

Управление пространственным положением скважин: новое решение снижает риски при бурении

Spatial Well Data Management: Eliminate Drilling Risks with Well Tracking

Результаты геологоразведочных и проектно-изыскательских работ в значительной мере зависят от корректности данных о пространственном положении скважин, поэтому к их точности, достоверности и актуальности предъявляются самые высокие требования.

Эффективное управление пространственными данными в настоящее время возможно только с применением ГИС-технологий. Для решения этой задачи активно используются продукты компании ESRI, на базе которых специалисты ТНК-ВР и ООО «Дата Ист» разработали комплексный подход к решению масштабных производственных задач добывающих предприятий – систему Well Tracking. Она позволяет не только создавать базы геоданных по скважинам, но и осуществлять обмен данными из различных источников как в пределах одной Производственной единицы, так и в масштабах Компании.

The quality and reliability of the results of exploration, engineering and design critically depend on the accuracy of data related to spatial positioning of wells, so data validity and relevance are of high priority and importance.

Today the effective management of spatial data is impossible without GIS technologies. ESRI software products are widely used to solve various GIS tasks. Based on ESRI technology specialists of TNK-BP and Data East have developed Well Tracking information system as a comprehensive approach to solve the most urgent production tasks. The system not only allows to create spatial databases containing the up-to-date well data, but also to exchange spatial data obtained from different data sources both within a single Performance Unit and across the Company.

The need to develop hard-to-recover oil resources considering the high density of existent wells in Brownfields calls for the most accurate and precise wellbore positioning. With increasing drill out site density (Fig. 1) directional and horizontal drilling, as well as sidetracking become the major drilling methods. At the same time the accuracy requirements for the positioning of the bottomhole with regard to the specified project point become more and more exacting. It is very important to be especially careful not to let the newly drilled well meet the existing one. Not less important is the risk of the newly drilled well crossing the license area borders. High precision in defining the spatial coordinates of the well and accurate positioning of the hole allows mitigating the above mentioned risks.

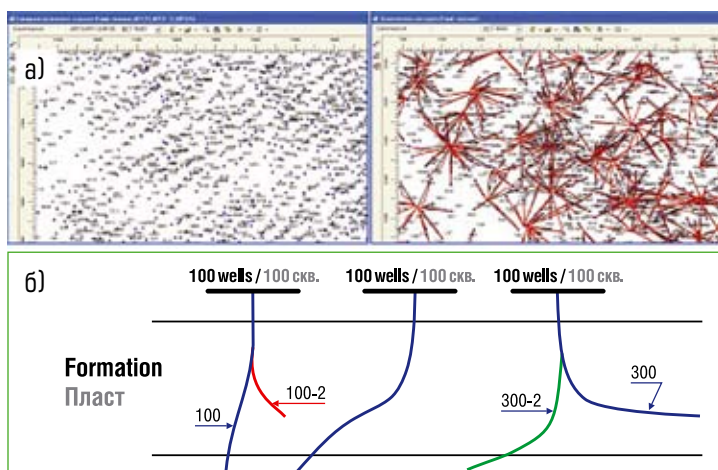
Until recently there was no software providing business processes automation for the entire lifecycle of the well with unified databank containing all the relevant spatial data. Every Performance Unit had to find its own solution to solve this task. Some had all the data and calculations in MS Excel, others were developing proprietary calculation software which was however unable to ensure data security. The diversity of coordinate systems, input and output data formats used by different subsidiaries of the Company as well as the impact of human factor caused numerous faults and uncertainties.

The implementation of Well Tracking information system based on ESRI technology proved an efficient solution to these problems. The core of the solution is a Well Tracking 2.x extension developed by Data East (Novosibirsk); it functions as a versatile GIS for managing spatial well data on a corporate level.

Well Tracking system is based on the following components: ArcGIS 9.2 and above, ArcSDE, Well Tracking 2.x extension, smart replication module, and Well Tracking Interoperability Service (WTIS), a universal integration API. The system provides solutions to the following data management tasks:

Необходимость разработки трудноизвлекаемых запасов нефти в условиях большого числа существующих скважин на месторождениях на поздней стадии разработки требует более качественного и точного определения пространственного положения скважин. Из-за уплотнения сетки разбуривания (Рис. 1) основными видами бурения постепенно становятся наклонно-направленное и горизонтальное бурение, а также зарезка боковых стволов. Одновременно повышаются требования к точности попадания забоя скважины в заданную проектную точку. При этом особенно важно предотвратить встречу стволов бурящейся и ранее пробуренной скважин. Не менее серьезный риск представляет нарушение границ лицензионного участка при бурении.

Fig. 1 a) Drill Out Density in Samotlor; b) Sidetracking
Рис. 1 а) Плотность разбуривания Самотлорского месторождения; б) Бурение боковых стволов





Евгения Вишневецкая (EVishnevskaya@dataeast.ru), менеджер, ООО «Дата Ист»
Evgeniya Vishnevskaya (EVishnevskaya@dataeast.ru), Manager, Data East



Алексей Бильк (AABilyk@tnk-bp.com), заместитель начальника отдела управления геологическими данными, ОАО «Самотлорнефтегаз»
Alexey Bilyk (AABilyk@tnk-bp.com), Deputy Head, Subsurface Data Management Section, Samotlorneftegaz



Наталья Долгих (NDDolgikh@tnk-bp.com), руководитель группы по поддержке «Атлас», отдел информационных технологий, ОАО «ТНК-Нижневартовск»
Natalia Dolgikh (NDDolgikh@tnk-bp.com), Atlas Support Group Leader, IT Section, TNK-Nizhnevartovsk

- Collect, edit, and store data in local or regional databases with the help of an ergonomic software toolkit
- Merge spatial data from regional databases to a centralized corporate database with the help of the replication technology
- Exchange data and interact with the existing TNK-BP data systems with the help of WTIS module

About Well Tracking

Well Tracking 2.x is provided to automate spatial databases management performed by the survey and geological services, including spatial well data input from various sources, its further processing, analysis, and storage (Fig. 2). The system functionality covers all the requirements set by the business processes related to the lifecycle of the well.

The software module includes the following functional toolsets: Editing, Data Input, Data Correction, Data Export, 3D Analysis, Reports, Administrating, as well as subsurface data processing tools.

The Editing tools are provided to create, update, and delete various spatial objects such as formations, license areas, pads, wells, etc. An object can not be deleted until the system tracks all the related objects, i.e. the pad can not be deleted from the database until all the related well rows and wells are deleted.

- The Data Input tools allow to:
- Build wellbore paths based on imported text files (*.las, *.inc, *.lst, *.txt) and MS Excel tables (*.xls)



Сергей Гуляевский (SGulyaevsky@dataeast.ru), главный программист, ООО «Дата Ист»
Sergey Gulyaevsky (SGulyaevsky@dataeast.ru), Chief Programmer, Data East



Андрей Иванов (Alvanov@dataeast.ru), программист, ООО «Дата Ист»
Andrey Ivanov (Alvanov@dataeast.ru), Programmer, Data East

Максимальная точность в определении координат скважин и положения стволов позволяет устранять влияние этих рисков на производственные процессы.

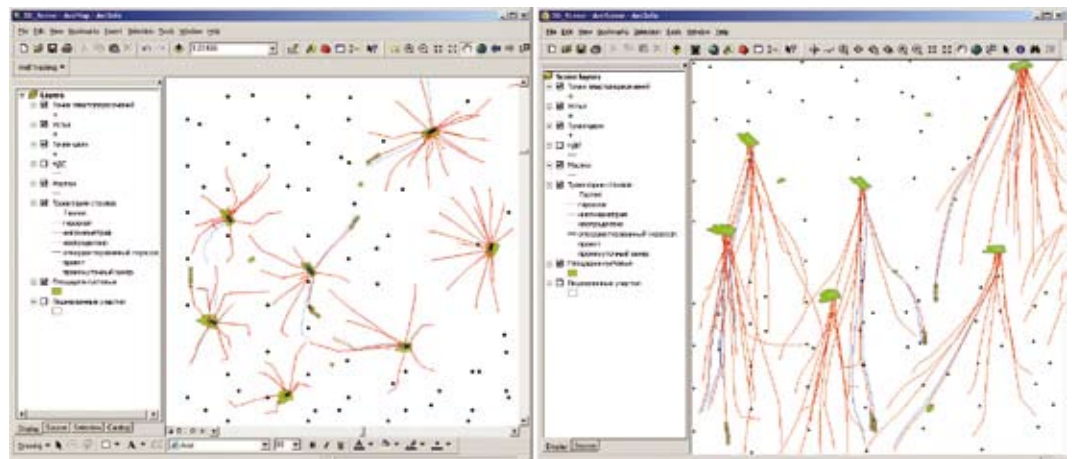
До недавнего времени на рынке не существовало ни одного программного продукта, обеспечивающего одновременно автоматизацию бизнес-процессов, сопровождающих жизненный цикл скважины, и единое централизованное хранилище данных пространственной модели. Каждое предприятие решало проблему по-своему: одни вели расчеты в электронных таблицах MS Excel, другие – создавали небольшие программные приложения, производящие расчеты, но не обеспечивающие сохранность данных. Несогласованность систем координат, форматов входных и выходных данных, используемых различными подразделениями Компании, а также влияние человеческого фактора, порождали ошибки и разного рода погрешности.

Для решения этих проблем на базе технологии ESRI была создана информационная система Well Tracking. Ее ядром является программное приложение Well Tracking v.2.x, разработанное ООО «Дата Ист» (г. Новосибирск), – оно обеспечивает выполнение функций универсальной геоинформационной системы для управления данными пространственного мониторинга скважин на корпоративном уровне.

Основу системы Well Tracking составляют следующие компоненты: ArcGIS 9.2 и выше, ArcSDE, программное приложение Well Tracking v.2.x, модуль репликации и универсальный модуль интеграции Well Tracking Interoperability Service (WTIS). Благодаря этому, система обеспечивает решение следующих задач управления данными:

- сбор, редактирование и накопление информации в локальную или региональную базу геоданных с помощью эргономичного программного инструментария;

Fig. 2 Visualizing Well Tracking Data in 2D and 3D
Рис. 2 Визуализация данных Well Tracking в 2D и 3D



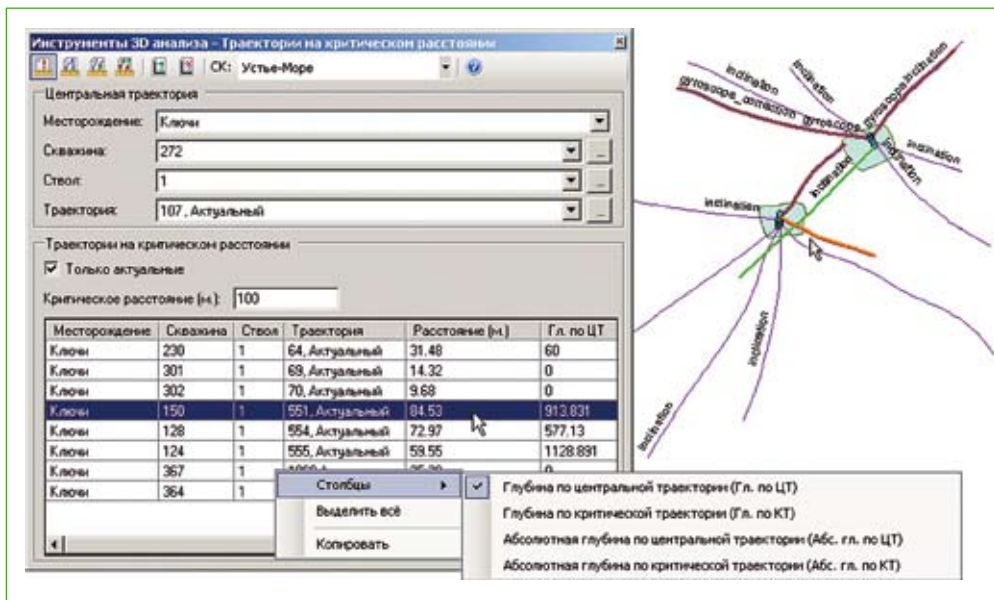


Fig. 3 3D Analysis Tool: Critical Distance
Рис. 3 Инструмент 3D анализа «Траектории на критическом расстоянии»

- Draw formation intercept and bottomhole points on active wellbore paths
- Upload archive well data from text files

The Data Correction tools include two tools. The Gyroscope Correction tool is provided to calculate the gyroscope lengthening based on comprehensive deviation measurements. The Wells Correction tool allows changing the positions of project wellheads based on current field measurements data.

The 3D Analysis tools are provided to monitor the drilling process and perform the following operations:

- Define the critical distance between wellbore paths (Fig. 3)
- Define the distance from the project target point to the bottomhole
- Define the distance from the wellbore node to other wellbores
- Define the distance between the wellbore nodes
- Define the coordinates of wellbore nodes
- Define the coordinates of the nearest wellbore node

The Reports tools provide six types of reports generated based on Crystal Reports XI and MS Excel templates. The output report formats are *.doc or *.xls.

Security and data access control issues were given particular attention during the development and implementation of Well Tracking system. License protection is provided to regulate access to licensed software copies with standard ESRI registration keys and hardware HASP SRM keys. In addition, Well Tracking allows administrating privileges for using different tool groups. The system administrator can set the data access rights as well as user privileges to work with specified tool groups. So, each user has access to the tools related to his job functions only. The standard distribution of data read-write access is also implemented in Well Tracking. This way spatial data and calculation results are protected from any unauthorized access.

Well Tracking Database Structure

Well Tracking database includes various spatial Welldata objects (eight feature classes: license areas, pad sites, rig and catwalk direction lines, wellbore paths, project target points, wellheads, and formation intercepts), as well as attribute and service tables, and relationship classes (Fig. 4).

- передача пространственной информации из региональных подразделений Компании в централизованную корпоративную базу геоданных при помощи технологии реплицирования;
- взаимодействие и обмен данными с уже имеющимися информационными системами, функционирующими в ТНК-ВР, при поддержке модуля интеграции WTIS.

Приложение Well Tracking

Приложение Well Tracking v.2.x автоматизирует работу маркшейдерских и геологических служб, связанную с ведением баз геоданных, а именно с вводом пространственной информации по скважинам из различных источников, ее обработкой, хранением и анализом (Рис. 2). Функционал системы полностью соответствует технологическим и бизнес-процессам, сопровождающим жизненный цикл скважины.

Программный модуль представляет собой тематически сгруппированные наборы инструментов обработки пространственных данных: «Редактирование», «Ввод данных», «Корректировка данных», «Экспорт данных», «Инструменты 3D-анализа», «Отчеты», «Администрирование», а также инструменты геообработки.

Группа инструментов «Редактирование» предназначена для создания, обновления и удаления различных объектов – пластов, лицензионных участков, кустовых площадок, скважин и других. При этом, удаление объектов возможно только после проверки системы на наличие связей с этими объектами: например, из базы данных невозможно удалить кустовую площадку, предварительно не удалив связанные с ней батареи и скважины.

- Инструменты группы «Ввод данных» позволяют
- строить траектории стволов импортом из текстовых файлов форматов *.las, *.inc, *.lst, *.txt и копированием данных из таблиц *.xls;
 - наносить точки пластопересечений и забоя на активные траектории стволов;
 - загружать скважины архивного фонда из файлов текстовых форматов.

В группу «Корректировка данных» входят две команды – «Корректировка гироскопа», рассчитывающая удлинение гироскопа на основании более полных замеров инклинометрии, и «Корректировка скважин», позволяющая менять положение проектных устьев в соответствии с данными полевых измерений.

Инструменты 3D-анализа позволяют контролировать процесс бурения и производить следующие вычисления:

- определение критического расстояния между траекториями стволов (Рис. 3);
- определение расстояния от проектной точки-цели до забоя;
- определение расстояния от узла одной траектории ствола до других стволов;
- определение расстояния между узлами траектории ствола;
- определение координат узлов траектории ствола;
- определение координат ближайшего узла траектории ствола.

Группа инструментов «Отчеты» включает в себя шесть типов отчетов, строящихся на основе шаблонов в Crystal Reports XI и MS Excel. Выбранный тип шаблона позволит создать отчет в формате *.doc или *.xls.

При разработке системы Well Tracking большое внимание уделялось вопросам безопасности и регулирования доступа к данным. Прежде всего, стоит отметить лицензионную защиту, обеспечивающую доступ к лицензионным копиям программного обеспечения стандартными регистрационными кодами ESRI, а также аппаратными ключами HASP SRM. Кроме того, сервис приложения Well Tracking v.2.x предусматривает разделение функций на пользовательские и администраторские. Администратор настраивает права доступа в систему, а также права на работу с определенными инструментами.

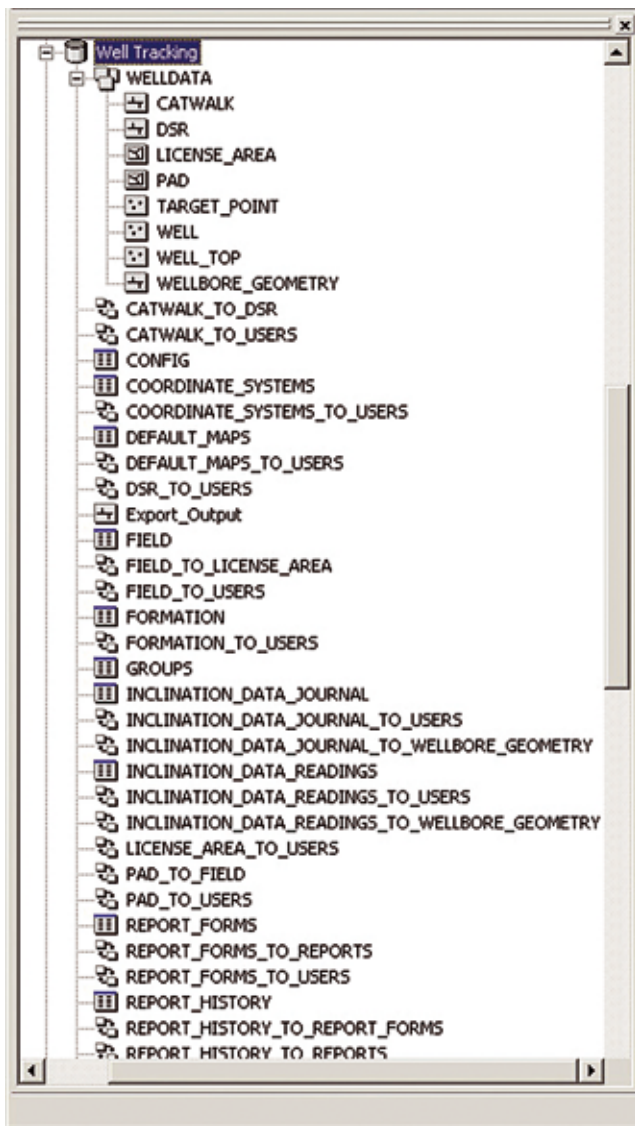


Fig. 4 Well Tracking Database Structure

Рис. 4 Структура базы геоданных Well Tracking в корне каталога ArcCatalog, созданной при помощи утилиты Well Tracking Database Creator

ми. Доступ пользователя регламентирован только к тем функциям и объектам, которые соответствуют его должностным обязанностям. Существуют и стандартные разграничения прав на запись и чтение. Таким образом, система обеспечивает полную защиту от несанкционированного доступа к координатной информации.

Структура базы данных Well Tracking

База геоданных Well Tracking состоит из пространственных объектов Welldata (восемь классов объектов: лицензионные участки, кустовые площадки, линии направления движения станка и мостков, траектории стволов, проектные точки-цели, устья и точки пластопересечений), атрибутивных и служебных таблиц, а также классов отношений (Рис. 4).

Структура базы данных полностью описывается через специальный файл DatabaseStructure.xml. Разработчиками предусмотрена возможность дополнения структуры базы данных со стороны пользователя путем создания дополнительных пользовательских полей и доменов – нужно лишь внести соответствующие изменения в файл DatabaseStructure.xml и запустить обновление базы по этому файлу.

Задание схемы базы производится автоматически при помощи специально разработанной утилиты Well Tracking Database Creator. Она позволяет задать систему координат базы данных, создавать таблицы, классы пространственных объектов, домены, классы отношений между таблицами, а также создавать пользователя с правами администратора. Все это обеспечивает контроль целостности данных при вводе и редактировании инструментами приложения Well Tracking v.2.x.

Архитектура программного обеспечения Well Tracking

Программное обеспечение Well Tracking v.2.x выполнено в виде расширения для ArcMap 9.2 и выше. Оно устанавливается на рабочем месте каждого пользователя системы и работает под операционной системой Windows. Для хранения данных системы, в том числе, учетных записей, может использоваться как персональная база данных *.mdb, так и система управления базой данных (СУБД) MS SQL Server или Oracle.

Основными функциональными элементами архитектуры являются (Рис. 5):

- СУБД – используется для хранения всех данных Well Tracking. Устанавливается на сервере. Возможна отдельная работа с локальной базой данных Access. Общие настройки хранятся в базе данных, в то время как настройки пользователя – в системном реестре Windows на персональном компьютере пользователя.
- Система ESRI ArcSDE – обеспечивает выполнение запросов к базе пространственных данных на основе СУБД. Устанавливается на сервере (воз-

Fig. 5 Well Tracking Architecture

Рис. 5 Архитектура программного обеспечения Well Tracking

The database structure is described in a dedicated DatabaseStructure.xml file. This structure can be supplemented by users creating new fields and domains. Users just need to make corresponding changes in the DatabaseStructure.xml file and then launch the database update with this file.

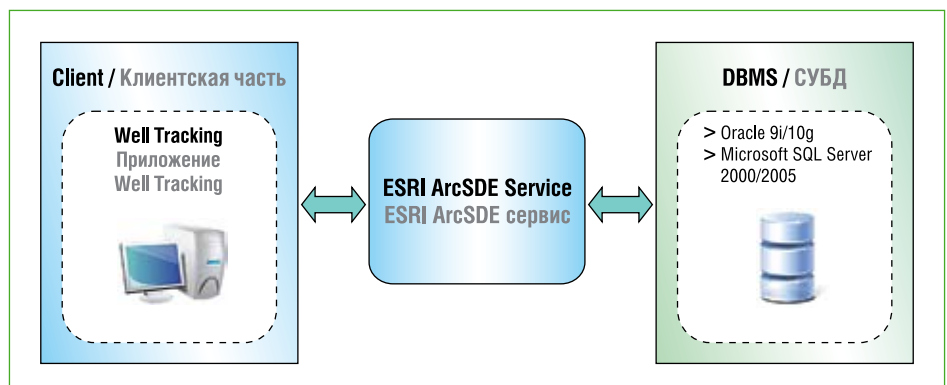
The database scheme is specified automatically with a dedicated utility, Well Tracking Database Creator. It allows to specify the database coordinate system, create tables, feature classes, domains, relationship classes as well as to assign administrator rights for users. This way Well Tracking provides data integrity control at all stages of data input and editing.

Well Tracking Architecture

Well Tracking 2.x is an extension to ArcMap 9.2 and above. It is installed at every workplace with Windows OS. The system data, including user accounts, can be stored in a personal *.mdb database, MS SQL Server or Oracle.

The basic functional elements of the Well Tracking architecture are the following (Fig. 5):

- Database management system (DBMS) used to store all Well Tracking data. It is installed on the server. There is an option of working with a local copy of the Access database. Common settings are stored in the database while user personal settings are stored in the Windows registry on a user computer.



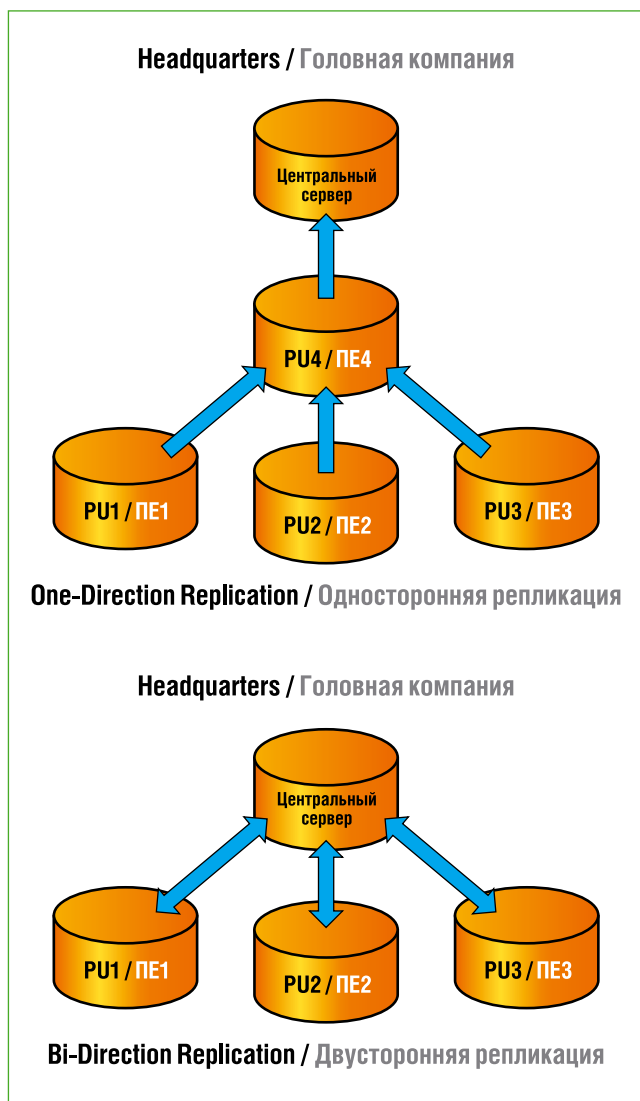


Fig. 6 Database Replication Schemes
Рис. 6 Схемы репликации баз данных

- ESRI ArcSDE system supports the requests sent to DBMS. It is installed on the server (either dedicated or DBMS one).
- Well Tracking v.2.x is an ArcGIS based solution supporting the whole system functionality, including setup and administration.

Spatial Database Replication Module

Replication technology is used to synchronize datasets located in different databases such as, for example, the databases of different TNK-BP Performance Units.

The data at each PU is stored on a local server (SQL Server / Oracle); during the replication process this data is duplicated to the central database and merged automatically. In this case the replication process is asynchronous (Fig. 6).

The replication technology implemented in Well Tracking allows synchronizing the work of the central and regional databases. The datasets stored at regional databases are completely independent, and the central database contains integrated data of all PUs.

The preparation of the database to be replicated is completely automated. The system administrator (or replication operator) launches the replication module and the replication preparation process starts (Fig. 7). Replication identifiers, specified triggers, and replication tables containing the set of changes to be synchronized are automatically added to the replicated database structure. As soon as the database structure is prepared, the standard replication process can be run.

можно установка как на отдельном сервере, так и на одном сервере с СУБД).

- Приложение Well Tracking v.2.x – программный модуль, реализующий весь функционал системы, в том числе ее настройку и администрирование на базе ArcGIS.

Модуль репликации баз пространственных данных

Репликация – это синхронизация набора данных между несколькими разоб- щенными базами данных, находящимися, например, в разных Производственных единицах TNK-BP.

В каждом региональном подразделении данные могут размещаться на локальном сервере (SQL Server / Oracle), затем в процессе репликации дуб- лироваться в центральное отделение и автоматически объединяться. Процесс репликации в данном случае осуществляется асинхронно (Рис. 6).

В случае с системой Well Tracking репликация обеспечивает синхронизацию работы общей и региональных баз данных. При этом данные из региональных баз могут быть независимы друг от друга, в то время как база в центральном отделении содержит объединенные данные всех подразделений.

Подготовка баз данных для проведения процесса репликации полностью автоматизирована. Администратор системы (или оператор репликации) запускает приложение для репликации баз данных, а в нем – процесс подготовки баз к репликации (Рис. 7). В структуру реплицируемых баз данных автоматиче- ски добавляются репликационные идентификаторы, специальные триггеры и таблицы репликации, содержащие набор синхронизуемых изменений для очередной итерации репликации (в том числе, первичной репликации). Когда структура базы данных подготовлена, можно начинать штатное проведение процедур репликации.

Модуль интеграции Well Tracking (WTIS)

По мере проникновения ГИС-технологий в современные процессы управле- ния организациями все большее значение приобретают вопросы интеграции с уже существующими информационными системами. Программный модуль Well Tracking Interoperability Service (WTIS) позволяет обмениваться пространствен- ной информацией по скважинам между базами данных Well Tracking и другими системами. WTIS позволяет внешним приложениям получить доступ ко всем данным Well Tracking в структурированной объектной форме, полностью избав- ляющей от необходимости работы с базой данных Well Tracking напрямую.

Возможности модуля WTIS активно используются для интеграции Well Tracking с системой «БАСПРО», предназначенной для мониторинга разработки и геологического моделирования месторождений (Рис. 8). В автоматическом режиме из «БАСПРО» в Well Tracking передаются замеры инклинометрии, гироскопа, разбивки по пластам, введенные геологами. Из Well Tracking в «БАСПРО» передаются координаты устьев, пластопересечений, удлиннный

Fig. 7 Database Replication Interface

Рис. 7 Интерфейс приложения для репликации баз данных

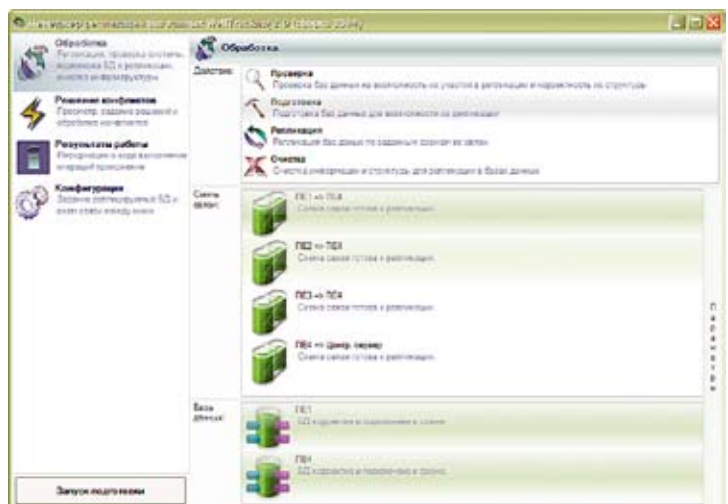


Fig. 8 Integration of Well Tracking and BASPRO

Рис. 8 Интеграция систем Well Tracking и «БАСПРО»

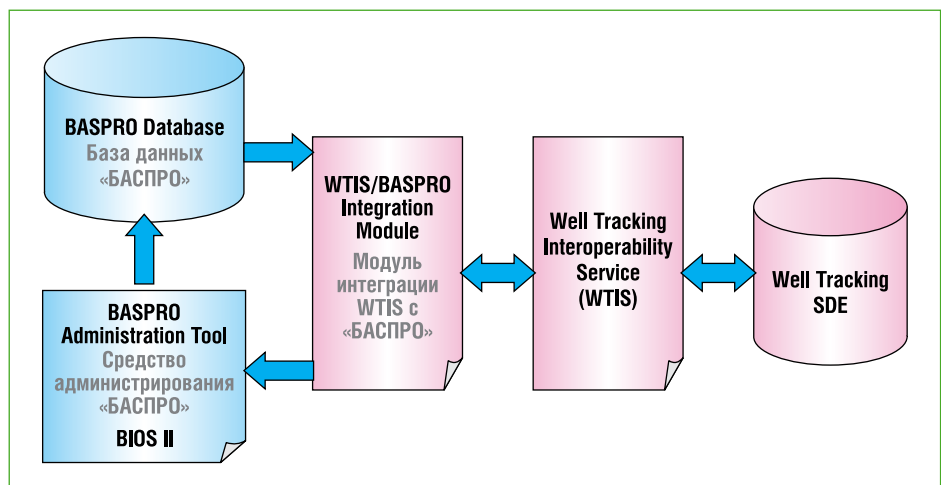
Well Tracking Interoperability Service

As GIS technologies are becoming widely used for managing business processes, the issue of integration with the existing information systems becomes more and more urgent. Well Tracking Interoperability Service (WTIS) is an API provided to exchange spatial well data between Well Tracking databases and other applications. WTIS enables external applications to get access to structured Well Tracking data without the need to work directly with Well Tracking database.

WTIS capabilities were used for integration of Well Tracking with BASPRO system used to monitor field development and modeling (Fig. 8). Directional and gyroscope measurements as well as stratigraphic breakup data collected by geologists are automatically transferred from BASPRO to Well Tracking. In turn, wellhead coordinates, formation intercept points and lengthened gyroscope data are transferred from Well Tracking to BASPRO. All changes made to Well Tracking database are registered in specified logs implemented as related tables. Each object is given a unique identifier allowing to identify it in any neighbor system in the future. All data conversion errors are also registered and logged to be further processed by the operator. Table 1 shows an example of integration module operations.

At the moment the integration module is being tested at TNK-Nizhnevartovsk. Eliminating data interoperability risks will allow for concerted processing of subsurface data both in Well Tracking and in BASPRO. Each system will perform its own functions but at the same time the systems will supplement each other. This way a unified information metasystem will be created that will allow automating business processes and reducing human factor impact.

Well Tracking implementation at TNK-BP PUs allowed to create a unified internal spatial database and to increase the survey data processing speed up to four times. Unified calculation methods and data formats as well as input data verification resulted in creating a complete and accurate spatial data model that eliminates the drilling risks caused by incorrect wellbore positioning. With Well Tracking TNK-BP specialists have received a comprehensive information system providing a relevant and accurate picture of all well sites of the Company and allowing to effectively manage all the technological and business processes related to drilling spatial data on a corporate level. [B]



гироскоп. Все изменения в базе Well Tracking фиксируются в специальных журналах, представляющих собой связанные таблицы. Каждому введенному объекту присваивается уникальный идентификатор, позволяющий распознавать этот объект в соседней системе. Все ошибки, возникающие при конвертации данных, заносятся в протокол для последующей обработки оператором интеграции. В Табл. 1 приведен пример работы модуля интеграции.

В настоящее время модуль интеграции Well Tracking и «БАСПРО» уже проходит адаптацию в ОАО «ТНК-Нижневартовск». Устранение рисков при обмене данными позволит работать с геоданными по скважинам согласованно в обеих системах. Каждая из систем будет выполнять свой набор функций; совместно они будут дополнять возможности друг друга, таким образом, формируя общую информационную метасистему, автоматизирующую бизнес-процесс и уменьшающую влияние человеческого фактора в большей степени, чем каждая из интегрируемых систем в отдельности.

В результате внедрения системы Well Tracking добывающие предприятия ТНК-ВР получили единую внутреннюю базу геоданных, скорость обработки данных маркшейдерскими службами возросла в четыре раза. Единые методики расчетов, единый стандарт форматов данных, программная проверка входных данных позволили получить точную пространственную модель, которая исключает возникновение аварий в бурении, связанных с неверным представлением о пространственном положении траекторий стволов. Таким образом, специалисты ТНК-ВР получили в свое распоряжение информационную систему, которая дает целостную картину по скважинам всей Компании и позволяет эффективно контролировать технологические и бизнес-процессы, связанные с бурением, на корпоративном уровне. [B]

Table 1 Integration Module Operations

Табл. 1 Пример работы модуля интеграции

Process Description Описание процесса	Action Действие	Result Результат
Data transfer from Well Tracking to BASPRO Передача данных из Well Tracking в «БАСПРО»	Well Tracking creates the wellbore path based on the bottomhole points and formation intercepts. BASPRO only has the wellbore path but no bottomhole points and formation intercept. Integration module is launched. В Well Tracking для траектории ствола строятся точки пластопересечений и забоя. В «БАСПРО» траектория ствола есть, точек пластопересечений и забоя нет. Производится запуск модуля интеграции с «БАСПРО».	Coordinate data for the formation intercept and bottomhole points is stored in the table to be further loaded to BASPRO. Данные о координатах точек пластопересечений и забоя сохраняются в таблице для загрузки «БАСПРО».
Data transfer from BASPRO to Well Tracking Передача данных из «БАСПРО» в Well Tracking	There are some measurement data containing intercept points and bottomhole points loaded to BASPRO. Well Tracking doesn't have this data. Integration module is launched. В «БАСПРО» загружен замер, имеющий точки пластопересечения и забоя, в базе данных Well Tracking нет аналогичного замера, имеющего точки пластопересечения и забоя. Производится запуск модуля интеграции с «БАСПРО».	Well Tracking creates the wellbore path based on the data received from BASPRO and calculates the coordinates of intercept and bottomhole points. В Well Tracking создается траектория ствола в соответствии с типом замера в «БАСПРО», происходит расчет точек пластопересечений и забоя.