**
- **Моделирование многопластовых скважин**
- Вычисление ожидаемого прироста производительности вследствие **снижения скин-эффекта**
- **Диагностика накопления жидкости на забое** газовых скважин и оценка мер устранения проблемы
- Настройка параметров заканчивания и профиля температуры-давления на промысловые данные с использованием автоматических регрессий
- **Генерация Vertical Flow Performance (VFP) таблиц** для гидродинамических симуляторов
- **Выполнение детального анализа чувствительности** для определения параметров, наиболее сильно влияющих на добычу и производительность
- Сравнение различных методов механизированной добычи и выбор оптимального режима (УШГН, винтовые насосы, ЭЦН, Газлифт)
- Проектирование систем механизированной добычи (штанговые, винтовые, электроцентробежные насосы, Газлифт)
- Моделирование эффектов от закачки газа по гибким насосно-компрессорным трубам (ГНКТ)
- **Идентификация проблем, связанных со стабильностью потока**, таких как эрозия, коррозия, образование твёрдой фазы (соли, гидраты, парафины, асфальтены)
- Моделирование **трубного, затрубного или смешанного потока**
- Моделирование **внутрискважинного оборудования**, такого как штуцеры, подземные ограничительные клапаны, сепараторы и инжекторы химреагентов и др.



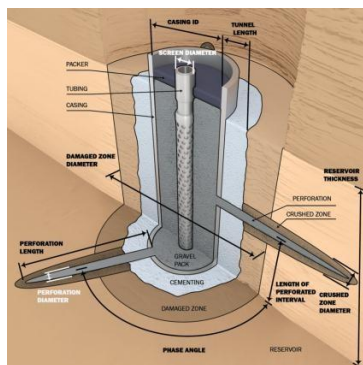
Дизайн скважин с новым интерактивным графическим конструктором совместно с другими приложениями Schlumberger стал гораздо проще. Дизайн скважин со сложными схемами движения потоков (НКТ / затрубное пространство) и горизонтальным заканчиванием также значительно упрощен.

Моделирование заканчиваний

PIPESIM включает все стандартные кривые притока для вертикальных, горизонтальных скважин и скважин с различными видами заканчиваний, например, ГРП. Моделируются сложные многопластовые заканчивания с использованием множества параметров притока и флюида.

Моделирование заканчиваний

Моделирование притока из пласта



Вертикальное заканчивание:

- Индекс продуктивности – газ (PI)
- Индекс продуктивности – жидкость (с/без учета поправки Вогеля и поправки на водную фазу)
- Уравнение Фетковича – (только жидкость)
- Уравнение Джонса – газ и жидкость
- Уравнение Вогеля – (только жидкость)
- Уравнение Противодавления – (только газ)
- Уравнение Форгеймера (только газ)

Все предыдущие уравнения позволяют рассчитать искомые параметры на основе введенных пользователем данных испытаний скважин.

- Модель гидроразрыва – газ и жидкость (с/без переходных расчетов)
- Модель Дарси
 - Псевдоустановившиеся и переходные режимы
 - Опции для газовой фазы включают корреляции по давлению и псевдо-давлению
 - Опции для жидкой фазы включают поправку Вогеля ниже давления насыщения и используют таблицы относительных фазовых проницаемостей нефть-вода
 - Таблица относительных фазовых проницаемостей
- Таблицы конусообразования: для учёта эффектов конусообразования в водонасыщенной или газонасыщенной части коллектора

Горизонтальное заканчивание (модели индекса продуктивности PI для одной точки):

- Модель установившегося течения Джоши для жидкости и газа, основанная на расчете модели притока (IPR)
- Модель псевдо-установившегося течения Бабу-Оде для жидкости и газа, основанное на расчете модели притока

Горизонтальное заканчивание (модель распределения PI, которая учитывает приток флюида вдоль горизонтального участка заканчивания)

- Модель установившегося течения Джоши для жидкости и газа, основанная на расчете модели притока (IPR)
- Модель псевдо-установившегося течения Бабу-Оде для жидкости и газа, основанное на расчете модели притока
- Модель простого распределения индекса продуктивности

Расчет скин-фактора

PIPESIM поддерживает следующие параметры заканчивания:

- Открытый ствол
- Гравийный фильтр (открытый ствол и перфорация)
- Перфорации
- ГРП с фильтром (только для вертикальных скважин)

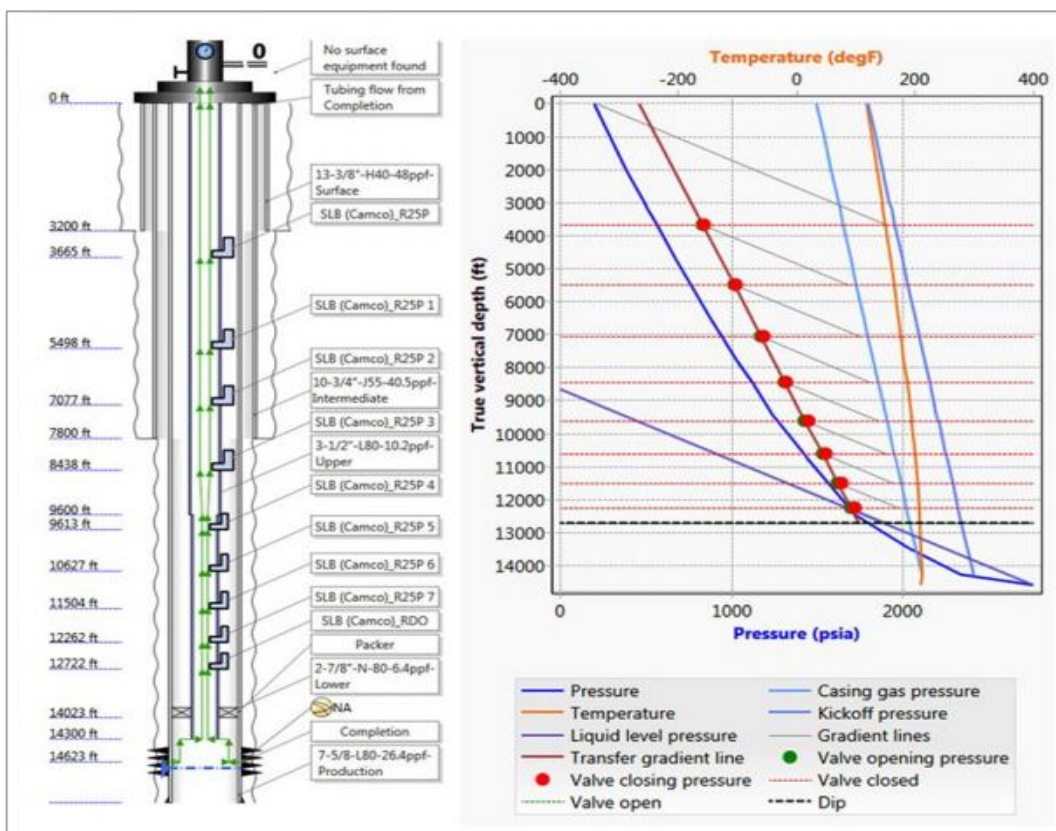
Большинство параметров, отвечающих за расчет скин-фактора, доступны для анализа чувствительности и неопределенности.

И для горизонтальных, и для вертикальных заканчиваний, пользователь может задать скин-фактор, полученный из данных тестирования скважины.

Проектирование механизированной добычи

PIPESIM позволяет выбрать наиболее подходящий метод механизированной добычи и провести детальное проектирование газлифта или ЭЦН. Инструменты оценки чувствительности позволяют проанализировать параметры механизированной добычи (объем закачки газа/количество ступеней ЭЦН) так, чтобы получить оптимальную добычу.

Для газлифта PIPESIM предлагает расчёты с учётом размещения новых и уже установленных газлифтных мандрелей, а также подбор клапанов и определение оптимальной глубины установки, используя стандартизованные методы проектирования газлифта. PIPESIM также включает обширный каталог производителей клапанов, предоставляя наиболее точную информацию для выбора лучших решений.



PIPESIM предоставляет качественный инструмент для точного моделирования газлифта, которым сами сотрудники Schlumberger пользуются ежедневно при решении задач оптимизации системы газлифта.

Механизированная добыча

Газлифт

PIPESIM использует передовые методы для выполнения проектирования и диагностики газлифтных скважин. Система газлифтных скважин может быть использована в различных операциях по моделированию скважин и транспортных сетей, включая оптимизацию месторождения.

Некоторые ключевые особенности:

Каталог газлифтных клапанов

- Обширный каталог газлифтных клапанов включает множество типов/серий, размеров, различных производителей
- Пользователи могут легко добавлять новые клапаны

Проектирование газлифта

- Доступно несколько методов проектирования (IPO-Surface Close, IPO-pt-Min-Max & PPO)
- Определение размеров клапанов
- Дизайн может быть основан на граничных условиях по давлению или для фиксированного уровня добычи
- Учёт потерь давления на трение газа, закачиваемого через кольцевое пространство.
- Конфигурируемые факторы безопасности на этапе подготовки дизайна
- Гибкий контроль выбора изготовителя клапанов, размеров, серий.
- Опция редизайна доступна при изменении размещения, изменениях в одном или нескольких клапанах, изменениях в профиле температуры и т.д.
- Результаты и графики проектирования включают:
 - Рекомендуемые клапаны – модель, размещение, размер и т.д.
 - Рекомендуемые давления зарядки для всех клапанов
 - Расчеты пропускной способности клапана (уравнение Thornhill-Craver)
 - Профили давления и температуры в НКТ и затрубном пространстве
 - Входные данные, результаты проектирования и график перепадов давлений между клапанами

Диагностика газлифта

- Диагностика газлифта учитывает условия закачки газа и граничные условия для обеспечения рабочего режима каждого клапана (открыт/закрыт/дросселирование).
- Графические результаты диагностики – зависимость добычи и закачки с учетом статуса клапана
- Таблица производительности с данными о режиме работы каждого клапана
- Корректирующий фактор температуры азота, включая Winkler-Eades и DAK-Sutton для высокого давления
- Проверка работы системы клапанов с помощью уравнений заложенных в программе в сравнении с реальными данными; в качестве входных параметров используются общий расход закачиваемого газа и давление нагнетания.

Сопутствующие операции

- Глубочайшая точка нагнетания. Прогнозирование газлифта: расчётная глубочайшая точка нагнетания и соответствующий дебит при данном типе флюида и заданном диапазоне значений (текущая и будущая производительность, обводненность).

- Реакция газлифта: анализирует производительность газлифтной скважины при различных условиях, таких как изменение параметров жидкости, условий закачки и эксплуатации и/или изменение глубин закачки

ЭЦН

PIPESIM использует продвинутое методологии проектирования ЭЦН и соответствующих операций. Ключевые особенности:

Каталог ЭЦН

- Обширная база данных кривых производительности ЭЦН, охватывающая широкий диапазон дебитов.
- Пользователи могут легко добавлять кривые производительности от любого производителя и использовать их для проектирования.

Выбор ЭЦН и расчёты при проектировании

- Расчет на основании целевых дебитов и ограничений по размеру предоставляет рекомендуемый выбор насосов в порядке убывания их эффективности
- Расчет необходимого количества ступеней (с учетом потерь между ступенями)
- Эффекты внутрискважинной сепарации, настройка коэффициента напора и коррекции по вязкости
- Расчет устьевого давления, градиента давлений, доли газа на приеме насоса, мощности и т.д.
- Результаты проектирования и графики включают:
 - Стандартную кривую производительности с указанием рабочих условий
 - Кривые производительности насосов при различной частоте в заданных рабочих условиях

Моделирование скважин, оборудованных ЭЦН

- Все стандартные операции в PIPESIM могут быть применимы для моделирования скважин с ЭЦН (в т.ч. профиль температуры/давления, узловой анализ, системный анализ, сетевое моделирование)
- Параметры ЭЦН (скорость, число ступеней и мощность) доступны в качестве значений чувствительности

Штанговые насосы

Моделирование штанговых насосов

- PIPESIM позволяет проводить моделирование штанговых насосов с использованием дополнительного оборудования, включая внутрискважинный сепаратор (опционально), производить рекомбинацию затрубного газа на устье.
- Скважины со штанговыми насосами могут быть использованы при выполнении любых расчётных операций в PIPESIM, включая расчёт сети.

Винтовые насосы

PIPESIM позволяет моделировать винтовые насосы. Основные особенности:

- Кривые производительности штанговых насосов для различных размеров и номинальных дебитов следующих производителей:
 - Schlumberger – KUDU PCP
 - PCM
 - Weatherford
 - Пользователь легко может добавить кривые производительности других производителей насосов

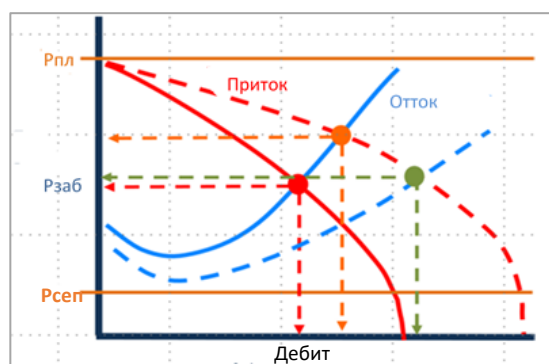
- Моделирование скважин с винтовыми насосами
 - PIPESIM позволяет проектировать винтовой насос с верхним и нижним размещением двигателя
 - Параметры для определения коэффициента напора, поправок вязкости и сепарации газа

Струйные насосы Моделирование струйных насосов (с помощью плагина):

- Моделирование струйных насосов, установленных на забое, с помощью выбора оптимальных размеров сопла и камеры смешения
- Определение оптимальных давления нагнетания рабочего агента и дебита
- Информация о пределах кавитации и критических условиях потока

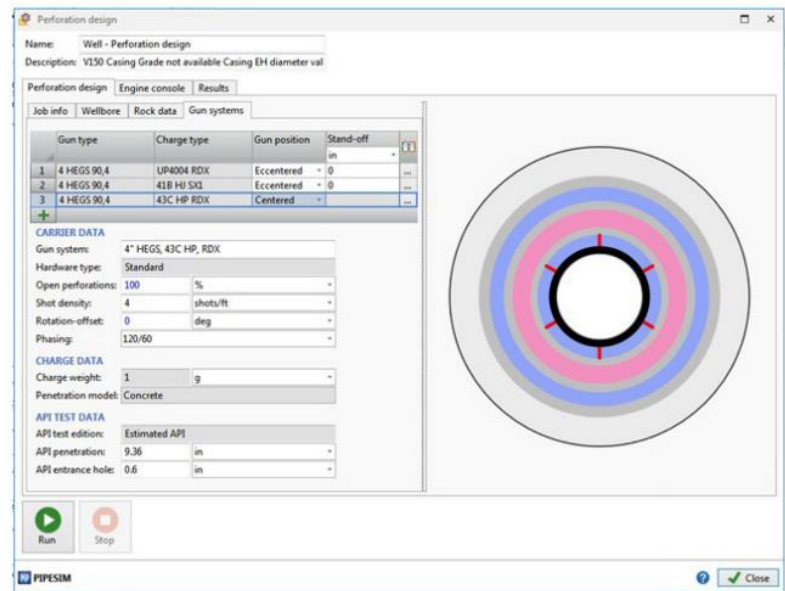
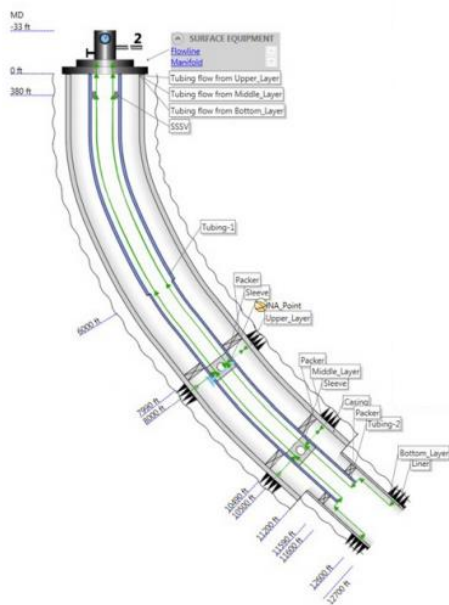
Узловой анализ и другие операции

Узловой анализ широко известен как метод оценки производительности скважин и имеет большое значение в понимании поведения системы в целом. Узловой анализ в PIPESIM позволяет построить графики притока-оттока в любой точке системы и выполнить анализ чувствительности по любой системной переменной, обеспечивая понимание того, где имеются возможности увеличения дебита. В дополнение к узловому анализу PIPESIM предлагает целый ряд других опций для широкого круга рабочих процессов скважинного моделирования.



Рабочие процессы в моделях отдельной ветви	
Профиль Температуры /Давления	<p>Рассчитывает множество переменных (расход, распределение давления, свойства жидкости, теплофизические свойства, характеристики многофазных потоков, параметры обеспечения потока и т.д.) на всем пути потока.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Определение неизвестных граничных условий : давление или расход • Условия работы оборудования при известных давлении и расходе • Анализ чувствительности для объектов модели, свойств флюида, граничных условий • Графики профилей для сотен потенциальных расчётных переменных
Узловой анализ	<p>Стандартный анализ производительности скважины, который также может быть применен для системы простого трубопровода. Практическое применение данного вида анализа включает дизайн скважины и заканчивания, выбор и дизайн типов механизированной добычи, размеры оборудования, выявление «узких мест» системы, анализ обеспечения потока и др.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Чувствительность к изменению параметров притока и оттока • График узлового анализа с некоторыми контрольными параметрами
Адаптация к данным замеров	<p>Дополнительный инструмент использует технологии оптимизации для выбора и настройки наиболее подходящих корреляций потока и корректировки факторов трения, задержки жидкости и теплопередачи в соответствии с промышленными</p>

	замерами температуры и давления. Результаты могут быть быстро визуализированы и проверены перед применением поправочных коэффициентов, которые могут быть использованы для построения более точных сценариев оптимизации или будущих прогнозов производительности.
Моделирование перфорации	Строгий дизайн перфорации для определения оптимального вида перфоратора, фазировки. Кроме стандартной цементной модели, основанной на методе API RP 19B тестировании данных, для анализа перфорации доступен разработанный компанией Schlumberger метод воздействия на породу SPAN Rock*. Результаты дизайна могут быть использованы для обновления модели скважины с учетом диаметра входных перфорационных отверстий и проектной глубины перфорации, которые необходимы для расчета скин-фактора вертикального или горизонтального заканчивания.
Системный анализ	Один из наиболее универсальных инструментов анализа в PIPESIM позволяет пользователям анализировать эффективность систем добычи и/или закачки (скважин, трубопроводов и т.д.). Он имеет расширенные возможности для анализа чувствительности, позволяющие варьировать множество параметров в режиме перестановки или в режиме соответствия.
Таблицы работы лифта в скважинах	Расчет работы лифта в добывающих и нагнетательных скважинах, в качестве переменных чувствительности выступают дебит, свойства флюидов, выходные давления параметры механизированной добычи. Результаты формируются в стандартизированном для гидродинамических симуляторов формате.



Дизайн перфорации используется компанией Schlumberger для подбора оптимальной перфорации и определения соответствующих характеристик.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОГО РЕЖИМА ПОДАЧИ ПОТОКА

Наиболее серьезные производственные риски связаны с транспортировкой флюидов. При одновременном течении в скважине или трубопроводе нефти, воды и газа, они потенциально возрастают. Проблемы могут быть связаны с неустойчивостью течения, осаждением твердых компонентов, которые потенциально способны блокировать течение, эрозией и коррозией, являющихся причиной разрушения трубопровода.



PIPESIM предлагает самый полный в отрасли набор рабочих процессов для моделирования установившегося течения, как при проектировании систем клиентского уровня, так и производственных операций. PIPESIM часто применяется для выявления ситуаций, которые в дальнейшем требуют более детального подхода к моделированию неустановившегося течения, используя OLGA. К таким случаям можно отнести остановку/запуск скважин, вывод скважин на режим, удаление гидратов, очистку скважин и трубопроводов. Совместно PIPESIM и OLGA предлагают наиболее комплексное решение задач моделирования при изучении систем мультифазного потока.

PIPESIM позволяет:

- Проектировать, оптимизировать трубопроводы и такое оборудование, как насосы, компрессоры, мультифазные бустеры с целью увеличения добычи и снижения капиталовложений
- Разработать стратегии предотвращения рисков для работающей системы
- Точно моделировать многофазные потоки, теплообмен и поведение жидкости для обеспечения надежной доставки жидкости до пункта назначения

Области применения:

- **Размер трубопроводов** для минимизации противодействия в процессе поддержания стабильных объёмов добычи и работы при максимально допустимом давлении
- **Размер насосов, компрессоров и многофазных бустеров** для достижения целевых дебитов
- **Балансировка размеров трубопроводов** по отношению к мощности насосов с использованием сложных параметров чувствительности, позволяет увеличить экономическую эффективность
- Моделирование преимуществ **параллельных трубопроводов**
- **Расчёт оптимальной глубины погружения и требований к теплоизоляции**
- Выявление **рисков пробкообразования** у оснований райзеров
- **Прогнозирование эрозии и коррозии** трубопроводов с целью сохранения их целостности
- Точная **характеристика поведения флюида** с помощью широкого спектра композиционных и black-oil моделей
- **Определение размера сепарационного оборудования и пробкоуловителей** для управления жидкостями в процессе пусков скребка, предупреждение гидравлических ударов при выводе оборудования на режим и гидродинамических пробок
- **Определение рисков возможного образования твердых веществ**, в том числе парафинов, гидратов, асфальтенов
- Оценка **производственных рисков образования парафина** вдоль трубопровода
- Определение необходимого количества **метанола** для работы в безгидратном режиме
- Расчёты **образования эмульсий**
- Выполнение **комплексного анализа чувствительности** в любой точке гидравлической системы с использованием нескольких параметров в режиме
- Адаптация данных давления и температуры с помощью **автоматической регрессии факторов задержки жидкости, трения и теплообмена**
- **Создание отчёта множества переменных** (например, расхода, распределения давления, свойств флюида, температурных свойств, характеристик многофазного потока и т.д.) на всей протяжённости потока.

Наземное оборудование

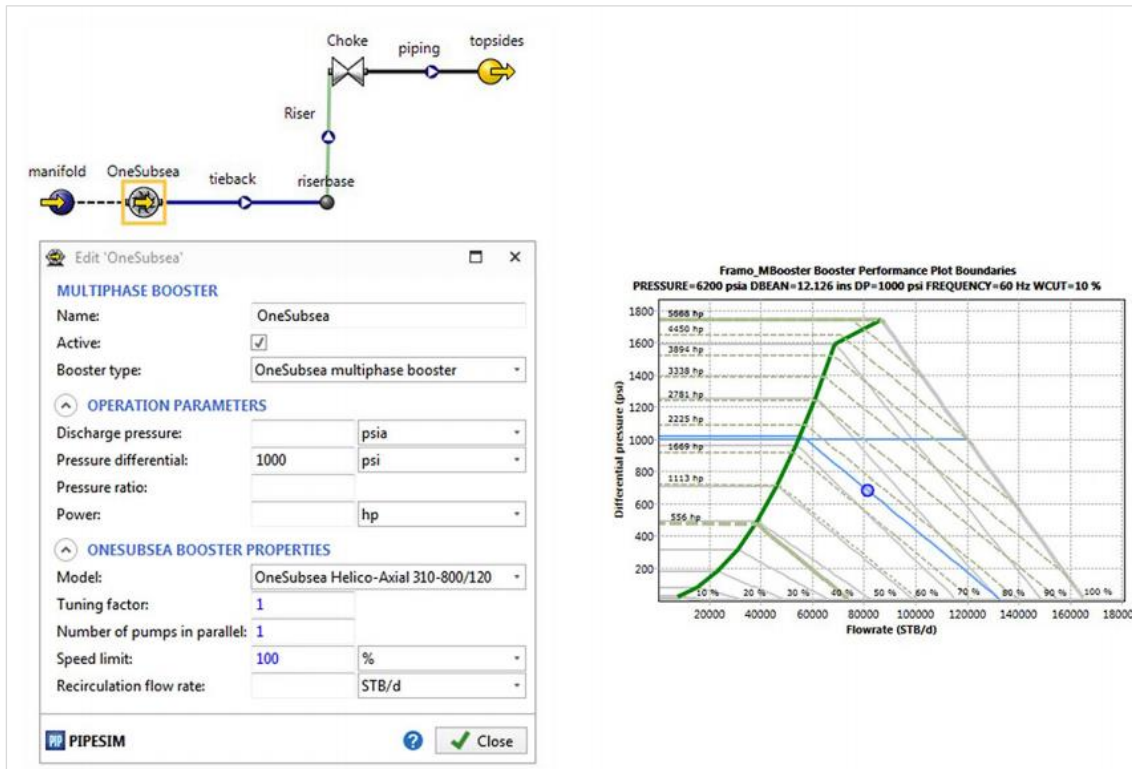
PIPESIM позволяет выбрать оборудование различного типа для определения его влияния на конструкцию всей системы. При проектировании систем в PIPESIM могут быть использованы сложные анализы чувствительности с изменением ключевых параметров расчёта. Это позволяет оптимально рассчитать трубопроводы и подобрать размер оборудования.

Обеспечение бесперебойного режима подачи потока для наземного оборудования

Трубопроводы и райзеры	<p>В PIPESIM существует упрощенный и детальный режим задания трубопроводов и райзеров. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none">• Возможность задавать неровности трубы для расчёта в условиях негоризонтального грунта и возможности моделировать как райзеры, так и спускные вертикальные трубы• Задание необходимых данных из различных расчетов теплопередачи – от простых до детальных (обратитесь к разделу теплопередачи для получения дополнительной информации).• Использование измеренных значений давления и температуры (если такие имеются) для настройки модели с использованием сложных алгоритмов регрессии• Моделирование электрообогрева трубопроводов• Схематическое отображение геометрических профилей трубопроводов и райзеров• Применение глобальных свойств окружающей среды к наземным и подземным объектам• Опция GIS-карт по автоматическому считыванию профиля высотных отметок наземного/подводного трубопровода
Источники и стоки	<ul style="list-style-type: none">▪ Определение в системе точек входа и выхода флюида (источников, стоков) вместо добывающих/нагнетательных скважин.▪ Возможность задания кривых PQ при выборе источника, что отразит производительность скважины при изменении условий.
Штуцеры (наземные/скважинные)	<p>PIPESIM предоставляет возможность моделировать штуцеры и дроссели, как на поверхности, так и в скважине. В том числе:</p> <ul style="list-style-type: none">• Задание пользователем или расчет размера штуцера.• Задание пользователем или расчет критического перепада давлений в штуцере.• Для расчета потерь давления в докритическом или критическом потоке в PIPESIM также доступны различные корреляции.• Также доступны расширенные опции для настройки режима работы штуцера заданием специальных коэффициентов потока для жидкой и газовой фаз, коэффициента расхода, C_p/C_v, фактор расширения газа и т.д.
Насосы	<ul style="list-style-type: none">• Управление производительностью насоса с помощью применения ограничений для перепада давления, мощности и т.д. или их комбинаций.• Расчет параметров насоса – перепад давления, мощность и т.д. для одного или нескольких наборов условий эксплуатации.• Простая термодинамическая модель либо заданные пользователем кривые• Большинство параметров работы насоса – напор, перепад давления,

	<p>мощность, число ступеней (если применимо), скорость (если применима), эффективность и т.д. доступны в качестве переменных чувствительности для проектирования или анализа неопределенностей.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Коррекция вязкости (метод Turzo)
Многофазный насос	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Многофазный насос (рассматривается как насос и компрессор работающие параллельно) ▪ OneSubsea компании Шлюмберже, мультифазные насосы и компрессоры неподготовленного газа: <ul style="list-style-type: none"> - Каталог моделей - Факторы настройки - Параллельная и рециркуляционная работа в зависимости от моделей - создание подробных карт производительности • Контроль производительности насоса с помощью применения эксплуатационных ограничений в различных сочетаниях. • Большинство параметров насоса (в зависимости от выбранной модели и типа) – напор, перепад давления, мощность, скорость, эффективность, параметр напора, параметр расхода и т.д. доступны в качестве переменных чувствительности для проектирования или анализа неопределенностей
Компрессоры и детандеры	<ul style="list-style-type: none"> • Моделирование центробежных и поршневых компрессоров также как и детандеров • Контроль производительности компрессора с применением ограничений перепада давления, мощности и т.д. или их комбинации. • Выбор между различными термодинамическими процессами – адиабатическим, политропным или расчёт расширения на основе метода Mollier. • Поршневые компрессоры позволяют выбрать несколько ступеней. Также существует возможность добавления промежуточного охлаждающего температурного режима. Пользователь может моделировать производительность компрессора по ряду параметров падения давления. • Пользователь может добавить дополнительные кривые производительности в базу данных PIPESIM. • Большинство параметров производительности компрессора – напор, перепад давления, мощность, число ступеней (если применимо), скорость (если применима), эффективность и т.д. доступны в качестве переменных чувствительности для проектирования или анализа неопределенностей.
Универсальный тип оборудования	<p>Объект универсальный тип оборудования позволяет пользователю моделировать устройства, отсутствующие в базе данных оборудования в PIPESIM. Основные особенности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Моделирование оборудования с комбинацией одного или нескольких параметров: <ul style="list-style-type: none"> ○ Перепад температуры или фиксированная температура на выходе ○ Перепад давления или фиксированное давление на выходе (регуляторы) ○ Устройство с фиксированной нагрузкой • Выбор среди различных термодинамических процессов – изотермического, изохорического и изобарического.

Сепаратор (встроенный наземный и скважинный)	<p>PIPESIM имеет несколько вариантов моделирования сепараторов, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сепарация, основанная на термодинамических расчетах PIPESIM, выполняемых для всех видов жидкостей, определенных с помощью условий P, T • Встроенные сепараторы (скважинные или наземные) отделяющие газ, воду или жидкость с заданной пользователем эффективностью сепарации • Сетевые сепараторы позволяют отслеживать потоки основной и отделенной фаз, путем регулировки непрерывности давления через сепараторы, для обеспечения выполнения граничных условий каждого выходящего потока • PIPESIM позволяет настроить в сепараторах серийные/параллельные схемы для моделирования условий многоступенчатой сепарации
Теплообменники	<p>Теплообменники могут быть использованы для моделирования нагревателей и охладителей. Некоторые ключевые особенности включают:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Моделирование оборудования с комбинацией одной или нескольких настроек: <ul style="list-style-type: none"> ○ Фиксированная температура на выходе, перепад температур или нагрузка ○ Фиксированное падение давления или перепад давлений • Все эти параметры доступны как переменные чувствительности • Доступен широкий набор отчетов для условий на входе и выходе
Закачка флюида	<p>PIPESIM позволяет моделировать закачку флюида и на поверхности, и в стволе скважины. Закачка флюида может быть использована для нагнетания химреагентов или других флюидов для решения проблем, связанных с обеспечением бесперебойного режима потока. Основные особенности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Возможность вводить любой тип флюида (модель чёрной нефти, композиционная, файл MFL (полученный из Multiflash Standalone) • Возможность моделировать газлифт в стояке • Закачиваемый флюид эффективно смешивается с основным флюидом, позволяя прогнозировать свойства смеси
Сумматоры/множители	<p>Сумматоры и /или множители используются в качестве инструментов моделирования систем добычи/закачки в множестве сценариев. Некоторые примеры:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Проектирование трубопроводных систем для учета увеличивающейся со временем мощности • Моделирование неполной загрузки в наземных трубопроводах • Проектирование параллельных трубопроводов
Обратный клапан	<p>Использование обратных клапанов для перекрытия потока</p>



Моделирование мультифазных насосов и компрессоров неподготовленного газа из OneSubsea.

Коррозия и эрозия

Понимание основ коррозии имеет важное значение для разработки эффективной стратегии, которая позволит эффективно её контролировать. Коррозия возникает потому, что водная фаза почти всегда присутствует в нефтяных и газовых средах. Коррозия зависит от концентрации CO_2 , температуры, давления, режима течения и дебита флюида.

PIPESIM определяет места подверженные коррозии и, в частности, прогнозирует скорость коррозии CO_2 . Модель коррозии Де Ваарда рассчитывает скорость коррозии, вызванной наличием CO_2 растворенного в воде. Концентрация CO_2 определяется из свойств жидкости (модель чёрной нефти или композиционная).

Эрозия потенциально очень вредна. Она может возникнуть в жидкости без присутствия твёрдых фаз, но усугубляется захваченными твердыми частицами (песок). Уровень выноса песка является основным фактором, определяющим скорость эрозии. В PIPESIM, инженеры могут моделировать эрозию, чтобы выбрать необходимое оборудование и материалы.

Методы моделирования эрозии в PIPESIM включают API 14E и модели Салама. Предел скорости эрозии рассчитывается на основе сложившихся условий потока и представляется в виде отношения к средней скорости флюида. Значения скорости эрозии равные единице или больше указывают на степень риска. Кроме того, модель Салама предсказывает величину материального ущерба в результате эрозии для жидкостей с содержанием песка. Результаты профиля потока, максимальных скоростей эрозии и коэффициентов скоростей представляются в виде выходного файла и на графиках.

Эмульсии

Эмульсии, получающиеся в результате смешения нефти и воды, могут привести к проблемам переработки и повышенным затратам на очистку. Высокая вязкость жидкости в результате образования эмульсии может вызвать большие потери давления в скважинах и промысловых трубопроводах. В PIPESIM доступно несколько зависимостей для расчёта эмульсий, в том числе Woelfin, Brinkman, Vand, Richardson, Leviton и Leighton. Точка инверсии фаз, определяющая непрерывную фазу, может быть определена пользователем или рассчитана по уравнению Brauner-Ullman.

Гидраты

Вода и жидкие углеводороды могут образовывать гидраты, которые, если их не удалять, могут приводить к закупорке. Физические свойства гидратов аналогичны свойствам льда, но гидраты могут образовываться при относительно высоких температурах в системах высокого давления. После того как образовалась пробка, требуется вмешательство, которое может привести к значительным простоям. Поэтому, очень важно эффективно проектировать и управлять трубопроводной системой (особенно морской) с учетом рисков образования гидратов. PIPESIM включает в себя следующие стратегии предотвращения гидратообразования:

- Теплоизоляция: лучшим способом предотвращения образования гидратов является поддержание температуры жидкости внутри трубопровода выше температуры образования гидратов. В PIPESIM можно детально изучать механизм передачи тепла, эффективность изоляции и заглубления трубопровода.
- Закачка химреагентов: если изоляция трубопровода не является достаточной для поддержания температуры выше точки образования гидратов, можно смоделировать применение термодинамических ингибиторов, таких как метанол и моноэтиленгликоль (МЭГ), чтобы определить необходимые дозировки для предотвращения гидратообразования.

Кривые гидратов могут быть вычислены с помощью модуля PIPESIM Multiflash-Hydrates и наложены на фазовую диаграмму. Эти кривые полезны на стадиях проектирования и эксплуатации подводных трубопроводов, т.к. обеспечивают моделирование условий давления и температуры, которые система должна поддерживать, чтобы избежать образования гидратов.

Пробкообразование

Гидравлические пробки могут вызвать серьезные проблемы в подземном технологическом оборудовании. Гидравлические пробки относятся к меняющимся потокам и волновым потокам газа и жидкости в трубопроводе. PIPESIM моделирует два типа такого течения.

- Газожидкостные пробки: могут возникнуть в многофазных транспортных системах, состоящих из райзера и последующего трубопровода. В PIPESIM вероятность образования пробок определяется зависимостью Pots (PI-SS). PI-SS - это безразмерное число, которое является критерием определения вероятности возникновения перемежающегося потока в райзере. Закупорка возникнет, если присутствует разделенный режим течения и число PI-SS меньше единицы.
- Гидродинамические пробки: пробки образуются волнами, растущими на поверхности жидкости до высоты достаточной, чтобы полностью заполнить горизонтальную или почти горизонтальную

трубу. Повторяющееся воздействие гидродинамических пробок может привести к износу трубопровода. PIPESIM вычисляет среднюю длину пробки в зависимости от пройденной дистанции. Затем для определения распределения длины пробки и частоты используется вероятностная модель. Рассчитанные размеры пробки могут быть использованы при проектировании жидкостных сепараторов и пробкоуловителей.

Парафины и асфальтены

Проблемы отложения парафинов и асфальтенов могут стать настолько серьезными, что могут полностью заблокировать трубопровод, а ремонт может стоить миллионы долларов. Когда температура сырой нефти снижается, тяжелые твердые вещества, такие как n-алканы/парафины (C₁₈-C₆₀), могут выпадать в осадок и откладываться на стенках труб. Снижение внутреннего диаметра приводит к повышению перепада давления.

В PIPESIM, в качестве дополнения к пакету Multiflash PVT, имеются модели выпадения парафинов и асфальтенов в твердую фазу.

Расчет дополнительных параметров профиля

Данный плагин рассчитывает стандартные выходные переменные и дополнительные параметры профиля и ветви с использованием прямого расширения ядра, написанного на Fortran или C++ и скомпилированного в виде динамически связанной библиотеки (DLL). Начиная с PIPESIM 2017, несколько примеров включены в каталог PIPESIM Labs – набор плагинов, который появляется по умолчанию с установкой PIPESIM, и демонстрирует расширение возможностей. Данная архитектура позволяет подключать к PIPESIM пользовательские плагины, выполняющие дополнительные расчёты на профиле. Такие плагины считывают стандартные выходные переменные и выполняют вычисления вместе с расчётным ядром, используя динамические библиотеки (DLL), собранные из кода на Fortran или C++. Несколько демонстрационных примеров представлены в каталоге PIPESIM Labs, который находится в установочной директории PIPESIM 2019.x.

Возможности обеспечения бесперебойного потока в PIPESIM

Накопление жидкости	<ul style="list-style-type: none">• Выполнение анализа накопления жидкости (в основном для определения минимальной стабильной скорости течения в вертикальных газовых скважинах)• Пользователь может настроить прогнозный расчет, применив поправку• Анализ скважины или сети для выявления участков, подверженных накоплению жидкости
Гидраты	<ul style="list-style-type: none">• Для построения кривых образования гидратов используется комплексный пакет Multiflash• Пользователи могут отображать профили добычи, наложенные на фазовую диаграмму, для прогнозирования возникновения гидратов и места их образования• Для определения точки образования гидратов в отдельных скважинах или сети выводится отчет по температурам образования гидратов и/или температуры переохлаждения гидратов

	<ul style="list-style-type: none"> • Анализ эффекта применения ингибиторов и определение их необходимого количества для предотвращения образования гидратов
Асфальтены	<ul style="list-style-type: none"> • Для построения кривых образования асфальтенов используется комплексный пакет Multiflash. • Пользователи могут создавать профиль добычи, наложенный на фазовую диаграмму, для прогнозирования возникновения асфальтенов и места их образования • Для определения наличия и места появления асфальтенов в отдельных скважинах или сети выводится отчет по температурам образования асфальтенов и/или температурам переохлаждения асфальтенов
Парафины	<ul style="list-style-type: none"> • Модуль термодинамического прогнозирования Multiflash: <ul style="list-style-type: none"> ○ Строит кривую образования парафинов на фазовой диаграмме. ○ Накладывает профиль добычи поверх фазовой диаграммы для прогнозирования образования и места выпадения парафинов ○ Для определения наличия и места образования парафина в отдельных скважинах или сети формируется отчет о критических температурах образования парафина и/или температуры переохлаждения
Солеотложение	<ul style="list-style-type: none"> • Возможность использовать PVT файл, полученный в ScaleChem, для прогнозирования наличия, типа, размещения и серьезности осложнений, связанных с солеотложениями
Моделирование эмульсий	<ul style="list-style-type: none"> • Доступные модели эмульсий включают: <ul style="list-style-type: none"> ○ Использование вязкости непрерывной фазы ○ Средневзвешенную вязкость смеси ○ Woelflin для лёгких, средних и плотных типов эмульсий ○ Brinkman ○ Vand (коэффициенты Vand, коэффициенты Barnea & Mizrahi или заданные пользователем коэффициенты) ○ Richardson (с настраиваемым K фактором) ○ Leviton и Leighton ○ Задаваемая пользователем таблица эмульсии • Точка инверсии фаз может задаваться пользователем или рассчитываться с помощью уравнения Brauner-Ullman
Моделирование коррозии	<ul style="list-style-type: none"> • Прогнозирование возникновения коррозии, вызванной наличием CO₂, используя модель коррозии DeWaard • Настраиваемые параметры для повышения эффективности • Возможность спецификации pH вручную или задание кислотности на основе PVT файлов ScaleChem • Учет влияния ингибиторов коррозии (MEG, DEG) • Результаты включают скорость коррозии, pH, фактор гликолевого ингибирования и многие другие параметры
Моделирование эрозии	<ul style="list-style-type: none"> • Выберите одну из следующих моделей эрозии: <ul style="list-style-type: none"> ○ API 14E ○ Salama (для жидкостей с содержанием песчанника) ○ Модель коррозии DeWaard для прогнозирования коррозии CO₂

	<ul style="list-style-type: none"> • Настраиваемые параметры для повышения эффективности • Расчет предла скорости эрозии, отношения скоростей эрозии, скорость эрозии и множества др. параметров
Анализ пробкообразования и поршневания системы	<ul style="list-style-type: none"> • Выполнение расчетов следующих параметров: <ul style="list-style-type: none"> ○ Длина пробки ○ Рост пробок ○ Вероятностные распределения длины пробок ○ Индикатор серьезных пробок в райзерах ○ Объем пробки, образованный проходом поршня, время прохождения и сброса

Детальное понимание термогидравлики производственной системы имеет решающее значение для проектирования трубопроводов и оборудования, а также для преодоления трудностей обеспечения бесперебойного режима потока. PIPESIM представляет собой современный симулятор для анализа сложных добывающих и нагнетательных сетей. Уникальным преимуществом симулятора PIPESIM является то, что в одной программной среде возможно и проектировать скважину и трубопроводы, и моделировать условия бесперебойного потока для получения самых точных производственных решений среди доступных на рынке. Функционал моделирования сетей был разработан для проектирования сетей практически любого размера и топологии, в том числе имеющих сложную структуру закольцованной системы и пересечений. С помощью моделирования всей производственной системы или системы нагнетания в виде сети, можно должным образом учесть взаимозависимость скважин и наземного оборудования и определить пропускную способность всей системы. 64 битное вычислительное ядро поддерживает распараллеливание для максимизации производительности и масштабируемости.

Возможность использования GIS-карт помогает представить истинное расположение скважин, оборудования, сетей трубопроводов. В результате использования GIS-карт инженер получает более полное представление о реальных полевых условиях, что позволяет учесть прежде неизвестные физические препятствия при принятии решений.

Пользователь может проектировать сеть в интерактивном режиме с наложением на GIS-карту и быстро считать высотные отметки для наземных/подводных трубопроводов, используя данные с веб-сервисов. Построение больших сетей можно ускорить с помощью преобразования существующих шейп-файлов в системы трубопроводов, устранив необходимость ручного построения на карте. Для моделей скважин доступны операции импорта/экспорта, что позволяет специалистам выполнять подробный дизайн скважин независимо друг от друга, а результат подключать к единой сети.

PIPESIM позволяет:

- Проектировать лучшую конструкцию скважины, трубопровода и оборудования для всей системы
- Выявлять узкие места и ограничения
- Оптимизировать добычу в сложных сетях

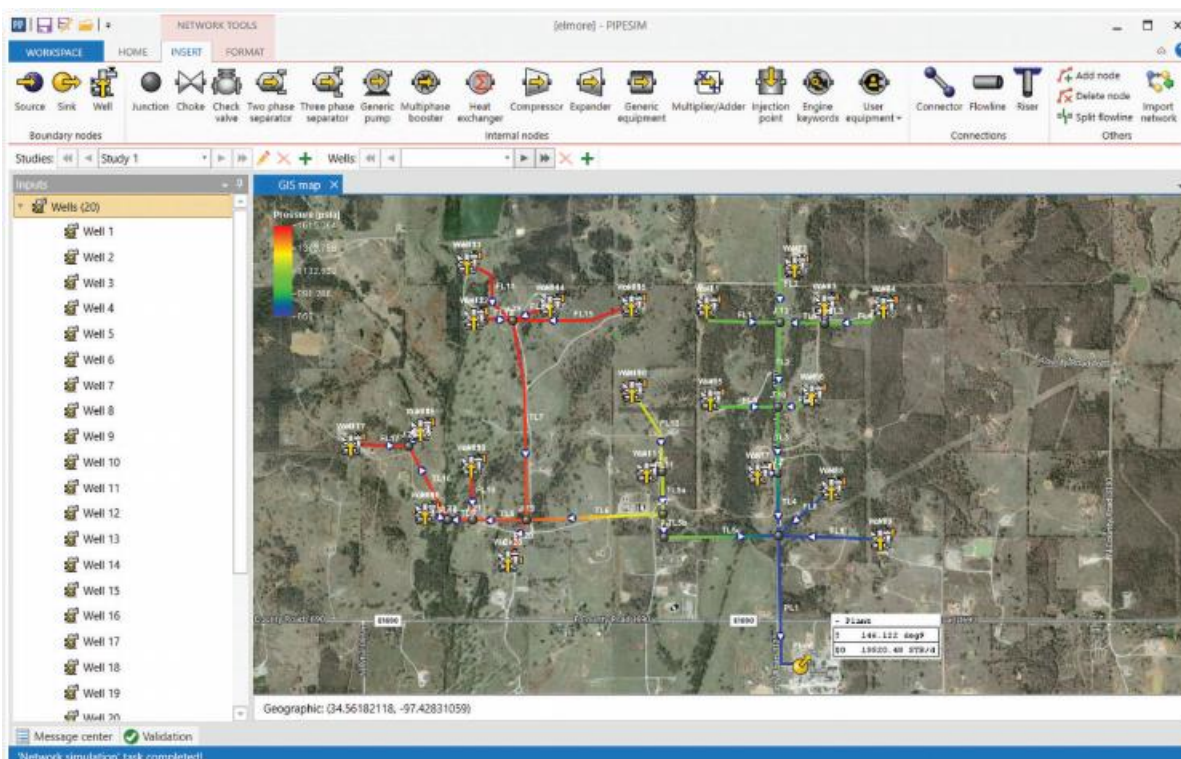
Типичные примеры сетевого моделирования

- **Проектирование и управление системами сбора нефти и газа** с учетом ограничений системы
- Быстрое **определение мест** в системе, которые наиболее **подвержены проблемам обеспечения бесперебойности потока**, таким как эрозия, коррозия и образование гидратов
- **Определение преимуществ** добавления новых скважин, компрессоров, трубопроводов и т.д.
- Определение оптимального размещения **насосов и компрессоров**
- Проектирование и контроль за **сетями закачки газа или воды**
- **Анализ сотен переменных**, таких как давление, температура и параметры обеспечения бесперебойного потока в сложных траекториях течения
- **Оценка преимуществ кольцевых трубопроводов и пересечений** для уменьшения противодействия
- **Расчет полной пропускной способности месторождения** для обеспечения заданных уровней добычи

Сетевое моделирование и оптимизация в PIPESIM

Ключевые особенности

- Решение для неопределённых граничных условий (давление и/или расход)
- Масштабируемость сети до 10,000 скважин и источников
- Алгоритм оптимизации добычи частично распараллелен для расчёта на нескольких ядрах процессора
- Поддержка множественных ограничений дебита
- Гибкая функциональность построения графиков с возможностью выбора сотен потенциальных переменных и нескольких осей Y
- Интерактивные таблицы результатов моделирования сети
- Цветовая градация результатов вычислений на GIS-картах
- Сводные и подробные выходные отчеты
- Оптимайзер сети



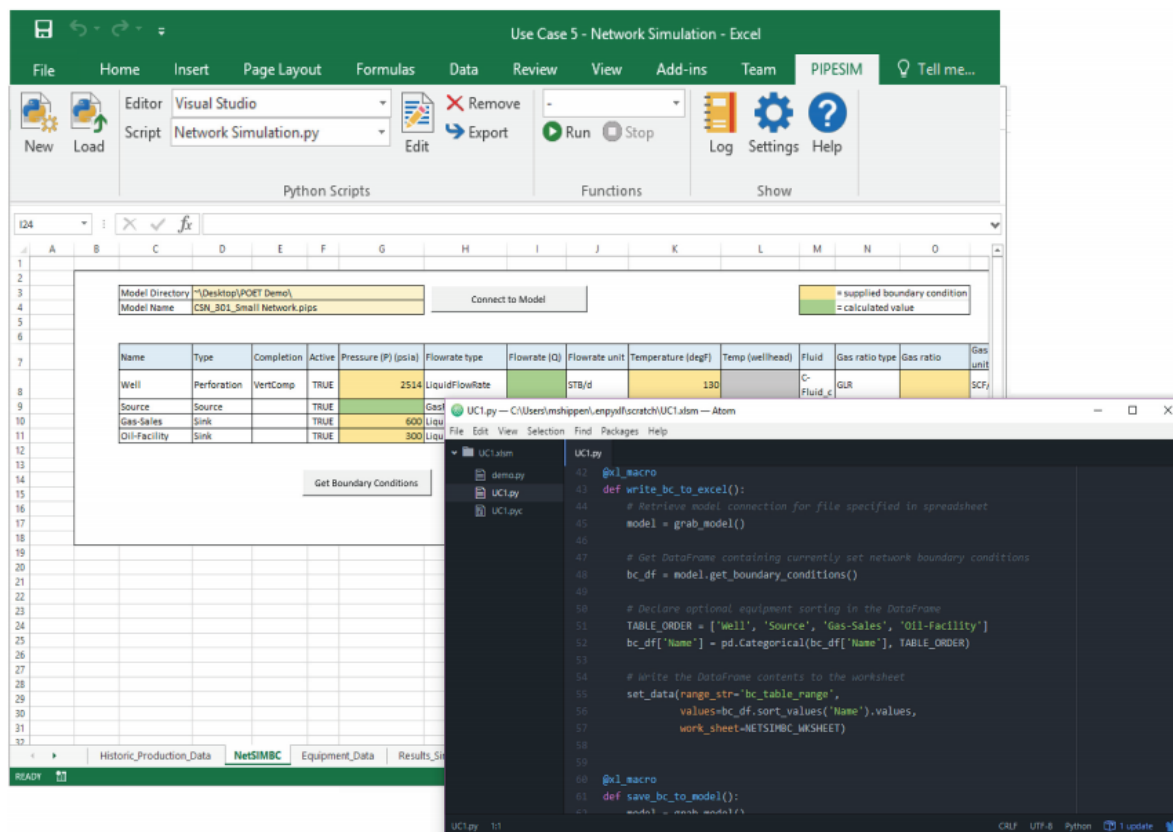
Быстрое сетевое моделирование с использованием GIS-карт; данные о возвышении легко получить из веб-сервисов в рамках PIPESIM.

Расширение возможностей

Начиная с версии PIPESIM 2017.1, представлена возможность использования набора инструментов разработчика Python Toolkit. Использование скриптов Python через SDK (комплект разработки программного обеспечения) позволяет автоматизировать рабочие процессы PIPESIM. Такой подход позволяет быстро выполнять множество функций, начиная от построения модели и калибровки до запуска моделирования, не открывая пользовательский интерфейс PIPESIM. Особенный эффект виден при выполнении повторяющихся действий, например, обновление множества моделей и пакетного запуска расчётов. Набор инструментов Python заменяет API на базе Microsoft COM под названием Open Link, присутствующий в PIPESIM 2012 и более ранних версиях.

Кроме того, используя свободно распространяемые пакеты Python, инженеры могут использовать последние достижения в областях обработки и анализа данных, машинного обучения и других областях, интегрируя эти решения в PIPESIM.

Набор инструментов Python Toolkit включает дистрибутив Enthought Canopy Python 3.5 со множеством инженерных библиотек. Эта интегрированная среда разработки (IDE) позволит быстро создавать и отлаживать скрипты Python, в то время как Canopy Package Manager упростит установку дополнительных пакетов.



Python Toolkit включает интеграцию с Microsoft Excel.

С помощью вкладки ленты «PIPESIM» в Excel возможно встроить и редактировать сценарии Python, которые обеспечивают функциональность аналогичную скриптам VBA. Интеграция с Excel также поддерживает определенные пользователем функции и отладочные сообщения.

Python Toolkit может быть использован для автоматического расчета сети, профиля Температуры/Давления и Узлового анализа.

Оптимайзер Сети

PIPESIM 2019 – первая версия нового поколения, имеющая оптимизатор сети. Оптимизатор способен выполнять подбор газлифта, рабочей частоты ЭЦН или винтовых насосов и подбор диаметров штуцеров в процессе поиска максимума или минимума целевой функции. Решение задачи может выполняться с учётом различных глобальных и/или локальных ограничений, таких как: ограничения на скважины, трубопроводы, терминальные узлы. При этом ограничения могут иметь как индивидуальный характер, так и применяться к группе объектов. Алгоритм оптимизации разработан исследовательским центром Schlumberger Doll-Research (Cambridge, MA) и успешно применён для оптимизации сети с ограничениями на тысячи скважин.

Оптимизатор сети Network Optimizer Task является частью PIPESIM Network Analysis (NET) и использует лицензии NETENGINE/PIPESIM-NET. Таким образом данный функционал не требует отдельного лицензирования.

Планирование разработки месторождений

IAM* - программное обеспечение для планирования разработки месторождений и управления добычей. Является наиболее полной и гибкой платформой для принятия решений по модернизации производственных активов и их эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла. ПО IAM позволяет интегрировать отдельные узкоспециализированные модели (пласта, сети сбора, переработки и экономики) в единую модель для принятия решений на уровне предприятия.

Объединение моделей PIPESIM и IAM позволяет:

- Получать более точные прогнозы, учитывая взаимодействие ФЕС свойств подземной части с ограничениями противодавлений наземной инфраструктуры.
- Оптимизировать использование механизированной добычи, вторичных методов добычи (EOR), коэффициента извлечения нефти заводнением (IOR).
- Планировать объемы газохранилищ на основе прогноза производительности и оптимизации установки компрессора.
- Формировать стратегии разработки месторождения для оптимизации прибыли с учетом капитальных затрат и операционных расходов.
- Обеспечивать мультидисциплинарный рабочий процесс за счет применения современных целевых моделей, охватывающих весь путь углеводородов- от пласта до системы подготовки.

Типичные примеры использования IAM*

- Динамическое соединение с моделями пласта, включая отраслевой стандарт гидродинамический симулятор ECLIPSE*, гидродинамический симулятор высокого разрешения INTERSECT*, модель материального баланса MBX и кривые снижения добычи, для прогноза дальнейшей разработки месторождения.
- Динамическое соединение с моделями подготовки (Symmetry*, HYSYS, UniSim, PetroSim) для учета ограничений объекта.
- Связь с экономическими моделями, включая Microsoft Excel, Merak* Пеер, для расчета базовых экономических параметров, таких как финансовый поток и NPV.
- Контроль расписания прогнозных событий с использованием правил и логических ограничений (например, если дебит газа меньше целевого, то бурим новую скважину)
- Управление объёмом добычи на уровне скважин и объектов наземной инфраструктуры на протяжении всего временного цикла.
- Задание плана бурения скважин для достижения целевого дебита.
- Оценка рисков, связанных с обеспечением стабильности потока со временем.
- Применение экономических пределов (например, если обводненность >95%, то закрыть скважину).
- Контроль оборудования наземной сети, включая компрессоры и насосы для оптимизации добычи со временем.

IAM 2017 поддерживает MBX – модель материального баланса от компании Schlumberger. MBX позволяет быстро и упрощённо смоделировать пласт для случаев, когда детальное моделирование не требуется или невозможно.

Функциональные возможности MBX:

- Прогнозирование нефтяных или газовых пластов без/с водопритока/ом
- Настройка модели на историю разработки.
- Модель черной нефти или композиционный флюид.
- Модель нагнетания газа и воды.
- Расчет вытеснения за счет вторичных методов увеличения нефтеотдачи, таких как заводнение.
- Описание геометрии пласта (цилиндрической или по глубине).
- Расчет запасов на основе аналитического метода Havlena-Odeh.
- Оценка глубин контактов фаз на протяжении всего расчетного периода.
- Анализ механизмов вытеснения (например, с помощью графиков природы энергии вытеснения).
- Моделирование связи между моделями пласта MBX для учета разломов и перетоков.
- Расчет газо-нефтяного отношения (GOR) и обводненности на основе нескольких моделей относительных фазовых проницаемостей.

ИНТЕГРАЦИЯ

Через интеграцию PIPESIM* с другим программным обеспечением компании Schlumberger (например, ECLIPSE*, Symmetry*) или со сторонним софтом (например, HYSYS, UniSim) возможно создание полностью интегрированной модели всего актива, объединяющей пласт и процесс разработки, в том числе в режиме реального времени.

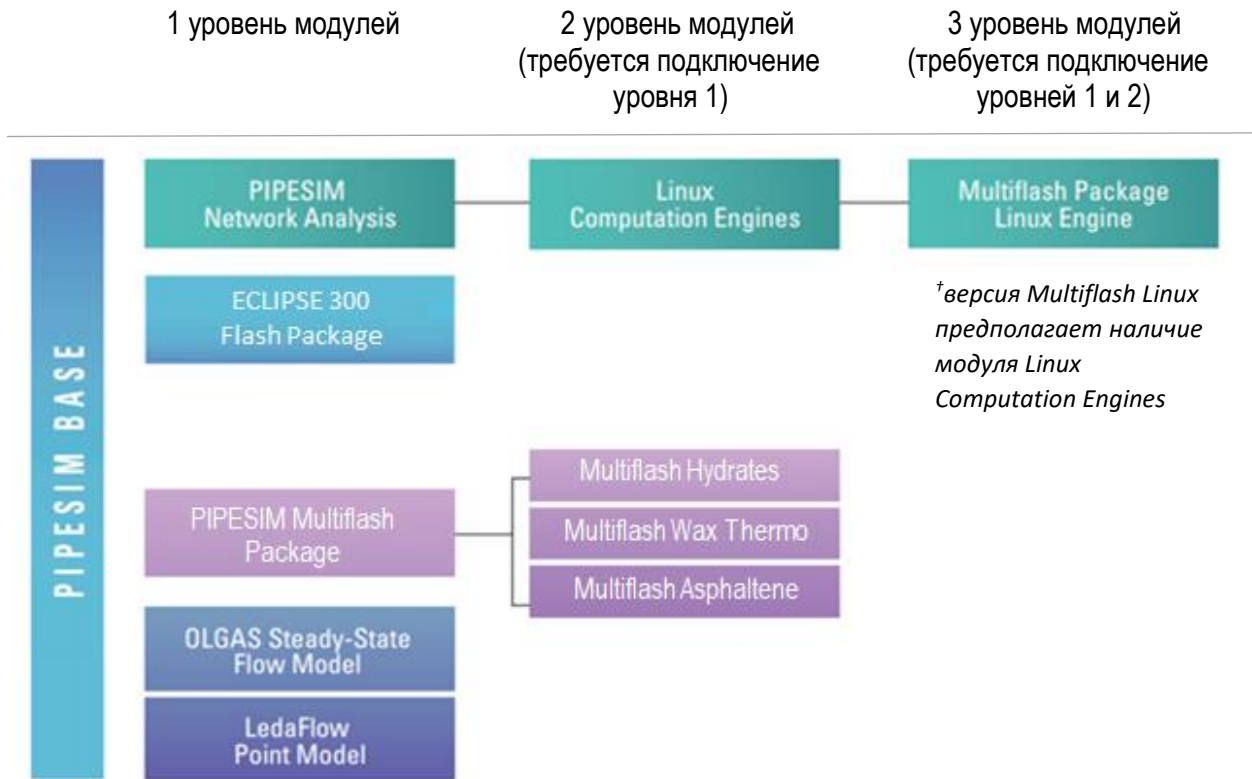
- Модуль Petrel* Well Deliverability использует PIPESIM* для создания таблиц VFP и выполнения узлового анализа на платформе Petrel*.

- Программное обеспечение Avocet* – платформа по учету продукции и управления эксплуатационными данными компании Schlumberger. Использует модель PIPESIM для мониторинга и оптимизации. Модели скважин, созданные в PIPESIM, могут быть запущены в среде Avocet*.

- IAM* - интеграционная платформа, объединяющая симулятор установленного многофазного потока PIPESIM*, гидродинамические симуляторы ECLIPSE* и INTERSECT*, модель материального баланса MBX*, Symmetry*, HYSYS, симуляторы UniSim, PetroSim и программы, предназначенные для экономического анализа, такие как Merak* Реер или Microsoft Excel, для моделирования и оптимизации всех активов, включая ограничения на каждом уровне.

- OLGA* является лидером в моделировании неустановившегося многофазного потока. PIPESIM* содержит утилиты, позволяющие конвертировать модель в формат OLGA*.

Модули PIPESIM



1 уровень модулей	Краткое описание	Требования
PIPESIM Network Analysis (NET)	<p>Предназначен для расчетов сетей сбора и нагнетания, включая добывающие и нагнетательные скважины, источники, кольцевые участки. Позволяет выполнять:</p> <ul style="list-style-type: none"> • детальные расчеты по гидравлическому распределению в сети с учетом свойств флюида; • детальный расчет теплообмена; • подбор различного оборудования в условиях работы сети сбора и нагнетания; • расчет сложных сетей сбора, включая лупинги, параллельные трубопроводы. • оптимизацию сети. Оптимизатор выполняет подбор газлифта, рабочей частоты ЭЦН или винтовых насосов и подбор диаметров штуцеров в процессе поиска максимума или минимума целевой функции. Решение задачи может выполняться с учётом различных глобальных и/или локальных ограничений, таких как: ограничения на скважины, трубопроводы, терминальные узлы. При этом ограничения могут иметь как индивидуальный характер, так и применяться к группе объектов. Работа со всеми параметрами задачи оптимизации происходит из одного окна. 	Базовая система PIPESIM
ECLIPSE 300 Flash Package	<p>Базовый модуль для моделирования композиционного состава флюида. Включает следующие пакеты:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schlumberger E300 flash с уравнениями Peng Robinson Corrected (1978) и Soave-Redlich-Kwong (1972) • GERG с уравнением GERG-2008 <p>В отличие от Multiflash не включает уравнения Peng-Robinson advanced (1976), CSMA, Cubic Plus Association (CPA) и Benedict-Webb-Rubin-Starling (BWRS), а также не позволяет строить фазовые диаграммы и не предполагает расчетов рисков гидратообразования и образования парафинов. Данные опции доступны только в пакете Multiflash.</p>	Базовая система PIPESIM
PIPESIM Multiflash Package	<p>Данный пакет позволяет создать фазовую диаграмму (ФД), отображать линии качества на ФД, моделировать тяжелые фракции как нефтей, так и газов, и конденсатов. Multiflash может использовать для расчета фазового состояния (ФС) как кубические, так и некубические уравнения</p>	Базовая система PIPESIM

состояния.

Дополнительно данный модуль содержит некубические уравнения состояния – модель CSMA (Corresponding States Model Advanced). Данная модель включает набор точных уравнений состояния для распространенных веществ (аммиак, гелий, аргон, изобутан, CO, CO₂, этан, этилен и др.). Плотность, тепловые свойства, состояние парожидкостного равновесия рассчитываются из экспериментально полученных уравнений. Данная модель может применяться для описания свойств флюида при моделировании процесса закачки кислот, транспортировки природного газа, транспортировки CO₂ и подземного хранения CO₂.

OLGAS Steady-State Flow Model

Версия установившегося потока трёхфазной механистической модели потока, используемой в симуляторе неустановившихся режимов течения OLGA (включает двухфазный вариант)

Базовая система PIPESIM

Leda Flow Point Model

Версия установившегося потока трёхфазной механистической модели от Kongsberg (стороннего производителя), разработчиков симулятора неустановившегося потока LedaFlow (включает двухфазный вариант)

Базовая система PIPESIM

2 уровень модулей	Краткое описание	Требования
LINUX Computation Engines	Дополнительный модуль для PIPESIM Network analysis, включающий вычислительные алгоритмы для сетей и одиночных ветвей для работы в Linux (используется только с IAM* для объединения модели PIPESIM и ECLIPSE, запущенных на платформе Linux).	- Базовая система PIPESIM - Уровень 1: PIPESIM Network Analysis (NET)
Multiflash Hydrates	Дополнительный модуль для пакета Multiflash, позволяющий проводить анализ гидратов.	- Базовая система PIPESIM - Уровень 1: пакет PIPESIM Multiflash
Multiflash Wax Thermodynamics	Дополнительный модуль для пакета Multiflash package для термодинамического прогнозирования парафинов.	- Базовая система PIPESIM - Уровень 1: пакет PIPESIM Multiflash
Multiflash Asphaltene	Дополнительный модуль для пакета Multiflash для прогнозирования образования асфальтенов.	- Базовая система PIPESIM - Уровень 1: пакет PIPESIM Multiflash
3 уровень модулей	Краткое описание	Требования
Multiflash Package LINUX Engine	Пакет PVT анализа MultiFlash для LINUX. Используется только для расчётов PIPESIM на ОС LINUX.	- Базовая система PIPESIM - Уровень 1: PIPESIM Network Analysis (NET) - Уровень 2: пакет PIPESIM Multiflash