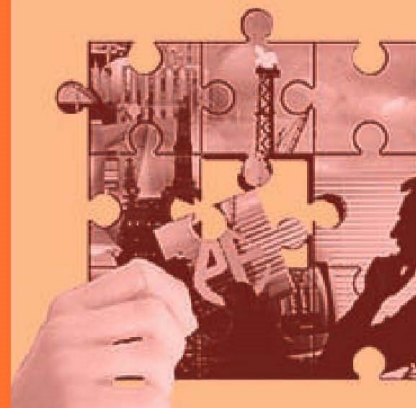


*Petroleum Experts*



# Цифровое Месторождение

У П Р А В Л Е Н И Е   Р А З Р А Б О Т К О Й   В   Р Е Ж И М Е   Р Е А Л Ь Н О Г О   В Р Е М Е Н И

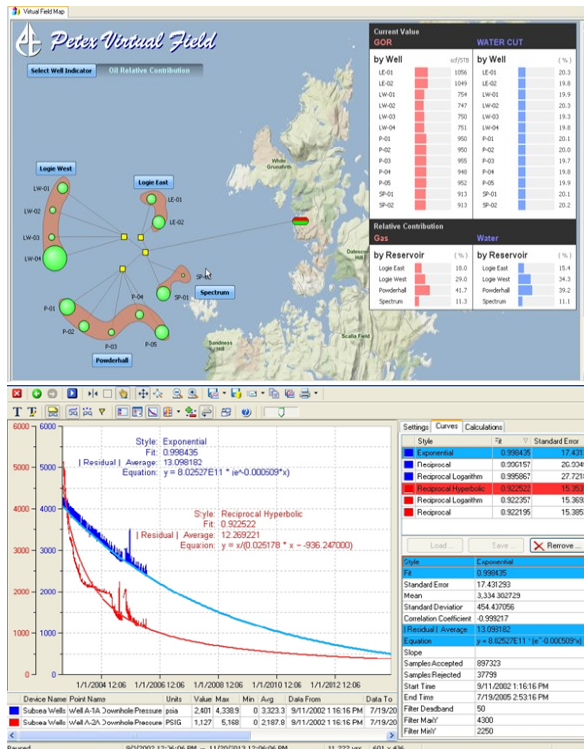
# Цифровое Месторождение

## Что мы подразумеваем под цифровым месторождением (ЦМ)?

Цифровое Месторождение это программное обеспечение, включающее набор приложений, которые позволяют описывать поведение месторождения на компьютере. Приложения используются, как работающая в режиме реального времени система контроля за разработкой месторождения, которая используется на протяжении всего цикла эксплуатации.

Технология Цифрового Месторождения Petroleum Experts применяется на уровне предприятия и использует коммерчески нейтральный способ наглядного отображения информации о залежи, скважинах, а также системе промыслового сбора. Наш подход позволяет принимать рациональные решения на основе использования моделей, расчетных процессов и специально отфильтрованных данных внутри многоуровневой организации со специалистами разного профиля и уровня инженерных навыков.

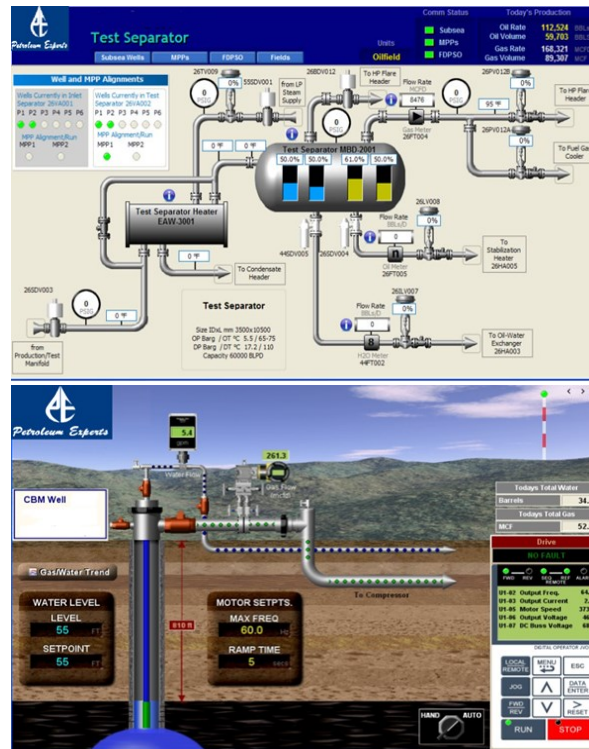
## Наглядное отображение данных по месторождению, результатов анализа и трендов на любом уровне в реальном времени



## Основные элементы Цифрового Месторождения Petroleum Experts:

**Наглядное представление.** Информация о месторождении отображается в понятном виде. Наборы данных интегрированы, включая инженерные модели систему сбора и экономические показатели, с возможностью отображения в необходимом виде. Возможности системы позволяют по нажатии кнопки размножить или усовершенствовать экраны визуализации, если в процессе эксплуатации месторождения меняется число объектов добычи или обустройства.

**Узел управления расчетными и бизнес процессами.** Задачи и процедуры, т.е. выполняемые инженерами рабочие процессы по отслеживанию, управлению, оптимизации и разработке месторождения, автоматизированы с помощью дополнительного слоя логических, инженерных и бизнес процессов. Этот слой позволяет распространить отлаженные методы работы внутри компании и сделать их общими. Это достигается путем использования готовых стандартных рабочих процессов, которые используются для наблюдения за разработкой, оптимизации, диагностики, распределения и прогноза добычи. Нестандартные рабочие процессы могут быть легко добавлены пользователем. Автоматизация

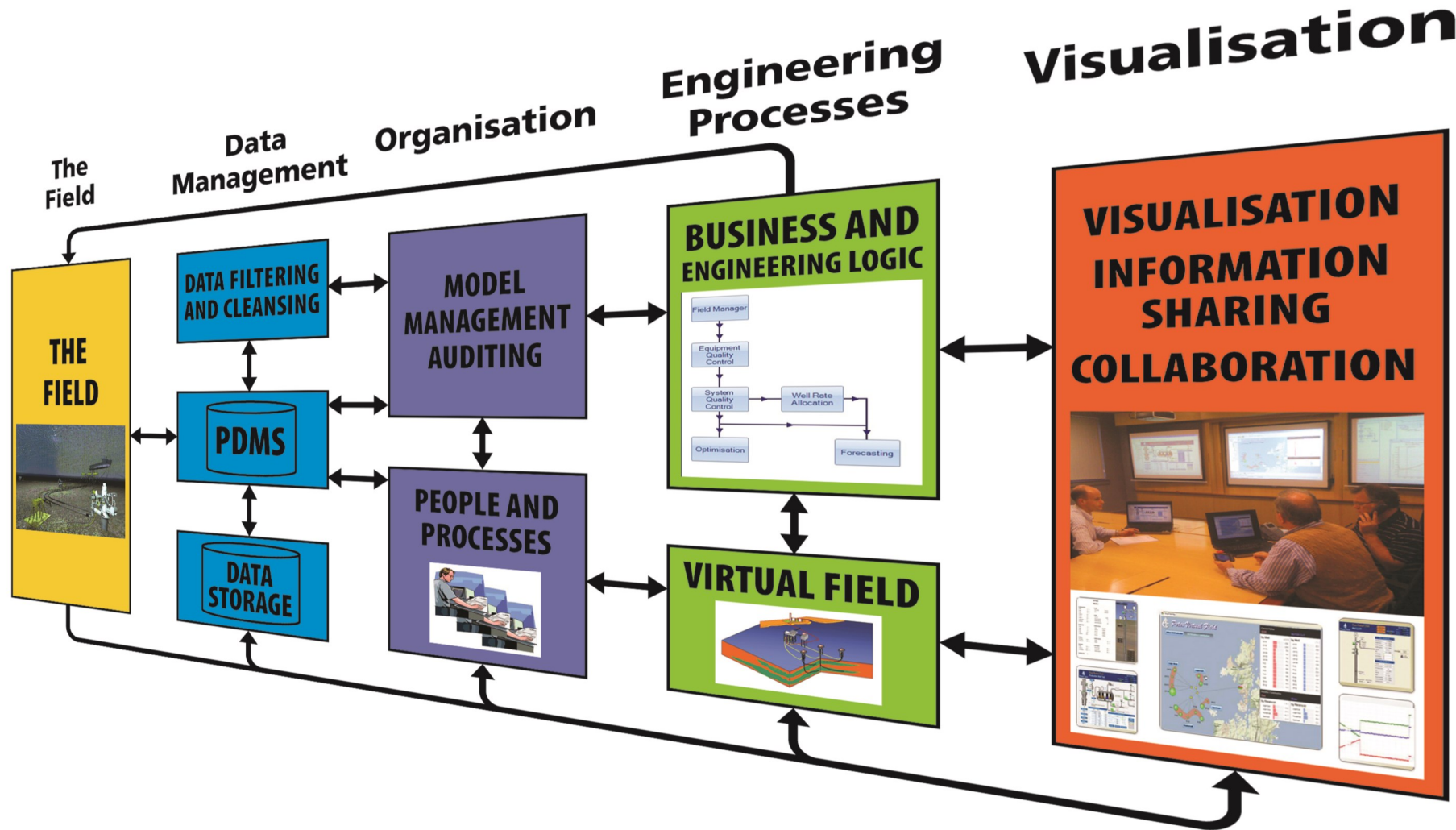


стандартных задач позволяет высвободить время сотрудников компании и использовать его более эффективно.

**Организация и проверка.** Правильное распределение задач инженеров, процессов и технологии является основным элементом для успешного внедрения Цифрового Месторождения. Единое хранилище моделей, данных и информации о месторождении позволяет организации последовательно выработать единое представление о месторождении – Виртуальное месторождение, отслеживает изменения на протяжении всей жизни нефтепромысла. Использование единых моделей и данных позволит избежать разрозненного представления о месторождении со стороны различных дисциплин. Более того, сохранение событий, произошедших на месторождении, и отслеживание соответствующих им решений является основой накопления инженерных знаний, лежащих в основе экспертной системы.

**Управление данными.** На сегодняшний день, месторождения оборудованные измерительными приборами, генерируют огромный объем данных, приходящих со скважин и оборудования системы промыслового сбора. Зачастую число замеров для одного месторождения достигает миллионов единиц в минуту. Доступ к актуальным замерам и данным (проверенным измерениям) с необходимой частотой требует использования высокотехнологичных методов хранения, управления, очистки и фильтрации данных. Для решения поставленных задач, в основе эффективной и долгосрочной системы управления данными должны использоваться технологии с возможностями масштабирования, наращивания и модернизации. Поэтому, важнейшим элементом успешного внедрения Цифрового Месторождения является создание стандартных методов работы с данными и их оформление в готовый продукт. В противном случае, внедрение выполняется по индивидуальному заказу, а потому требует больших затрат времени, ресурсов и часто является нежизнеспособным.

**Виртуальное месторождение.** – физический образ месторождения, созданный с помощью набора моделей, т.е. математическое воспроизведение отдельных компонентов промысла. В виртуальном месторождении системы добычи и нагнетания, скважины, системы переработки, экономического анализа и инструменты планирования интегрированы вместе. Эти модели, установившиеся и неустановившиеся, созданные в программах различных разработчиков, динамически соединены друг с другом в Интегрированную Модель Добычи, что позволяет описать текущее состояние месторождения, а также оптимизировать и прогнозировать добычу.



В прошлом, Petroleum Experts, была пионером в области интегрированного моделирования и управления процессом разработки. Сегодня, Petroleum Experts продолжает идти во главе на пути создания Цифрового Месторождения. Диагностика, проверка и, самое важное, оптимизация добычи осуществляются автоматически с использованием данных в режиме реального времени. Эта концепция была разработана и оформлена в отдельный продукт, вместо того, чтобы оставаться проектом. Подобный подход обеспечивает внедрение технологии в

рекордно короткие сроки (недели, вместо месяцев или лет), облегчает модернизацию, а также позволяет размножить элементы в системе. Автоматическое управление параметрами в моделях, отслеживание изменений в моделях и интеллектуальная система сбора данных позволяют инженерам сконцентрироваться на более важных задачах. Система также позволяет распространять отлаженные методы работы на уровне всей компании через использование рабочих процессов (workflow).

# Визуализация — Цифровое Месторождение

Масштабируемая система Визуализации (Наглядного Представления), созданная Petroleum Experts, поддерживает несколько окон – все от виртуальных систем до электронных таблиц, телеконференций и переносных телефонов. Использование технологий цифрового месторождения Petex дает возможность операционного контроля в огромном масштабе. Системы отображения на ПК, которые легко масштабируемы, способствуют обмену информацией между удаленными объектами и могут быть легко интегрированы в существующую сетевую инфраструктуру пользователя. Эта система обмена информацией увеличивает эффективность работы географически разрозненных рабочих групп и международных инженерных команд, позволяя им работать инженеров работать более продуктивно, предоставляя им работать совместно.

Слой визуализации (наглядного представления) это отдельный продукт Petroleum Experts, который объединяет интеллектуально отфильтрованные данные, информацию и результаты, полученные от различных производителей и источников.

При создании системы Цифрового Месторождения Petex установила три базовых условия. Месторождение, модели и получаемая информация изменяются во времени. Поэтому эффективная система цифрового месторождения должна обладать следующими базовыми качествами:

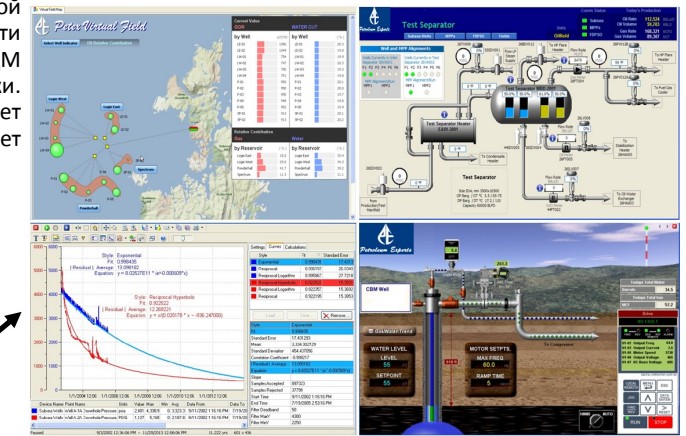
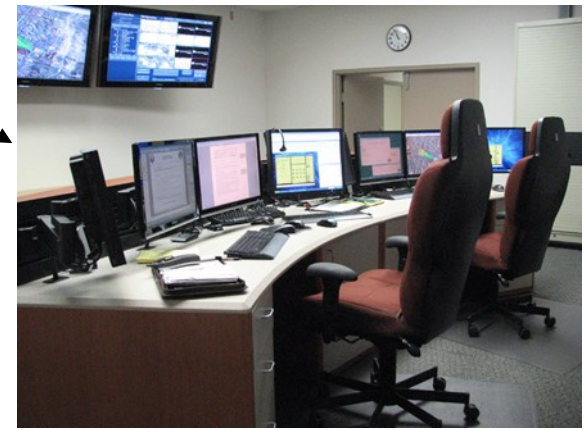
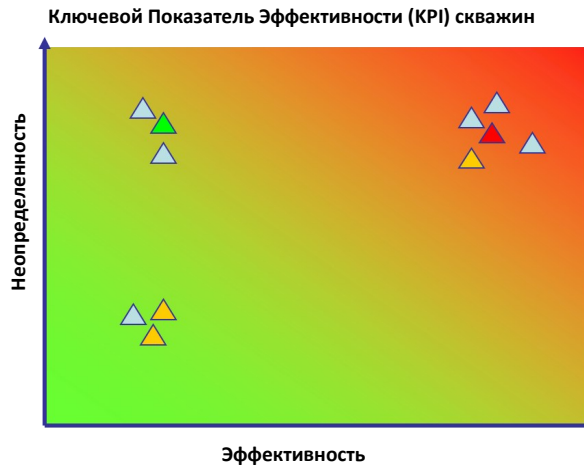
**Удобство сопровождения** системы сбора информации, работающей в реальном времени, т.е. как мы добавляем в систему ЦМ новые элементы оборудования, такие как скважины, компрессоры, и т.д., появляющиеся в процессе освоения месторождения. Подобное «сопровождение» не должно вызывать затруднений и производится без привлечения сторонних компаний для модификации и поддержания системы промывала и тегов данных. Перенос оборудования из модели месторождения на уровень наглядного отображения (распространение изменений) должно быть легким и производится по нажатию кнопки.

**Масштабируемость** – одно месторождение может состоять из 10 скважин и одного коллектора, тогда как другие обладают 100 и даже 1000 скважин и несколькими коллекторами. Если бы технология ЦМ не была разработана с возможностью масштабирования, ее нельзя было бы запустить на нескольких месторождениях в течение одного года. В этом случае запуск системы был бы ограничен доступными ресурсами – квалифицированным персоналом. Система ЦМ Petex задумывалась с возможностью масштабирования, и как «продукт», она может быть запущена и настроена за несколько дней даже на крупных месторождениях.

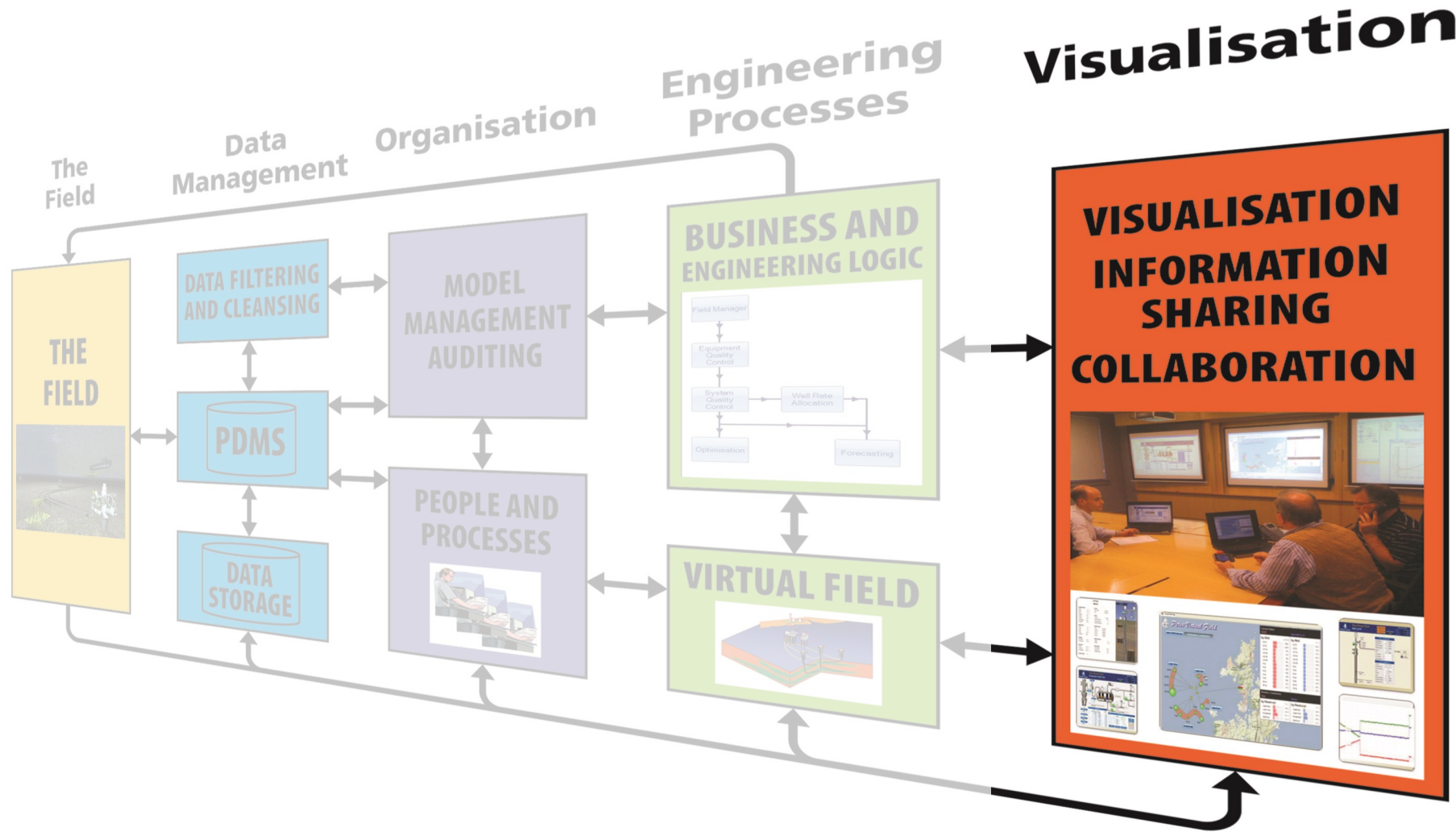
**Возможность модернизации** системы. При выходе новой версии программного обеспечения или при необходимости включить новые функциональные возможности система ЦМ Petex может быть легко модернизирована по нажатию кнопки. Система, которую нельзя легко модернизировать, будет всегда подвержена риску устаревания и может преждевременно выйти из эксплуатации.



Визуализация повышает эффективность, представляя взаимосвязанную информацию, соединяя промышленные, исследовательские группы, менеджмент в рамках всей компании



Наглядное представление промышленных данных, результатов анализа и динамики показателей в реальном времени



**Визуализация** – Слой наглядного представления информации является лицом Цифрового Месторождения. Он в наглядной форме отображает инженерные процессы, управление данными и модели, что способствует эффективному наблюдению, контролю и управлению процессом разработки месторождения на уровне всей организации. Слой визуализации также предоставляет четкое представление о текущем состоянии месторождения путем интеграции различных наборов данных и показателей (инженерных, промысловых, экономических и т.д.). С помощью системы визуализации данные могут быть представлены инженерам, операторам, менеджерам и любым другим «пользователям» системы в наглядной форме, которая полностью настраиваема.

# Управление инженерными и рабочими процессами

Технология Цифрового Месторождения Petroleum Experts применяется на уровне предприятия и использует коммерчески нейтральный способ наглядного отображения информации о залежи, скважинах, а также системе промыслового сбора. Наш подход позволяет принимать рациональные решения на основе использования моделей, расчетных процессов и специально отфильтрованных данных внутри многоуровневой организации со специалистами разного профиля и уровня инженерных навыков.

При достижении своих целей, современная нефтегазовая отрасль сталкивается с огромными трудностями при управлении разработкой существующих традиционных месторождений и раскрытии потенциала месторождений, которые ранее считались нерентабельными. Сложности с которыми сталкивается индустрия:

- сопровождение процесса разработки месторождения с помощью специалистов узкого профиля, удаленных от промысла
- демографическое старение персонала
- увеличивающиеся объемы данных и информации, требующие анализа
- большие неопределенности с многомиллиардными новыми разработками
- дефицит специалистов
- информация и накопленные знания зачастую не используются совместно, что создает разнонаправленные требования и противоречивые планы разработки.

Система Цифровое Месторождение Petroleum Experts позволяет строить процессы управления месторождением и моделями в рамках единой платформы на базе готовых рабочих процессов. Обновление моделей автоматизировано с использованием данных в реальном времени и эксплуатационных данных. В то время как ЦМ обрабатывает данные и ведет расчеты, инженеры могут сконцентрироваться на задачах анализа и увеличения добычи (например, оптимизация). Расчетные процессы выводят результаты, отклонения и любые технические рекомендации для дальнейшего инженерного анализа.

Стандартные рабочие процессы для нефтяных и газовых месторождений следующие:

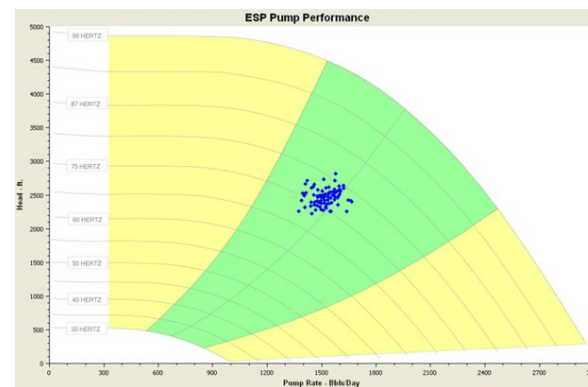
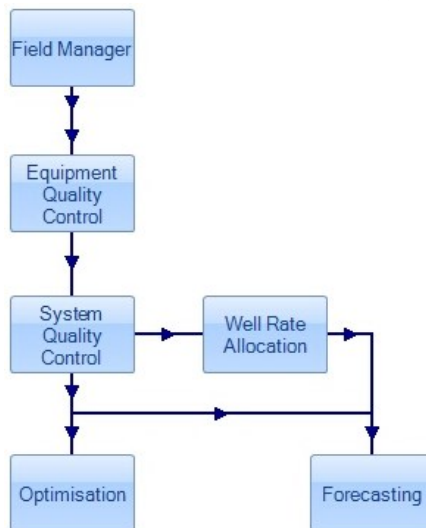
- **Мониторинг добычи:** понимание того, как ведет себя месторождение (наблюдение за системой сбора, скважинами, пластами и т.д.)
- **Оптимизация:** Улучшение эксплуатационных показателей месторождения (краткосрочная и долгосрочная оптимизация)
- **Прогноз и сценарии разработки:** Предсказание поведения месторождения при различных условиях (анализ процесса разработки, планирование, прогноз добычи за весь период эксплуатации, анализ чувствительности и неопределенностей).

Технология ЦМ Petroleum Experts предоставляет платформу для запуска расчетных процессов на основе моделей. Процессы включают: управление моделями, расчет дебита, наблюдение и диагностику на основе моделей, распределение добычи, оптимизацию, прогноз и нестандартные процессы (созданные под конкретное месторождение на основе запроса пользователя).

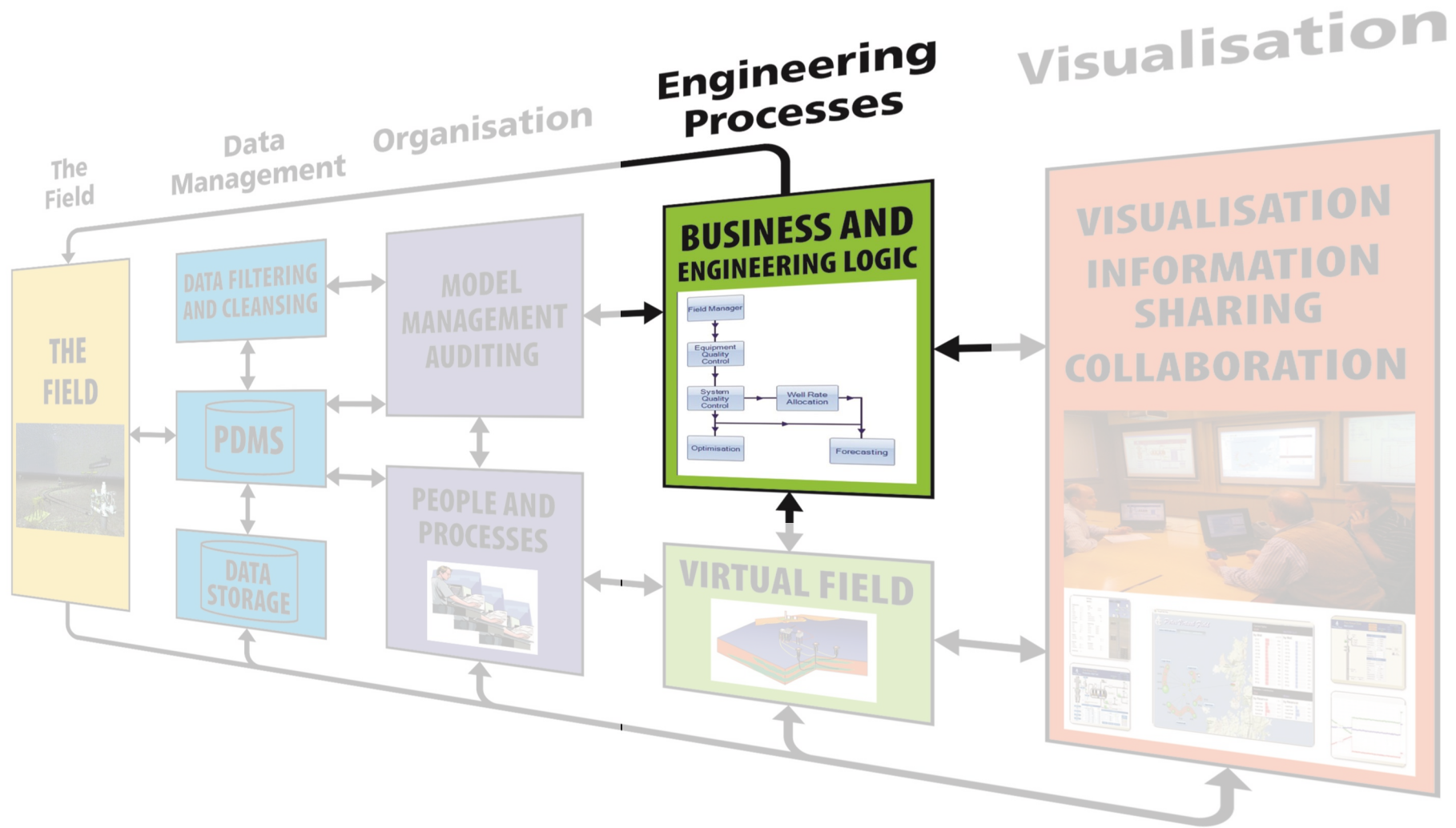
Система Интегрированное Управление Процессом Разработки Petroleum Experts представляет собой законченный продукт. Сопровождение всей системы может с полным осуществлением заказчиком после ее запуска. Таким образом заказчик избегает потребности, задержки и расходы, связанные с подрядчиками, которые обычно возникают при создании системы «под заказ». ЦМ Petroleum Experts полностью масштабируемо. При добавлении нового оборудования или элементов автоматически создаются соответствующие объекты данных, которые могут быть использованы где угодно в системе. Более того, по нажатию кнопки осуществляется модернизация системы, которая переносит данные и создает файлы запуска без потер имеющихся данных и настроек.



**Логически выстроенная схема работы с моделью:**  
 проверка качества работы оборудования →  
 проверка качества работы всей системы →  
 распределение добычи → оптимизация и прогноз



Отображение рабочей точки насоса в режиме реального времени

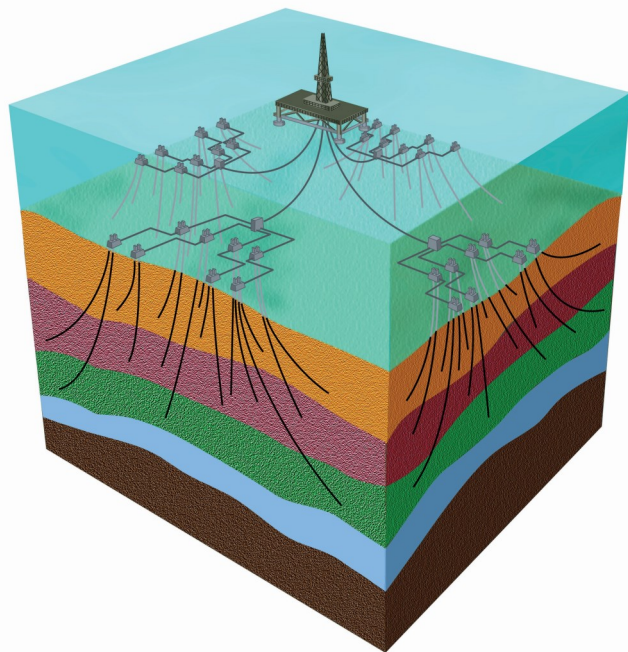


**Управление инженерными и рабочими процессами** – Проводимые персоналом операции и процедуры, т.е. рабочие процессы, по контролю, управлению, оптимизации и разработке месторождения автоматизированы через соответствующий логический слой – слой инженерных и рабочих процессов. Это устанавливает общие методы работы на уровне всей организации, используя стандартные готовые процессы по

наблюдению, оптимизации, диагностики, распределению добычи и прогнозу. Нестандартные процессы могут быть легко добавлены пользователем. Автоматизация типовых задач высвобождает рабочее время и позволяет использовать его более плодотворно.

# Виртуальное месторождение

Для управления и эксплуатации месторождения Petroleum Experts создала пакет инструментов (программ), которые являются лучшими в своем классе и признаны нефтяными и газовыми компаниями как международные стандарты. Эти программы выполняют вычисления, необходимые для диагностики, анализа, распределения и оптимизации добычи. Расчеты выполняются на основе надежных инженерных, гидродинамических и физических моделей. Пакет IPM Petroleum Experts может быть интегрирован с программами сторонних разработчиков. Многие клиенты Petex используют IPM совместно со стандартными численными симуляторами и другими программами расчета для стационарного и переходных процессов.



Моделирование от пласта до систем переработки

## Обзор программ пакета IPM:

**RESOLVE** инструмент углубленного изучения месторождения на основе интегрированных моделей, которая позволяет соединить вместе модели, расписание событий и сценарии разработки. Расчеты могут проводиться на отдельном компьютере или на кластере. Лежащие в основе модели пластов, добывающих и нагнетательных скважин, систем сбора, переработки и экономического анализа выполненные в программах пакета **IPM** программами сторонних разработчиков могут быть интегрированы на базе **RESOLVE**. Для описание флюида может использоваться модель «Черной Нефти» или композиционный состав, что позволяет использовать разработанный Petex метод свертки-развертки композиции. **RESOLVE** также предоставляет наиболее быстрый и надежный метод глобальной оптимизации в индустрии.

**GAP** это программа для моделирования многофазного течения и нелинейной оптимизации, которая рассчитывает поверхностную сеть трубопроводов для систем добычи и нагнетания. Соединение с **PROSPER** и **MBAL** позволяет оптимизировать всю систему добычи и получить прогноз. **GAP** может моделировать системы добычи нефти, газа и газоконденсата, а также системы нагнетания газа и воды.

**PROSPER** является промышленным стандартом для расчета и проектирования скважин, а также оптимизации всех типов скважин, существующих в нефтегазовой отрасли на сегодняшний день.

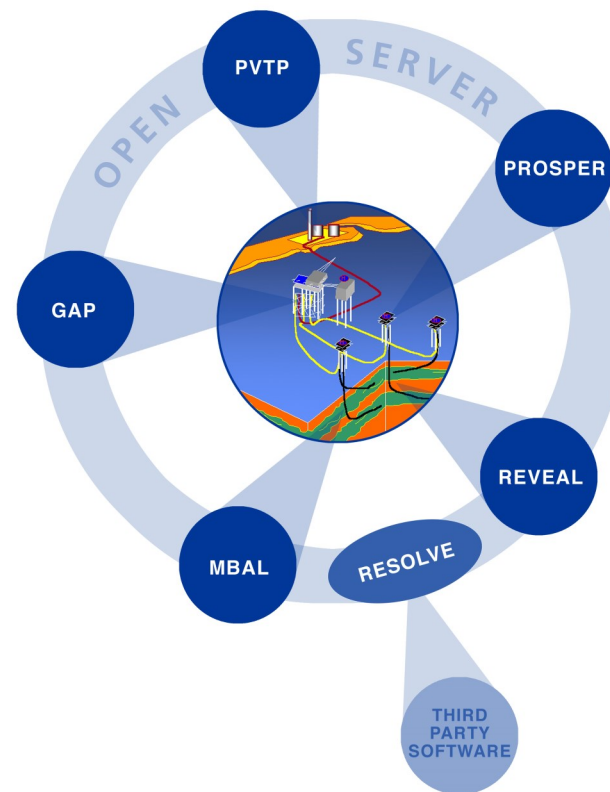
**MBAL** это аналитическая имитационная модель пласта-коллектора, которая позволяет инженеру лучше понять механизм вытеснения и определить запасы. Не смотря на то, что **MBAL** использует стандартный метод анализа, он также включает дополнительные инновационные методы, которые выводят метод материального баланса на новый уровень.

**REVEAL** специализированный численный симулятор пласта, предназначенный для комплексного физического моделирования процессов в коллекторах и скважинах. **REVEAL** комбинирует классические численные методы имитации пласта с термальными, геомеханическими и химическими процессами в рамках единого расчетного алгоритма.

**PVTP** это программа, которую инженеры используют для описания поведения пластового флюида, с высокой точностью и скоростью расчета. Программа с высокой

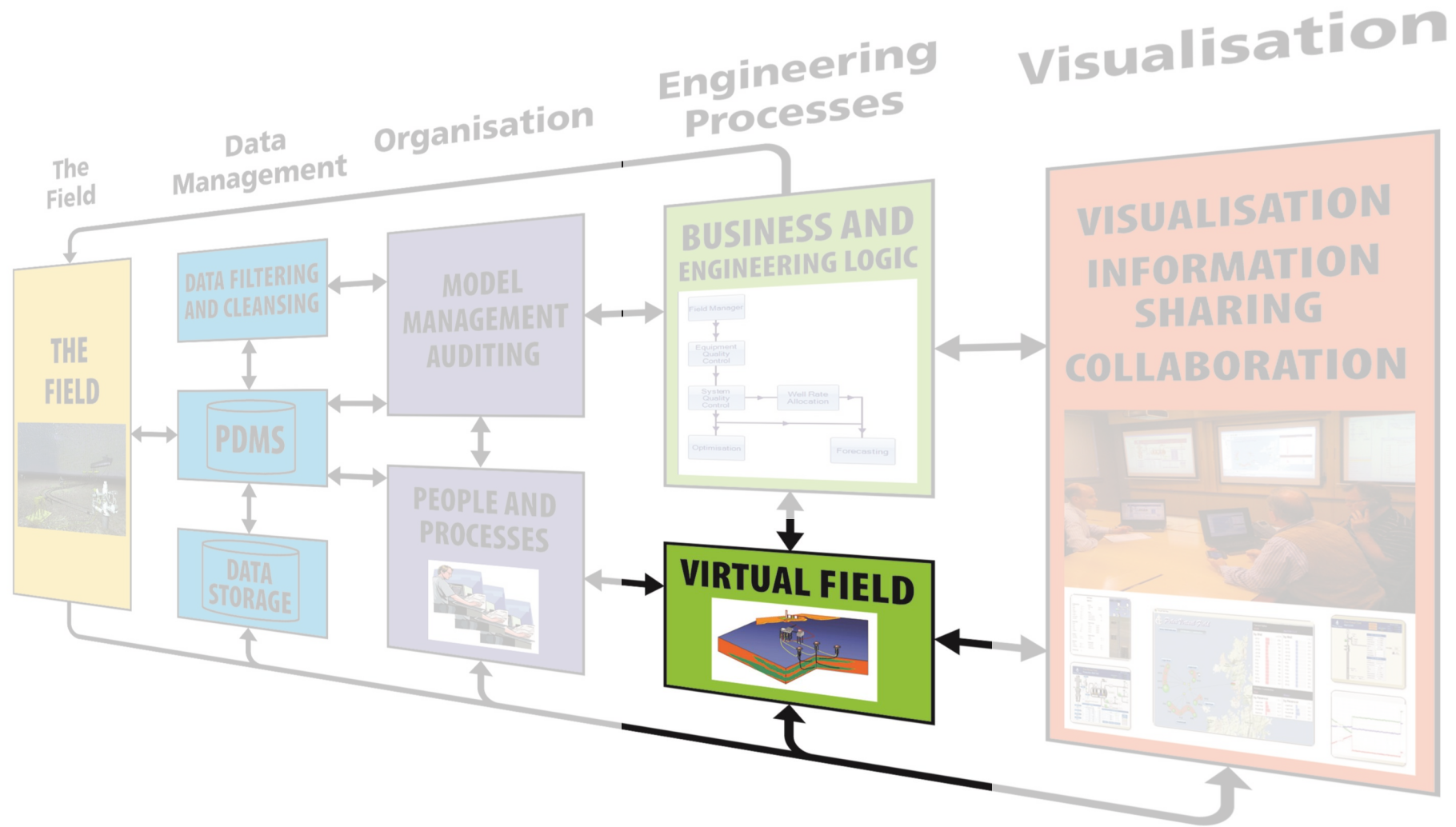
точностью предсказывает поведение состава смеси флюидов включая газ, газоконденсат, легкую и тяжелую нефть при гидродинамических расчетах.

**OpenServer** это программа на основе открытого протокола, которая может запускать расчеты в любом из приложений IPM извне или из программ сторонних разработчиков.



Пакет IPM





**Пакет Интегрированного Моделирования Добычи (IPM) Petroleum Experts** используется отдельно или как часть набора приложений различных разработчиков, которые полностью описывают поведение месторождения и его характеристики, – **Виртуальное Месторождение**. Наличие модели месторождения является предварительным условием запуска системы Цифрового Месторождения. Пакет **IPM** является промышленным стандартом интегрированного моделирования для нефтяных и газовых компаний.

**Виртуальное Месторождение** – это физический образ месторождения, созданный с помощью набора моделей, т.е. математическое воспроизведение отдельных компонентов промысла – от пласта, системы добычи и нагнетания и скважин до системы переработки, экономического анализа и инструментов планирования.

# Организация и проверка

Основные задачи компании или объектной группы обычно ясны, т.е. всегда понятны коммерческие и технические факторы. Не смотря на это, отдельные технологические дисциплины или их группы часто имеют ограниченное видение и понимание текущего состояния месторождения при принятии решений. Более того, необходимая информация не всегда может быть легко доступной.

Схема, приведенная ниже, в упрощенном виде иллюстрирует задачи, которые необходимо решить для успешного запуска цифрового месторождения.



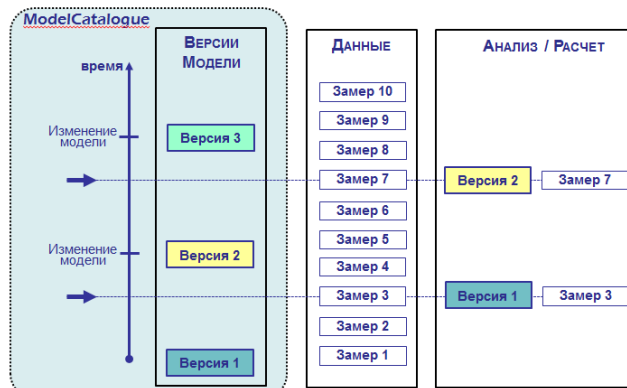
Архитектура Цифрового Месторождения, изложенная в этом разделе (управляемая среда с общей системой управления данных, моделей, процессов и визуализацией), определяет рамки и принципиальную схему внедрения ЦМ. Эта схема позволит компании достичь поставленных задач и наилучшим образом анализировать, управлять и разрабатывать месторождение.

Текущее представление о месторождении, Виртуальное Месторождение, состоит из инженерных моделей, отчетов, электронных таблиц и других сопряженных данных, доступ и сопровождение которых осуществляется через единую систему хранения информации. Более того, все модели и информация могут обновляться по мере разработки месторождения.

## Централизованная система управления моделями – Model Catalogue

Model Catalogue разработан с целью создания единой централизованной системы хранения информации, что способствует наиболее полному охвату месторождения и осведомленности о его текущем состоянии:

- Обеспечивает доступ к отдельным моделям, отчетам, данным и схемам (различные права доступа в соответствии с ролью/должностью пользователя);
- Отвечает за то, что в любой момент времени изменения в “официальную” версию модели вносятся только одним пользователем (инженером);
- Обеспечивает эффективный и бесперебойный доступ к моделям на уровне всей компании;
- Автоматически отслеживает изменения моделей во времени и при необходимости обеспечивает доступ к прошлым версиям моделей;
- Обеспечивает бесперебойный доступ к моделям любой системы, которая может использовать их для расчетов в режиме реального времени;
- Отслеживает кем и почему были внесены изменения в модели (для контроля и накопления базы знаний);
- Позволяет связывать модели с входными данными, для отслеживания соответствий между моделями и данными. Например, отчеты о лабораторных исследованиях пластовых флюидов, завершении скважин, схемы оборудования и другие документы могут быть включены в каталог и использоваться в рамках единой системы управления моделями.



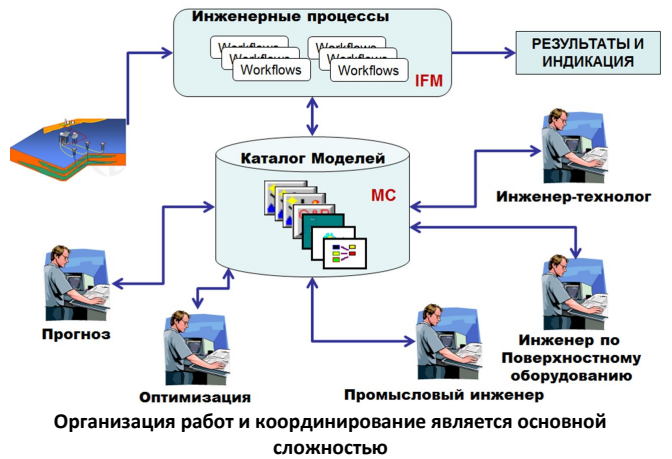
Структура данных и контроль версий модели в Model Catalogue

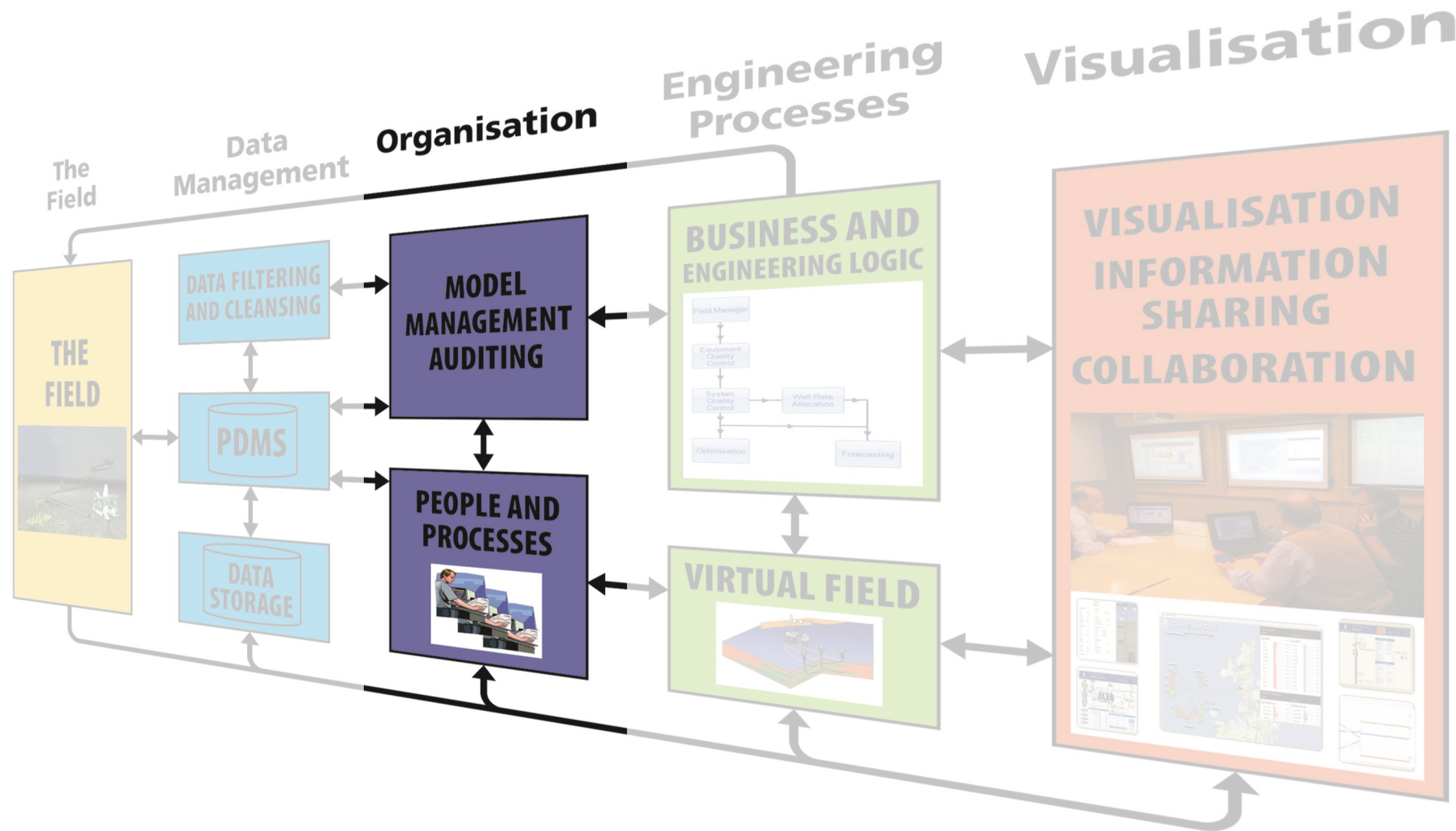
## Накопление экспертных знаний

Наработанные инженерные методы и накопленный опыт имеют колоссальное значение для нефтяных и газовых компаний. Растущий недостаток опытных сотрудников также создает нехватку опыта в рамках компании, которую технологии интегрированного управления помогут преодолеть. Организованное и структурированное накопление «экспертных знаний» и поддержка взаимодействия в режиме реального времени является ключом к увеличению продуктивности и росту компании. В рамках ЦМ накопление «экспертных знаний» поддерживается путем внедрения индивидуального опыта в рабочие процессы и анализ.

Технологии описанные здесь хорошо зарекомендовали себя как мощный «катализатор» на пути создания понимания и прозрачности в рамках компании, которые необходимы для успешного внедрения концепции цифрового месторождения.

Общая вовлеченность менеджмента компании и инженерных групп на разных уровнях, обеспечит прозрачность действий, распространение знаний и принятие решений на основе всей доступной информации. Это будет способствовать достижению целей по увеличению эффективности, поставленных перед ЦМ.





**Организация и проверка.** Правильное распределение задач инженеров, процессов и технологии является основным элементом для успешного внедрения Цифрового Месторождения. Единое хранилище моделей, данных и информации о месторождении позволяет организации последовательно выработать единое представление о месторождении. Это общее официальное представление о месторождении – Виртуальное месторождение, отслеживает изменения на протяжении всей жизни

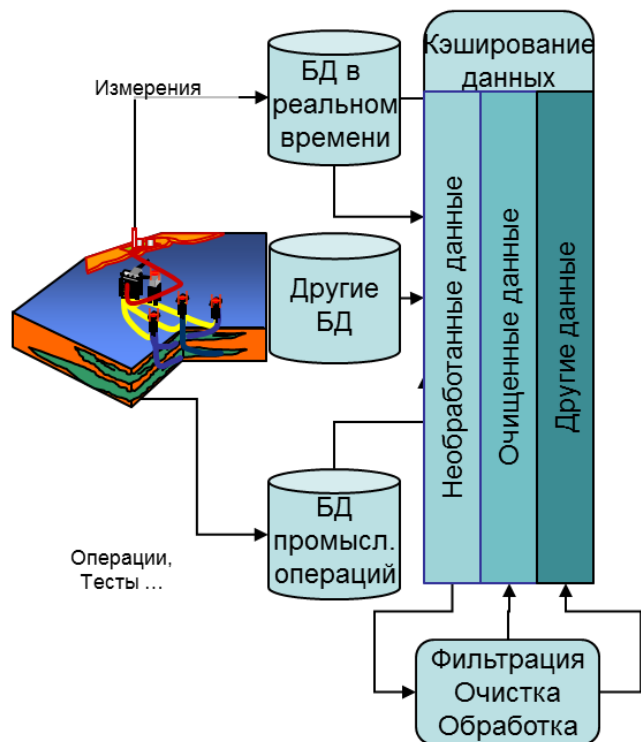
нефтепромысла. Использование единых моделей и данных позволит избежать разрозненного представления о месторождении со стороны различных дисциплин. Более того, сохранение событий, произошедших на месторождении, и отслеживание соответствующих им решений является основой накопления инженерных знаний, лежащих в основе экспертной системы.

# Управление данными

Цифровое Месторождение Petroleum Experts позволяет трансформировать огромное количество типов данных, используя стандартные отраслевые приложения совместно с инструментами Petex в необходимом объеме, как будет описано далее.

Управление Данными в рамках системы цифрового месторождения имеет несколько ключевых компонентов:

- Сервера архивных данных (historian), базы и системы хранения данных – созданы для хранения данных в реальном времени, а также эксплуатационных и статических данных, файлов и информации о месторождении;
- Система управления промысловыми данными (Production Data Management System, PDMS);
- Слой обработки данных предоставляет отфильтрованные и частично обработанные данные пользователям.



Структура управления данными

## Сервер архивных данных и Система Управления Промысловыми Данными

В нефтегазовой отрасли существует большое количество архивов и систем управления промысловыми данными, которые используются для записи первичных данных, обработки и хранения информации, предоставления корпоративного доступа и т.д., а также предоставляют различные уровни обработки, фильтрации и очистки данных. В рамках ЦМ используется разработанный Petex продуманный алгоритм очистки и фильтрации, который анализирует исходные данные, отслеживает события на месторождении и предоставляет значимую отфильтрованную информацию.

## Фильтрация и очистка данных

Метод фильтрации, разработанный Petex, использует собственный уникальный метод, а также методы широко используемые в индустрии. Собственный метод Petex предоставляет более сложный алгоритм фильтрации с использованием исходных данных, физических моделей и «экспертной» оценки. Алгоритм выявляет изменения в данных и согласовывает их с событиями, происходящими на месторождении, как показано на рисунке внизу.

Отслеживание событий на месторождении, например изменений в работе оборудования, и подача соответствующих сигналов, иногда требует анализа исторических данных, оценки их динамики и физических моделей, чтобы определить, что случилось или изменилось. Этот надежный метод фильтрации интерпретирует множество потоков данных, чтобы предоставить необходимые данные для принятия решений:

**Высокочастотные данные** (например, замеры, полученные напрямую с месторождения, включая текущие эксплуатационные условия и показатели работы оборудования) позволяют контролировать аварийные сигналы, отслеживать события и проводить анализ ГДИС.

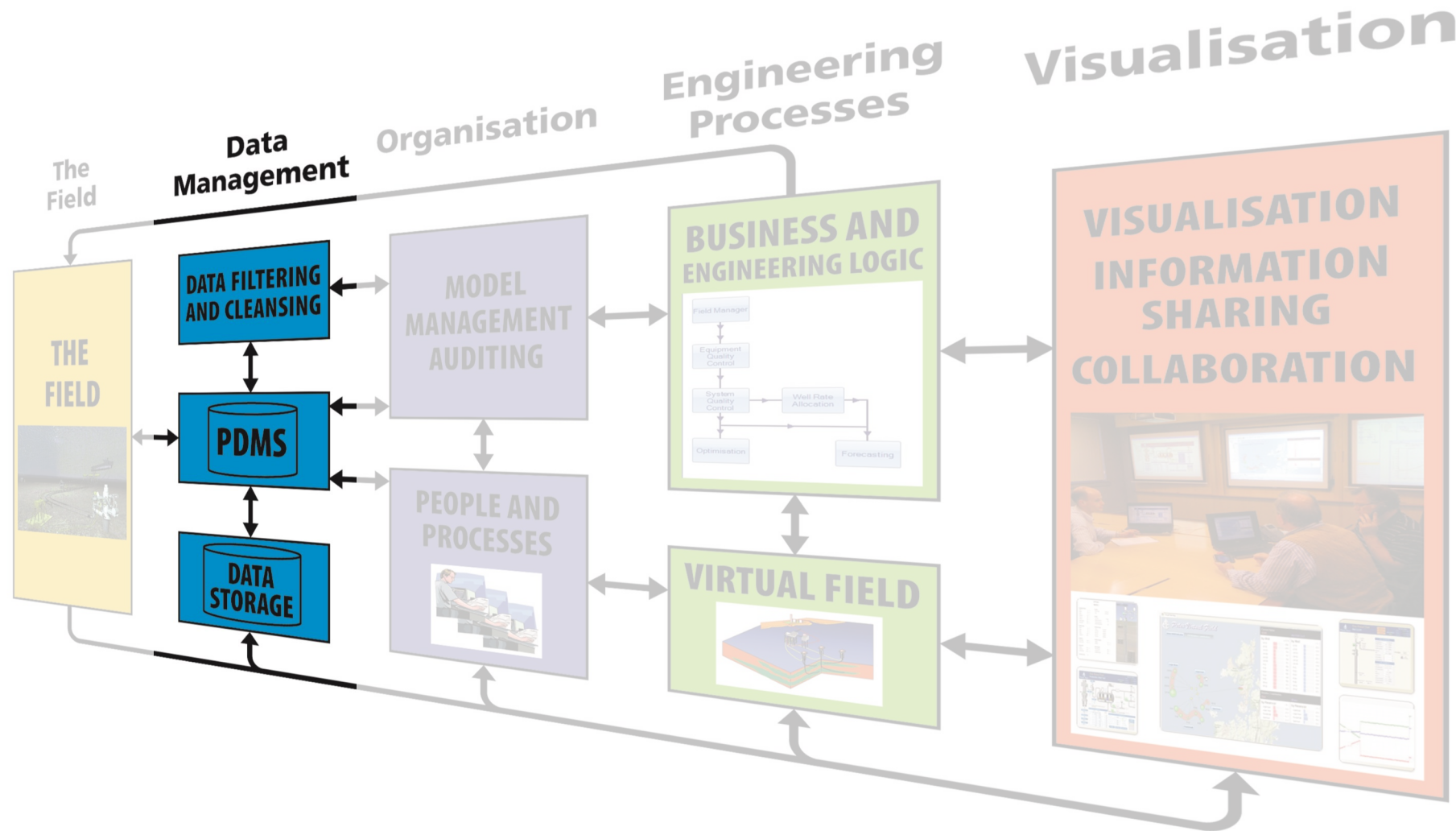
**Низкочастотные данные** используются в физических моделях и для получения значимой промышленной информации для прогнозирования поведения месторождения в будущем.

## Единые Модели Данных для Цифрового Месторождения

Сложностью для системы ЦМ является обработка требуемых данных для разных приложений или пользователей. Обычно, это требует сохранения данных в нескольких местах. Petex создал единую модель данных, которая передается через всю систему, т.е. если новая скважина или элемент оборудования добавлены в систему, то информация о них автоматически становится доступна на всех уровнях ЦМ. Более того, при соединении со сторонними промысловыми базами данных и архивами используется эта же концепция, при этом необходимые параметры для соединения настраиваются через специального «помощника». «Помощник» использует пошаговую схему для создания соединения и тестирования доступа к необходимым данным путем картирования соответствующих параметров в сторонней базе данных. Новые параметры, модификации существующих параметров или добавление оборудования могут также осуществляться через «помощника».



Продвинутый алгоритм фильтрации на основе собственного метода Petex



**Управление данными.** На сегодняшний день, месторождения оборудованные измерительными приборами, генерируют огромный объем данных, приходящих со скважин и оборудования системы промышленного сбора. Зачастую число замеров для одного месторождения достигает миллионов единиц в минуту. Доступ к актуальным замерам и данным (проверенным измерениям) с необходимой частотой требует использования высокотехнологичных методов хранения, управления, очистки и фильтрации данных. Для решения поставленных задач, в основе эффективной и

долгосрочной системы управления данными должны использоваться технологии с возможностями масштабирования, наращивания и модернизации. Поэтому, важнейшим элементом успешного внедрения Цифрового Месторождения является создание стандартных методов работы с данными и их оформление в готовый продукт. В противном случае, внедрение выполняется по индивидуальному заказу, а потому требует больших затрат времени, ресурсов и часто является нежизнеспособным.



*Petroleum Experts*



**Head office**

Petroleum Experts Ltd.  
Petex House,  
10 Logie Mill,  
Edinburgh, EH7 4HG  
Scotland, UK  
Tel: +44 (0) 131 474 7030  
Fax: +44 (0) 131 474 7031  
e-mail: [edinburgh@petex.com](mailto:edinburgh@petex.com)

**Regional Office**

Petroleum Experts Inc.  
757 N. Eldridge Pkwy.  
Suite 510  
Houston, Texas, 77079  
USA  
Tel: +1 281 531 1121  
Fax: +1 281 531 0810  
e-mail: [houston@petex.com](mailto:houston@petex.com)

Petroleum Experts Ltd  
C/o GNT International Group.  
6th Floor, BeiChenXi Road, Chaoyang District, 100029  
Beijing, China.

**Web:** [www.petroleumexperts.com](http://www.petroleumexperts.com)