

# Tempest™

## Программный комплекс компьютерного моделирования разработки месторождений углеводородов

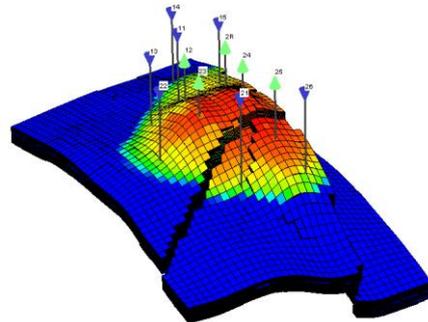
### ПРЕИМУЩЕСТВА И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:

- Покрывает весь спектр задач проектирования разработки месторождений;
- Позволяет создавать модели BlackOil и композиционные модели (EOS);
- Имеет удобный формат входных и выходных данных (pre- и post-processing);
- Позволяет выполнять анализ неопределенностей и рисков на основе многовариантных моделей в рамках единого цикла
- Даёт возможность моделировать различные геолого-технические мероприятия на скважинах и методы увеличения нефтеотдачи, такие как полимерное заводнение и термическое воздействие, гидроразрыв пласта, закачка растворителей др.;
- Включает возможность моделирования трещиноватых коллекторов (моделирование двойной среды);
- Позволяет напрямую считывать входную и выходную информацию из сторонних симуляторов (Eclipse™, VIP, CMG). Практически полная совместимость с форматом Eclipse™ для запуска расчетов без необходимости конвертации;
- Матрица дренирования между добывающими и нагнетательными скважинами на основе линий тока;
- Многофункциональная графическая оболочка позволяет готовить входные данные для моделирования, проводить полномасштабный анализ гидродинамических моделей и обрабатывать результаты моделирования, а также готовить отчетную документацию (карты, графики, таблицы);
- Параллельные вычисления
- Использование специальных скриптов на языке программирования Python;
- Протокол обмена данными (REX) со сторонними программами

**Tempest™** – модульный программный комплекс, предназначенный для трехмерного компьютерного моделирования разработки месторождений углеводородов.

Программный комплекс **Tempest™** предоставляет пользователям удобный доступ ко всем технологиям, функциональным расширениям и сервисным утилитам, востребованным сегодня при трёхмерном гидродинамическом моделировании.

**Tempest™** также содержит инструментарий автоматизированной адаптации геолого-гидродинамических моделей на историю разработки месторождения и анализа неопределённости. Поэтому пользователи **Tempest™** могут не только создавать и адаптировать на историю разработки одну версию (реализацию) фильтрационной модели, но и получить представительную многовариантную модель месторождения, которая затем может использоваться для анализа неопределенностей, оценки рисков и оптимизации разработки месторождений углеводородов.



### ВОЗМОЖНОСТИ БАЗОВОГО МОДУЛЯ

**Tempest™** включает многие популярные опции такие как: полимерное заводнение; термика; опция двойной среды; учёт минерализации пластовой и закачиваемой воды; сегментная модель скважины; неструктурированные сетки; учёт влияния ствола скважины, секторное моделирование; смешивающееся вытеснение с закачкой сольвента, моделирование закачки и адсорбции ПАВ решение задач с учетом отклонения от закона Дарси, учёт эффектов от выпадения конденсата; пробки учёт неньютоновских свойств флюидов; трассеры и API-трассировка нефтей; моделирование гидроразрыва пласта; добыча метана из угольных пластов.

# Tempest™

## ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

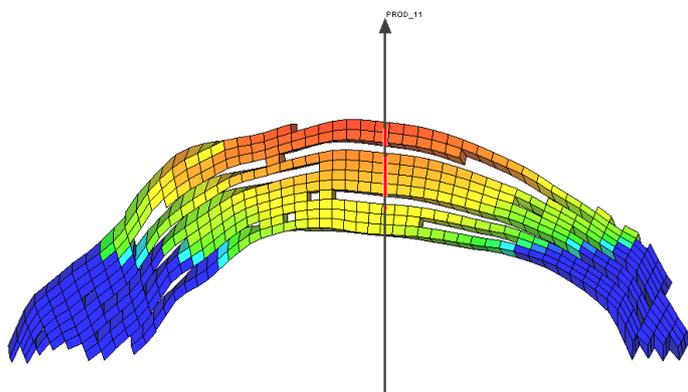
Программный комплекс **Tempest™** поддерживает параллельные вычисления, что особенно актуально при работе с моделями с большим числом активных блоков сетки и большим количеством скважин. Современные методы вычислений позволяют достичь высокой степени эффективности в вопросе прироста скорости относительно числа используемых процессорных ядер.

Количество доступных для расчета процессорных ядер определяется исходя из общего числа лицензий по следующей формуле (начиная с версии 8.4):

$$N_{\text{проц.ядер}} = 4^{1+N_{\text{лицензий}}}$$

Помимо этого, существует возможность подключения специальной лицензии MORE MR (Multiple Realisations), которая позволяет экономически эффективно производить множество одновременных расчётов с малым количеством необходимых лицензий в рамках рабочего процесса по моделированию неопределенности в Tempest ENABLE

Такая система лицензирования позволяет гибко управлять набором лицензий в зависимости от текущих задач. Это связано с тем, что лицензии могут использоваться как для распараллеливания одного расчета на несколько ядер так и отдельно – для обеспечения большего количества рабочих мест.



## ЭКОНОМИЧНАЯ РАБОТА С ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТЬЮ

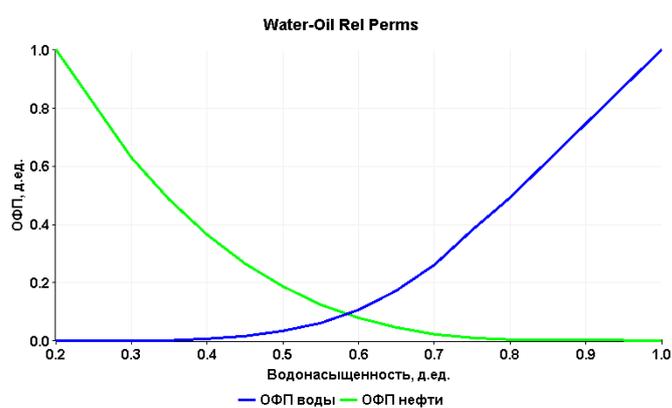
При работе с большими и гигантскими моделями важным является оптимальное выделение и использование оперативной памяти в процессе расчета.

В Tempest MORE работа с оперативной памятью максимально оптимизирована. Это позволяет снизить требования к доступной оперативной памяти рабочих станций при работе с крупными объектами разработки.

В связи с тем, сегодня особенно актуальным является многовариантное моделирование, эта особенность позволяет максимально использовать вычислительные ресурсы с запуском большего количества гидродинамических расчетов в единицу времени.

## ГИБКОСТЬ ФОРМАТОВ ВХОДНЫХ ДАННЫХ

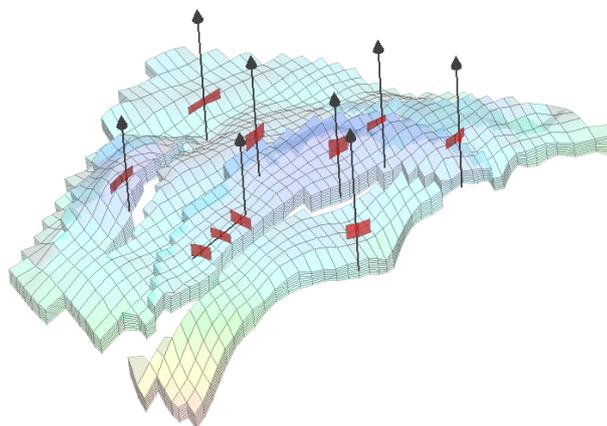
Наряду с оригинальными синтаксисом и командами в Tempest MORE поддерживаются аналоги форматов описания данных и ключевых слов Eclipse. Данная возможность исключает необходимость конвертации моделей из формата Eclipse. Таким образом, входные форматы Eclipse™ не нужно преобразовывать в формат Tempest. Вся входная информация может напрямую передаваться в структуру данных Tempest-MORE. Результаты моделирования также могут быть выгружены из Tempest в форматах сторонних симуляторов. Эта гибкость в чтении форматов также позволяет выборочно задавать данные в любом из общепринятых форматов, Возможно сочетание различных форматов в рамках одной модели.



## ПРОТОКОЛ ОБМЕНА ДАННЫМИ REX С ВНЕШНИМИ ПРИЛОЖЕНИЯМИ

REX (Roxar Exchange Protocol) – это специальный протокол, который предоставляет сторонним программам оперативный доступ к изменению ключевых параметров модели в процессе вычислений. Например, с его помощью внешние программы могут в процессе расчета запрашивать у Tempest различные данные и изменять текущие режимы работы скважин

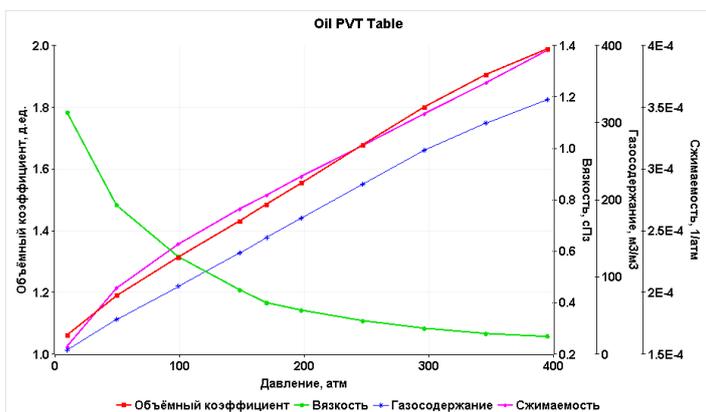
данные и изменять текущие режимы работы скважин.



# Tempest™

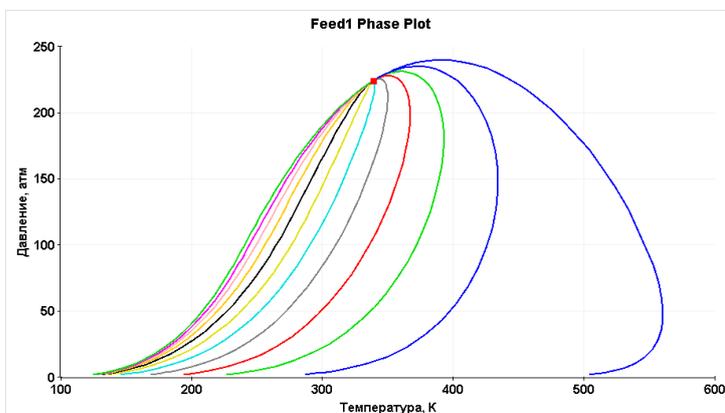
## PVT-СИМУЛЯТОР НА ОСНОВЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВОГО ТИПА.

Tempest PVTx является модулем для построения модели флюида, с возможностью экспорта данных в композиционные гидродинамические модели, создания таблиц PVT-свойств для гидродинамических моделей формата BlackOil, в форматы моделей поверхностных сетей (METTE, OLGA) и многофазного расходомера



## СОВМЕСТИМОСТЬ МОДЕЛИ BLACKOIL И КОМПОЗИЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В Tempest MORE для моделирования практически любых залежей достаточно использовать модель типа BlackOil, которая позволяет производить расчёты для четырёх фаз – нефти, воды, газа и сольвента. Данный факт позволяет сократить время расчета по сравнению с композиционными моделями. Однако пользователь всегда может легко переключиться на композиционную модель, так как для этого достаточно изменить лишь PVT-данные и условия начального состояния пласта, что не требует больших временных затрат.



## ГРАФИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА ВХОДИТ В КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Совместно с любым модулем Tempest поставляется мощная графическая оболочка, которая используется для задания входных данных для моделирования, так и для проведения полномасштабного анализа гидродинамических моделей. Данная оболочка имеет ряд особенностей, которые позволяют Пользователю легко обрабатывать результаты моделирования и готовить отчетную документацию. К таким особенностям относятся:

- 2D и 3D визуализация с большим количеством различных настроек и инструментов;
- Объединение моделей в проекты для совместного анализа, сортировки моделей по любому критерию, задания единых форматов выдачи графической информации и т.п. ;
- Загрузка по требованию (Load of Demand) – удобный инструмент для оптимизации работы с гигантскими моделями для их быстрой загрузки и быстрого построения графиков и 3D параметров. Быстрое создание новых трёхмерных дискретных массивов через 3D окно визуализации;
- Построение линий тока, полученных по результатам гидродинамического расчета, и автоматический расчёт таблицы коэффициентов интерференции скважин позволяют быстро проводить анализ на объектах с большим количеством скважин;
- Модуль анализа качества адаптации по одной или нескольким моделям;
- Возможность построения произвольных разрезов в 3D окне – по произвольной линии или вдоль интересующих скважин;
- Калькулятор для расчета 2D векторов (summary calculator) и 3D параметров (property calculator);
- Различные инструменты сортировки скважин, групп и других объектов по любым технологическим показателям и критериям;
- Построение всевозможных графиков вдоль ствола скважины;
- Создание кросс-плотов по скважинам для быстрой оценки качества адаптации моделей;
- Возможность печати и выгрузки графических изображений в различных форматах, в том числе в формате pptx по заранее указанному шаблону;
- Создание видеороликов, наглядно показывающих изменение различных трёхмерных параметров во времени;
- Подготовка графической отчетной информации с подписями на любом языке и удобными инструментами для оформления;

# Tempest™

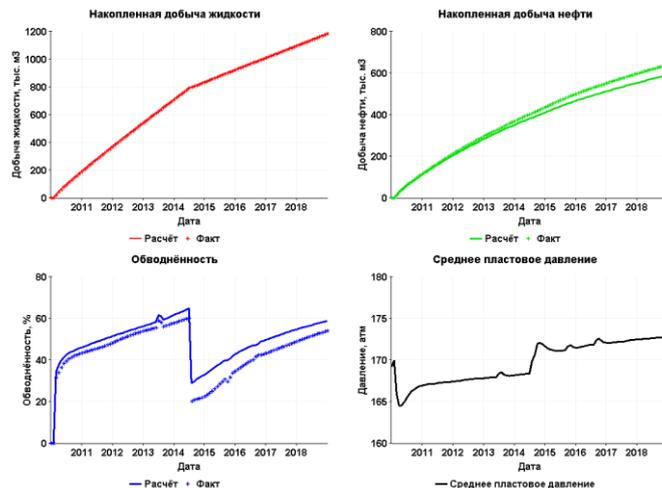
## ГИБКОСТЬ ЗАДАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ПО СКВАЖИНАМ

Удобство описания данных по скважинам, как для задания фактической информации по истории разработки, так и для задания прогнозных параметров, особенно важно в процессе оперативного мониторинга гидродинамических моделей.

Для задания входных данных по скважинам используется табличный формат, при этом описание формата определяет Пользователь.

Уникальный функционал операций (Operations) позволяет автоматизировать проведение мероприятий по скважинам по условиям, оперативно управлять режимами работы скважин в процессе самого расчета, в том числе осуществлять оптимизацию ППД. Операции могут представлять собой скрипты на языке программирования Python, включая использования сторонних дополнительных библиотек, что позволяет автоматически генерировать в процессе расчёта различную отчётную документацию, производить расчёт дополнительных технологических параметров и визуализировать их в виде графиков в Tempest View.

Данные особенности Tempest MORE позволяют в кратчайшие сроки актуализировать гидродинамическую модель в соответствии с вновь поступающими фактическими данными по истории разработки объекта.



## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ АДАПТАЦИЯ ПО ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ, ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГНОЗНЫХ ВАРИАНТОВ

В состав Tempest входит модуль **Tempest Enable**, который позволяет инженерам разработчикам существенно повысить эффективность работы с большим количеством вариантов гидродинамической модели. Tempest Enable не только позволяетратно сократить затраты времени на проведение адаптации по истории разработки, оптимизацию проектов разработки и анализ рисков при динамическом моделировании, но и поднять эти работы на качественно новый уровень.

**Tempest Enable** может использоваться совместно с большинством распространённых гидродинамических симуляторов, включая Tempest MORE, ECLIPSE, IMEX, VIP и др. Данная система показала свою эффективность как на рабочих станциях, где имеются 1-2 лицензии симулятора, так и на многопроцессорных кластерных системах.

Современный графический интерфейс, основанный на возможностях модуля **Tempest View** и обеспечивающий интерактивный анализ большого числа моделей.

В основе модуля заложена технология статистического эстиматора, который представляет собой набор многомерных прокси-моделей. Данная технология используется уже около десяти лет для различных задач и объектов.

**Tempest Enable** делает возможной реализацию технологии BigLoop™, в рамках которой производятся многовариантные расчёты с учётом неопределённостей на всех этапах геологического моделирования – от геофизики до поверхностной сети сбора с учетом экономических показателей.

