

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**Прогнозирование механической скорости в процессе бурения на примере  
ОНГКМ**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 2 курса 261 группы  
направление 05.03.01 геология  
геологического факультета  
Юмагулова Романа Руслановича

**Научный руководитель**

К. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Б.А.Головин

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н.Волкова

Саратов 2017 год

**Введение.** Одним из главных параметров бурения скважины как с технической, так и с экономической точки зрения, является механическая скорость проходки. Это показатель, характеризующий темп разрушения горной породы, выраженный в метрах проходки за 1 ч работы долота на забое. Скорость всего процесса бурения напрямую зависит от этого параметра, поэтому заранее известные значения механической скорости позволят рациональнее использовать выделенные ресурсы, а также увеличить скорость проходки, тем самым удешевив весь процесс бурения в целом.

Для прогнозирования необходимо разобраться в факторах, влияющих на механическую скорость. Важнейшими среди них являются: крепость, пористость, каверзность, плотность породы, а также флюидонасыщенность и т. д. На скорость проходки влияет не только тип горной породы, но и условия её залегания. Все эти параметры формируют литологическую зависимость. Помимо литологии, существует и технологическая зависимость.

Подробный разбор и поиск закономерностей между зависимостями и механической скоростью позволяет спрогнозировать значения механической скорости.

Для написания этой работы был использован материал со скважин, пробуренных на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении (ОНГКМ). Месторождение находится в южной части Оренбургской области, на левом берегу реки Урал, примерно в 50 км южнее от Оренбурга.

Основная цель данной работы: прогнозирование механической скорости в процессе бурения для скважин ОНГКМ.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучены литолого-петрофизические особенности пород, слагающие ОНГКМ;
- осуществлен поиск закономерностей влияния различных параметров бурения на механическую скорость;
- выполнено, прогнозирование механической скорости с использованием полученных данных.

Магистерская работа состоит из трех разделов, введения, заключения, списка использованной литературы и трех приложений.

Для исследования в работе были описаны и использованы методы прогнозирования механической скорости, в том числе современный метод использующейся за рубежом. Для прогнозирования был выделен ряд закономерностей механической скорости с другими параметрами бурения.

На защиту выносятся возможность использования данных методов взамен отечественных методов, использующихся в настоящее время.

**Основное содержание работы.** На территории ОНГКМ в сводном разрезе осадочный чехол представлен отложениями пермской, каменноугольной и девонской систем. Большая часть толщи сложена преимущественно известняками. Знание основных характеристик разреза позволяет прогнозировать значения различных параметров, в том числе и механическую скорость, в начале бурения новой скважины.

Исследуемая территория залегает на юго-восточной части Восточно-Европейской платформы, в пределах северной части Соль-Илецкого свода, расположенного на стыке трех крупных тектонических элементов: Волго-Уральской антеклизы, Прикаспийской синеклизы и Предуральского прогиба. Кристаллический фундамент сложен в основном гнейсами и гранито-гнейсами различного состава: биотитовыми, биотит-рогообманковыми, гранат-биотитовыми и др. На поверхности кристаллического фундамента выделяется крупная положительная структурная форма: Жигулевско-Оренбургский свод.

Целевым объектом разработки на ОНГКМ является нефтенасыщенный Франский ярус девонской системы  $D_3f$ . Он представлен толщиной массивных известняков и вторичных доломитов. Встречаются также линзовидные прослои известковистых аргиллитов и глинисто-битуминозных карбонатов.

Основной тип коллектора, встречающийся по всему продуктивному разрезу и площади месторождения, - поровый.

**Методика исследования.** Процесс разрушения горной породы является базовым при сооружении скважины. Количественной характеристикой его эффективности является величина механической скорости бурения. Величина эта считается в метрах, пробуренных долотом горной породы за час. На производстве часто используют обратную величину – детальный механический каротаж (ДМК), которая считает время бурения одного метра толщи горной породы.

Процесс бурения - многофакторный, соответственно, механическая скорость будет зависеть от целого перечня показателей, которые в общем виде можно классифицировать следующим образом:

- горно-геологические (физико-механические свойства горных пород в разрезе, интервалы насыщенных пород, градиенты давлений по разрезу);
- технологические (параметры режима бурения, профиль скважины, способ бурения);
- технические (комплектность и эксплуатационные характеристики бурового оборудования, тип долота).

Анализируя закономерности способов разрушения нетрудно заметить, что эффективность самого процесса определяется в первую очередь свойствами горных пород. Теория и практика наглядно показывают, что скорость бурения обратно пропорциональна прочности горных пород.

Основная сложность литологического расчленения разреза по данным контроля продолжительности проходки состоит в том, что на скорость бурения и, соответственно, на продолжительность бурения интервала проходки, помимо литологического состава, влияют многочисленные технические, технологические и природные факторы: режим бурения (нагрузка на долото, частота его вращения), тип долота и степень его износа, параметры промывки (давление, наличие гидромониторных эффектов, параметры промывочной жидкости и т. д.), величина дифференциального давления в системе «скважина-пласт», компоновка бурильного инструмента.

Прогнозирование (греч. Prognosis - знание наперед) - это род предвидения (предсказания), поскольку имеет дело с получением информации о будущем, используя уже известную информацию, полученную в прошлом и настоящем.

Единого, универсального, метода прогнозирования не существует. В связи с огромным разнообразием прогнозируемых ситуаций имеется и большое разнообразие методов прогнозирования. В основу их выделения

положен характер информации, на базе которой составляется прогноз. Условно эти методы можно разделить на несколько групп.

Группа методов основанные на исследовании и анализе априорно известной информации и характеристик (параметров) исследуемого объекта, с последующим логическим заключением о ожидаемом полученном результате.

Группа статистических методов включает методы, основанные на построении и анализе динамических рядов характеристик объекта прогнозирования. Среди них наибольшее распространение получили экстраполяция, интерполяция, метод аналогий (модель подобия), параметрический метод и др.

Прогнозирование методом линейной регрессии - является одним из наиболее широко применяемых методов статистического прогнозирования. Метод базируется на анализе взаимосвязи двух переменных (метод парной корреляции) - влияние вариации факторного показателя X на результативный показатель Y.

Один из современных методов в прогнозировании является использование компьютерных программ, разработанных с целью прогнозирования определенных неизвестных параметров, используя исходную информацию. Большинство таких программ построены на основе так называемых искусственных нейронных сетей (ИНС).

**Результат исследования.** По данным, полученным с нескольких скважин, удалось обнаружить некоторые закономерности, а также подтвердить или опровергнуть известные ранее. Зависимость от литологии: скорость в породах со слабой крепостью, таких как глина или в кавернозных известняках составляла 30-60 м/ч, скорость же в крепких и плотных породах, как плотный известняк или песчаник составляла 8-20 м/ч – рисунок 1 и 2.

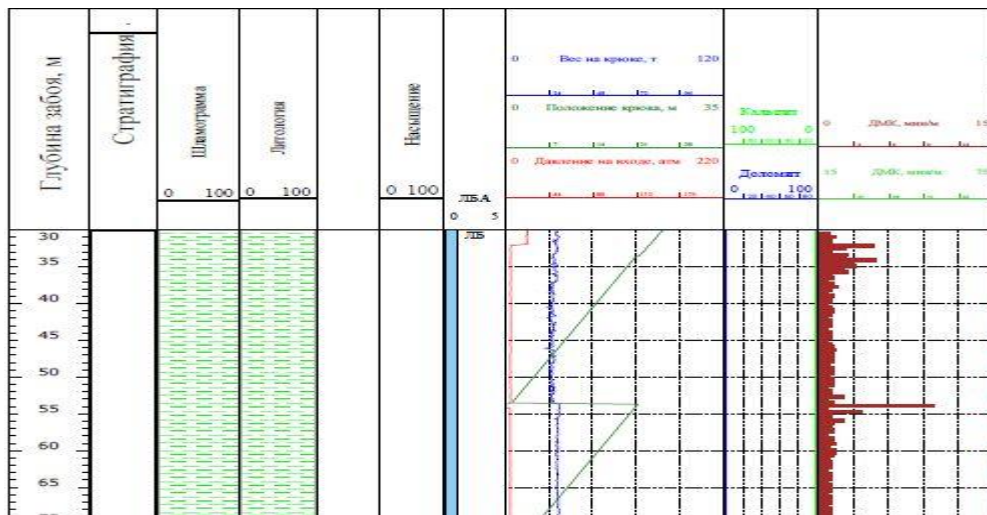


Рисунок 1 - Интервал сводного разреза скважины ОНГКМ, представленный глиной

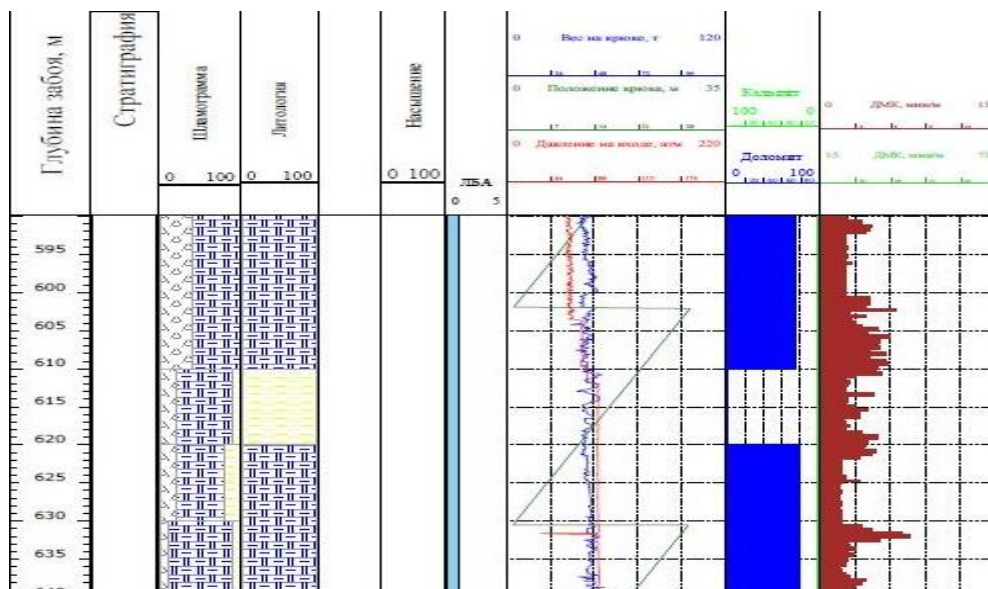


Рисунок 2 - Интервал сводного разреза скважины ОНГКМ, представленный доломитом и алевролитом

Ещё одно существенное влияние на скорость оказывает режим бурения. Чаще всего специальный режим бурения на Оренбургских месторождениях используется во время кривления ствола скважины. Механическая скорость в такие моменты очень низкая и никак не зависит от литологии, интервал на рисунке 3.

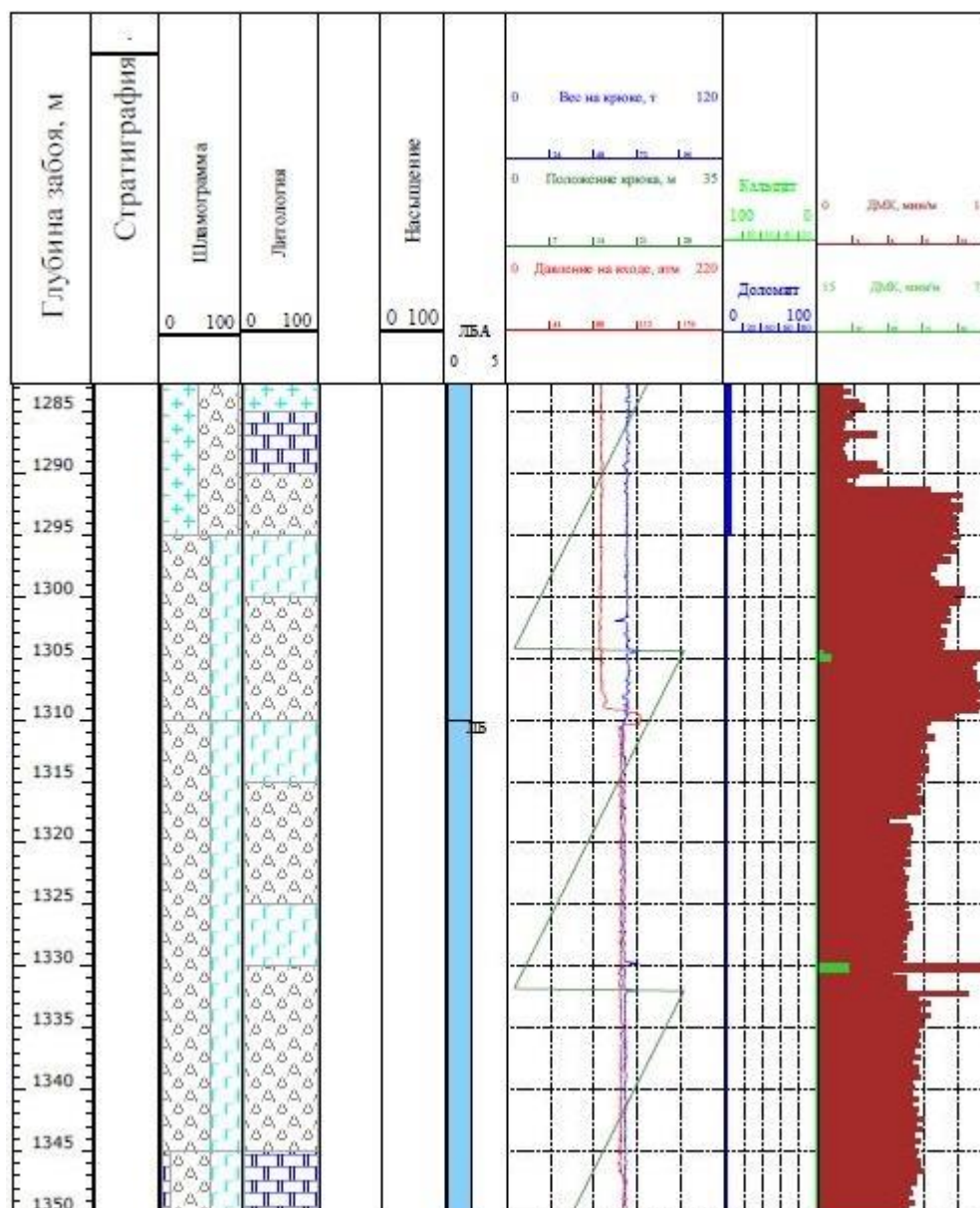


Рисунок 3 - Интервал сводного разреза скважины ОНГКМ, интервал кривления

Ещё одной закономерностью механической скорости является зависимость от коллекторских свойств пород: в данном случае коллекторские свойства связаны с пористостью и кавернозностью, в свою очередь эти признаки напрямую воздействуют на твёрдость породы.

На некоторых скважинах было замечено закономерное падение механической скорости в часто переслаивающихся пластах породы. Возможным объяснением может стать наклонное залегание этих пород, из-за чего, в следствие особенности, часть долота постоянно бурит только трудно



буримые участки породы. Эта же причина может служить самопроизвольному искривлению ствола скважины.

Ряд выделенных и проанализированных закономерностей позволил построить таблицу примерных показателей механической скорости на протяжении всего сводного разреза Оренбургской области. В данном случае механическая скорость зависит как от литологии, так и от иных зависимостей, учтены возможные технические и технологические зависимости.

Первым шагом было построение таблицы с данными о механической скорости с использованием 10 скважин. Скважины были сопоставлены по литологии с помощью реперных пластов, а также по глубине. С помощью вычисления было найдено среднее арифметическое значение скорости бурения на каждой конкретной глубине бурения. Далее после анализа полученные значения были сопоставлены с другими закономерностями и влияниями на механическую скорость.

Для решения поставленной задачи была использована программа с ИНС. Компьютерная программа математического моделирования MATLAB с пакетом расширений Neural Network Toolbox содержащий средства для проектирования, моделирования, разработки и визуализации нейронных сетей – одна из немногих программ для общего пользования, содержащая ИНС.

Практически все программы, в особенности, направленные на решения геологических задач являются коммерческими и стоят больших денег, как следствие это сильно затрудняет исследования. В свою очередь для уверенного пользования MATLAB требуется ряд умений, в том числе связанных с программированием, отсюда для освоения программы необходимо затратить много времени. Ещё одной сложностью является факт необходимости большого количества информации для правильного обучения нейронной сети.

Все это не позволило получить на 100% достоверные данные, однако имеющихся в наличие средств оказалось достаточно для ознакомления с работой ИНС и получения данных, чьи значения в некоторых интервалах были сравнительно близкими к истинным.

Были использованы данные механической скорости с тех же 10 скважин. Входными данными была глубина забоя, выводными данными стала механическая скорость на этой глубине. На основе этого была построена и обучена сеть, состоящая из 100 нейронных сетей.

Характерной особенностью полученных данных является то, что примерно первые 200 метров, а также несколько метров в течение всего разреза, данных о механической скорости являются невозможными – значения во много раз превышают 100 м/ч или становятся отрицательными. Второй особенностью является наличие значений, которые на различной протяженности практически одинаковые. Однако преимущественно большая часть адекватных значений схожа с вычисленной ранее средней механической скоростью.

Стоит отметить ещё одну особенность использования ИНС: несмотря на то, что все данные механической скорости использованные для обучения сети были даны в интервале 5 метров, нейронная сеть давала адекватные значения для каждого метра.

**Заключение.** Механическая скорость бурения является одним из важнейших параметров бурения. Прогнозирование такого параметра позволяет узнать время необходимое на весь процесс бурения в целом, благодаря чему становится возможно рациональнее и экономнее использовать выделенные средства. Прогнозированию механической скорости проходки была посвящена эта работа.

Целевым объектом исследования было ОНГКМ, расположенное в Оренбургской области, данные со скважин которого, были использованы в процессе исследования.

Первым шагом в исследовании стал поиск закономерностей: были подтверждены ранее известные – зависимость от литологии и зависимость от режима бурения: скорость в породах со слабой крепостью, таких как глина или в кавернозных известняках составляла 30-60 м/ч, скорость же в крепких и плотных породах, как плотный известняк или песчаник составляла 8-20 м/ч. В свою очередь во время кривления скважины был выбран специальный режим бурения, скорость в котором составляла в среднем 5 м/ч и не зависела от литологии.

Были найдены закономерности изменения механической скорости, связанные с переслаиванием пород: скорость в таких участках падала в независимости от других факторов, предположительно из-за особенности бурения; закономерности, связанные с коллекторскими свойствами пород, возникли в следствии того, что механическая скорость значительно вырастает в кавернозных и пористых породах.

Далее, благодаря использованию данных с 10 скважин, была выявлена средняя механическая скорость, привязанная к конкретной глубине и литологии. Была построена таблица, связывающая среднюю механическую скорость и другие закономерности.

В работе использованы современные методы прогнозирования, такие как программы с ИНС. Несмотря на большие трудности правильного использования сети, удалось получить сравнительно адекватные данные:

данные о механической скорости на конкретной глубине. Несмотря на ошибки, значительная часть данных сопоставима с полученными ранее значениями, посчитанными вручную. Помимо этого, особенность в использовании ИНС позволяет получать правильные данные, которые не были использованы при обучении сети. Полученный опыт стал основой, для продолжения работы и развития навыков в этом направлении.