

УДК 005.95

**ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОГРАММЫ-ТРЕНАЖЕРА
ДЛЯ ЭВМ «СЛАЙД МАСТЕР 1.18» ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ
ПРАКТИЧЕСКИМ НАВЫКАМ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И
ГАЗОВЫХ СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАБОЙНЫХ
ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Р.А. Исмаков, Д.В. Рахматуллин, И.Д. Мухаметгалиев
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет»

**USING SLIDE MASTER 1.18 ON-LINE SIMULATOR FOR HANDS-ON
TRAINING IN OIL AND GAS WELL DRILLING USING LWD
SYSTEMS**

R.A. Ismakov, D.V. Rakhmatullin, I.D. Mukhametgaliev
Ufa State Oil Technical University

E-mail: ILmir8787@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено программное обеспечение (ПО), как инструмент для проверки квалификации при приеме в штат кандидатов в организации осуществляющих сервис при бурении нефтяных и газовых скважин (НГС) с применением забойной телеметрической системы и непосредственно буровых предприятия, а так же проблемы обучения принципам и порядку проводки наклонно-направленных скважин в Учебно-Образовательных Учреждениях. Особое внимание уделено вопросу внедрения ПО в соответствующие области применения технологии проводки наклонно-направленной скважины: основные требования, актуальность настоящего ПО и соответствие работы условиям в практике. Рассмотрен совершенно новый метод преподавания в Учебно-

Образовательных учреждениях принципам и порядку инженерного сопровождения при бурении наклонно-направленных скважин с применением забойной телеметрической системы. Действительная эффективность применения достигается путем симуляции процесса бурения наклонно-направленной скважины в виртуальной среде посредством ЭВМ, где испытуемому предстоит произвести буровые работы с выстраиванием трех- или пятиинтервального профиля скважины. Далее приводится описание разработанного комплекса тренажеров «Слайд Мастер» версии 1.18: характеристика в качестве виртуального тренажера, системные требования к эксплуатации и меры предосторожности. Описывается сама структура программного обеспечения, а именно подробно поясняется суть работы, приводятся примеры, варианты исполнения, порядок проверки и порядок выполнения в каждом из симуляторов комплекса тренажеров. Что касается порядка выполнения, то здесь дается общая схема работы и связь компонентов ПО «Слайд Мастер 1.18», которые сопутствуют достаточно эффективному усвоению материала аудиторией.

Abstract. The paper describes dedicated software to assess proficiency of applicants for positions in drilling enterprises and companies providing services related to oil and gas wells drilling using LWD systems. Matters related to training in principles and procedures of directional drilling in educational institutions are addressed. Special focus is given to integration of the software into the directional drilling technology: requirements, importance of the software, and meeting actual working conditions. A whole new method of training in principles and procedures of engineering supervision while drilling using LWD systems is discussed. A high effectiveness of the method is attained through on-line simulation of the directional drilling process. An applicant must drill a well comprising three or five well course sections in a virtual

environment. A detailed description of Slide Master – Version 1.18 directional drilling simulator is presented, including characteristics, available versions, system requirements, and safety precautions, as well as the structure of the software. The description includes principles of operation, examples, verification and operation procedures for each simulator.

Ключевые слова. Наклонно-направленное бурение, программное обеспечение, симуляция процесса, параметры кривизны, Слайд Мастер, реактивный момент, круг допуска, имитатор процесса бурения, Тренажер "КНБК", Тренажер "Мера инструмента", Тренажер "Бурение ННС", Тренажер "Бурение ННС. Выбор профиля".

Key words: directional drilling, software, process simulation, hole curvature parameters, Slide Master, counter torque, target area, Drilling Process simulator, ВНА simulator, Tool Measure simulator, Directional Drilling simulator, selection of well course sections

Низкое качество траектории ствола наклонно-направленной скважины в большинстве случаев имеет причину работы недостаточно квалифицированного персонала. Проблема обучения персонала в специализированных учреждениях, как видно из практики, ограничивается преподаванием отдельных сегментов наклонно-направленного бурения (ННБ), которые включают: устройство забойного оборудования и методы его эффективного и безопасного применения, особенности наземного оборудования для работы в совокупности с забойным и дальнейшие теоретические основы ННБ (расчет профиля, параметров кривизны и их обработка). Проблема обучения практическим навыкам бурения в учебных

заведениях высшего профессионального образования подробно представлена в работах [1, 2, 3].

Возникновение дефектов профиля есть не только малограмотное применение полученных теоретических знаний персоналом, но к тому же еще и недостаток практических навыков, частичное или полное отсутствие у инженеров представления принципов ННБ и возникновения возможных осложнений. Испытание себя в условиях кризиса инженер имеет возможность только при возникновении соответствующих условий.

Создание идентичных условий бурения ННС в виртуальной среде и стало ключевой целью создания принципиально индивидуальной программы ЭВМ, так как главное требование к ПО для обучения специалистов такого узко специализированного профиля это максимальное соответствие к условиям в практике. Востребованность ПО «Слайд Мастер 1.18» создают условия выполнения работы в нем, которые включают: технологическое соответствие производимых операций условиям в практике, идентичность нормативности работы, анимационное сопровождение, условия возникновения аварийных ситуаций, последовательность выполнения работы. Высокую степень идентичности работы виртуального тренажера и условиям в практике удалось достичь благодаря специфике работы инженера по ННБ, которая выполняется главным образом с применением ЭВМ. Таким образом, создание связующего инструмента «практика – теория» оказалась возможной без искажения от главной идеи создания тренировочного инструмента.

Наклонно-Направленное Бурение преподается в каждом ВУЗе и даже в некоторых ССУЗах направленных на выпуск специалистов в области бурения нефтяных и газовых скважин. Способ преподавания, по анализу производителей «Слайд Мастер 1.18» (Далее – Создатели) является совершенно различным: где-то расчет траектории ствола скважины, а где то дополнительно и знакомство забойным телеметрическим

оборудованием. Общим недостатком создатели увидели то, что обучению работы человека занимаемого должность инженера по наклонно-направленному бурению нет. Полное моделирование должностной деятельности инженера ННБ в виртуальной среде позволяет обучить студентов учебно-образовательного учреждения порядку, принципам, особенностям этого вида деятельности. Моделирование удалось произвести для таких функции, как:

- реактивный момент в зависимости от интервала бурения;
- полнофункциональный инструмент по обработке данных статического замера;
- интенсивность изменения азимута относительно интервала бурения;
- негативная тенденция при бурении вращением с учетом которого необходимо будет производить слайд;
- возможность проведения операции по ликвидации прихватов вследствие нарушения технологии бурения;
- вспомогательные работы при бурении скважин: расхаживание, наращивание, остановке и запуске насоса и бурения при различных режимах;
- проведение съема промежуточных статических данных в процессе бурения;
- выбор языка интерфейса: русский или английский
- доступно для визуального сопровождения: графические проекции профиля, мера инструмента индивидуально под длину КНБК, проектная инклинометрия и расчетное положение скважины относительно проектного профиля.

Общая совокупность таковых функции в условиях тренировки претендента на должность инженера по бурению: улучшают способности инженера, определяют его практические возможности при приеме в штат в производственных организациях, обучают его.

Эффективность в работе достигается путем симуляции процесса бурения наклонно-направленной скважины в виртуальной среде посредством ЭВМ. Испытуемый в комплексе тренажеров проходит все этапы от комплектования забойной компоновки низа бурильной колонны и его спуска с расчетным количеством бурильного инструмента до бурения наклонно-направленной скважины и завершения бурения скважины с соблюдением всей требуемой технологии: соответствие вертикальной глубины, положение окончательного забоя относительно цели Т1, достижение проектных значений отклонения от устья, недопущения отклонения от проектных значений параметров кривизны с соблюдением длины скважины, без выхода за пределы толщи продуктивного пласта, с достаточно высокой механической скоростью проходки.

Полный цикл строительства ствола скважины приведен не в виде видео игры, а дан, как полноценный имитатор процесса бурения с учетом специфики должностных обязанностей инженера.

Комплекс виртуальных тренажеров «Слайд Мастер 1.18» состоит из 4 симуляторов процессов применяемых в ходе подготовки к бурению и непосредственно бурения:

- Тренажер КНБК
- Тренажер Мера Инструмента
- Тренажер Бурение ННС (согласно варианту)
- Тренажер Бурение ННС выбор профиля

Тренажер «КНБК» предназначен для выработки и укрепления навыков по составлению документа обозначающего наименование элементов КНБК, их порядок и таких параметров, как внешний диаметр, тип и размер резьбы и длину (рис. 1). Начиная работу, уже в первом из тренажеров Тренируемый учится относительно профиля (S или J-образный) и вида ствола скважины (основной или боковой), из возможных

20 вариантов проектной инклинометрии на скважину подбирать правильные параметры КНБК. При составлении конструкции КНБК определением наименования формируется дизайн самого КНБК под соответствующей колонкой.



Рис. 1 Рабочий интерфейс тренажера «КНБК»

Тренажер «Мера инструмента» предназначен для выработки и укрепления навыков по работе с документом, занесенным измеренной фактической длины бурильного инструмента, называемым «Мера инструмента» (рис. 2). Интерфейс Тренажера Мера Инструмента является типовым для документа «Мера инструмента», что способно помочь ориентироваться Тренируемому при выполнении подобных работ в реальных условиях находясь на буровой. Так же в нижней части интерфейса располагается блок для обучения и проверки на предмет работоспособности с документом «Мера Инструмента». Полученные

навыки при выполнении Тренажера способны предотвратить аварии с бурильной колонной в процессе проведения ряда работ на буровой.



Рис. 2 Рабочий интерфейс тренажера «Мера Инструмента»

Тренажер «Бурение ННС» это завершающий из тройки симулятор, в котором Тренируемый по подготовленным работам производит бурение ствола скважины длиной примерно 500 м. в интервале от 2000 м. до 2500 м. по стволу скважины естественно с учетом цели на вертикальной глубине, в результате чего ствол скважины удлинится (рис. 3). Тренируемый производит проводку наклонно – направленного ствола скважины с искусственным искривлением ствола скважины. Искусственное отклонение скважин подразделяется на наклонное, горизонтальное, многозабойное (разветвленно-наклонное, разветвленно-горизонтальное) и многоствольное (кустовое) бурение. Бурение этих скважин ускоряет освоение новых нефтяных и газовых месторождений,

увеличивает нефтегазоотдачу пластов, снижает капиталовложения и уменьшает затраты дефицитных материалов [4]. В настоящем виртуальном симуляторе рассматриваются скважины типом профиля J-образный (трехинтервальный) и S-образный (пятиинтервальный) и по виду ствола скважины: боковой ствол и основной ствол. На тренируемого возлагается ответственность за выбор интервала бурения в различных режимах: вращение и слайд.

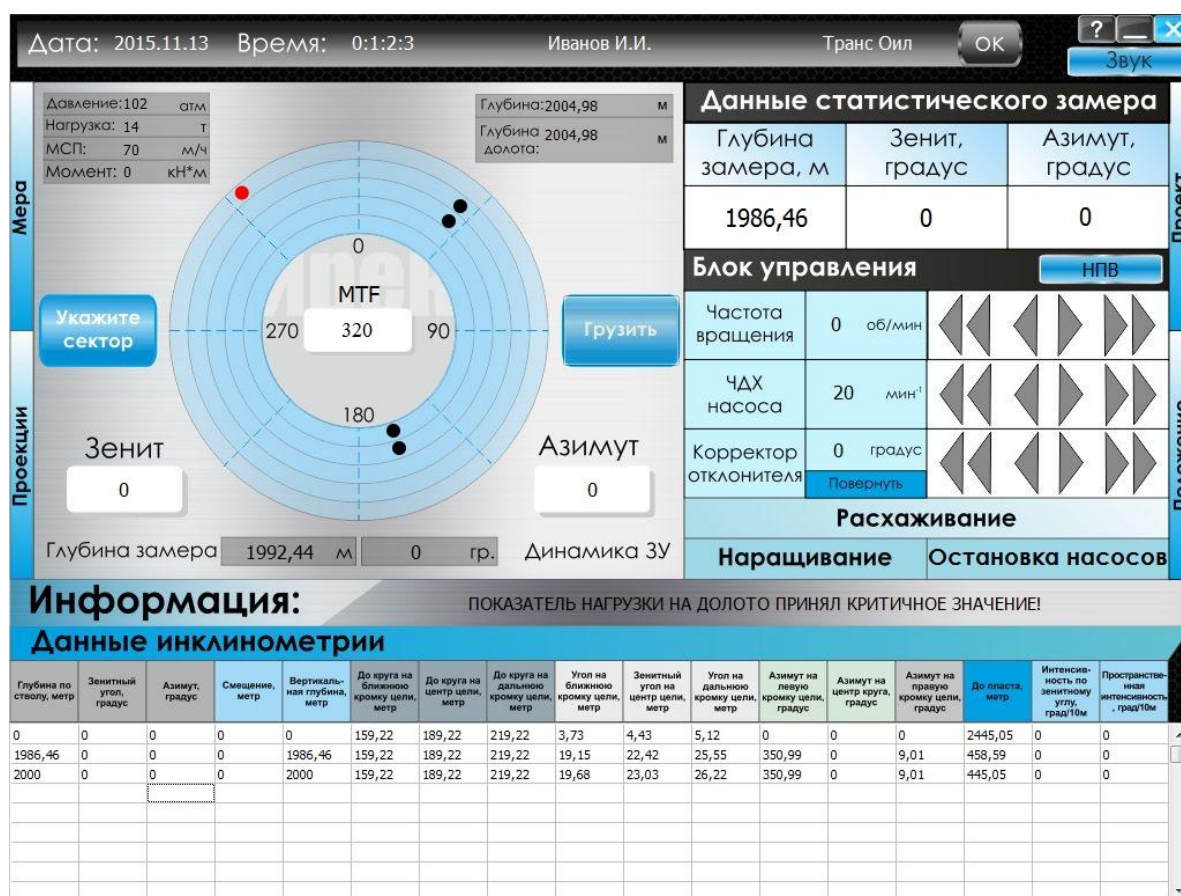


Рис. 3 Рабочий интерфейс тренажера «Бурение ННС»

В ходе бурения в ПО «Слайд Мастер» происходит выстраивание проекции оси скважины на вертикальную плоскость, проходящую через устье и проектную точку забоя, которая называется профилем, а так же на горизонтальную плоскость, называемой планом скважины. В практике если скважину предполагается бурить без изменения азимута, форма оси скважины совпадает с профилем, который в данном случае считается

плоским. Профиль скважины должен обеспечивать эксплуатацию скважины всеми современными методами и оборудованием достаточно долго и безаварийно. Причем забой скважины должен находиться в так называемом «круге допуска» [5]. В применяемом тренажере рост или уменьшение зенитного угла происходит совместно с изменением азимута, что увеличивает степень сложности выполнения работы в программе.

Тренажер «Бурение ННС выбор профиля» это по функциональности тот же симулятор, что и «Бурение ННС», но без выполнения тренажеров «КНБК» и «Мера Инструмента», а так же без выбора определенного варианта работ (рис. 4). Выбор профиля будет производиться с помощью диалогового окна

Ввод данных Бурение ННС

Введите свои данные:

ФИО:

Компания:

Выберите вид ствола:

Основной

Боковой

Выберите профиль скважины:

Трехинтервальный - J-образный

Пятиинтервальный - S-образный

Способ передачи вращательного момента:

ВСП

РОТОР

Вы уверены, что хотите начать бурение ННС без проведения подготовительных работ?

Заккрыть OK

Рис. 4 Интерфейс тренажера «Бурение ННС выбор профиля». Окно выбора вида ствола, профиля и способа передачи вращательного момента БК.

Необходимо так же отметить, что при начале работы в тренажере необходимо произвести привязки имеющихся параметров искривления к

получаемым в ходе буровых работ. Ввод новых данных статического замера производится к «точке привязки»: точка привязки является точкой отсчета для всех последующих вычислений замеров, которую задает представитель заказчика. Точку привязки необходимо ввести в программу в начале работы.

Системные требования для работы ПО:

- процессор с тактовой частотой 1800 MHz или более;
- оперативная память 512 Мб или больше;
- свободное место на жёстком диске от 139 Мб;
- архитектура с разрядностью 32 бит или 64 бит (x86 или x64);
- операционная система Windows XP, Windows Vista, Windows 7.

Перечень критерий оценки для типового тренажера «Бурение ННС»:

- количество попыток тренажерах «КНБК» и «Мера Инструмента»;
- количество точек замера с превышением пространственной интенсивности в 1 гр относительно проектной;
- количество точек замера с превышением или недобором зенитного угла на 5 гр;
- количество точек замера с превышением или недобором азимутального угла на 10 гр;
- выход за круг допуска;
- удлинение ствола скважины;
- количество точек замера с некорректным вводом данных статического замера;
- количество точек замера с превышением или недобором вертикальной глубины на 2 м в горизонтальном стволе;
- соответствие средней механической скорости бурения;
- время выполнения комплекса тренажеров «Слайд Мастер».

Требуется особая аккуратность при расчете, а далее и при работе в набором параметров кривизны: зенитным углом и азимутом. Траектория

ствола скважины может быть задана системой аналитических уравнений или массивом данных, включающим в себя координаты точек. В практике бурения распространение получил второй способ, что обусловлено дискретностью измерений при строительстве скважин. Координаты каждой точки определяются глубиной по стволу скважины, зенитным углом («угол между касательной к оси ствол в точке замера и проекцией касательной на вертикальную плоскость» [6]) и азимутальным углом («угол между направлением начала отсчета и проекцией на горизонтальную плоскость касательной к оси ствола в точке замера» [6]).

Итоговая оценка будет зависеть от того, каким коэффициентом принял работу «Заказчик». К примеру, если коэффициент работы составил 0.91, то соответственно работа оценена на 4 балла из 5.

Каждый из критериев оценивается не по системе баллов, а по системе коэффициента, как и фактически заказчик работ. Также предусмотрена вероятность признания «Заказчиком» работы, как брак с выводом комментария «Скважина не принята, перебуривание осуществляется за Ваш счет!» для тех случаев, когда не достигнута цель, превышено количество аварийных ситуаций, превышен лимит суммарной длительности пауз, удлинение ствола скважины более чем в 60 м.

Возможность бурения «пробных» скважин в данный момент может появиться у каждого. Теперь отсутствует необходимость обязательного выезда учебных групп на объекты, чтобы наблюдать за ходом работы, с изобретением данного программного продукта появился реальный способ участвовать в процессе бурения, как горизонтальных скважин, так и боковых стволов. Участвовать не только, как активный слушатель, а самому прокладывать сложные участки траектории, в чем и состоит суть создания программы. Полученные навыки при работе с «Слайд Мастер 1.18» в 100% объеме пригодятся при бурении наклонно-направленных скважин.

Список литературы

1. Оптимизация сроков проведения ремонта подземного оборудования. Ирмаков Р.А., Смородов Е.А., Деев В.Г. Нефтяное хозяйство. 2001. № 2. С. 60-63.
2. Способ определения статистических характеристик коэффициента бокового распора пласта пористой горной породы. Попов А.Н., Головкина Н.Н., Ирмаков Р.А., Попов М.А. Патент на изобретение RUS 2184232 02.06.2000
3. Методы экспресс-оценки качества фонда нефтедобывающих скважин Деев В.Г., Смородов Е.А., Ирмаков Р.А. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2001. № 1. С. 40-45.
4. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. Калинин А.Г., Никитин Б.А., Солодкий К.М., Султанов Б.З. - М.: Недра, 1997. – 648с.
5. Бурение нефтяных и газовых скважин. Раздел «Искривление скважин. Наклонное и горизонтальное бурение»/Агзамов Ф.А., Акбулатов Т.О., Ирмаков Р.А., Комлева С.Ф., Конесев Г.В., Левинсон Л.М., Попов А.Н., Сакаев Р.М., Санников Р.Х., Соловьев А.Я., Трушкин Б.Н., Чуктуров Г.К., Янгиров Ф.Н. под общ. ред. А.М. Шаммазова.- С Пб.: Недра, 2012.-428 с.
6. Естественное и искусственное искривление скважин. Калинин, А. Г., Кульчицкий В. В. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. – 640 с.

Сведения об авторах

Исмаков Рустэм Адипович, д.т.н., профессор, проректор по научной и инновационной работе, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

E-mail: ismakovrustem@gmail.com

Рахматуллин Дамир Валерьевич, к.т.н., доцент кафедры Бурение нефтяных и газовых скважин, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

E-mail: Rdv14@yandex.ru

Мухаметгалиев Ильмир Дамирович, аспирант, кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин», Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

E-mail: ilmir8787@mail.ru

Authors

R.A. Ismakov, Dr.Sc., Professor, Pro-rector for Research and Innovation at Ufa State Oil Technical University, Ufa, Russia

email: ismakovrustem@gmail.com

D.V. Rakhmatullin, PhD, Assistant Professor of Well Drilling Chair at Ufa State Oil Technical University, Ufa, Russia

email: Rdv14@yandex.ru

I.D. Mukhametgaliev, PhD candidate, Well Drilling Chair at Ufa State Oil Technical University, Ufa, Russia

email: ilmir8787@mail.ru

Мухаметгалиев Ильмир Дамирович

450062, Российская Федерация, Республика Башкортостан

г.Уфа, ул. Космонавтов, 1

Тел.: +7 (927) 235-89-35

e-mail: ILmir8787@mail.ru