

Қорытынды жасай отырып, жаңа интерактивті әдістерді әр сабақта шеберлікпен қолдана білу пәнді оқытудың сапасын арттыратынына сенімім мол.

Білім беру үрдісін ақпараттандыру – жаңа инновациялық әдістер мен оқыту технологияларын қолдану. Педагогикалық қызметтің басты мақсаты — жаңа педагогикалық технологияларды ұтымды пайдалану. Білім беру үрдісін ақпараттандыру – жаңа инновациялық әдістер мен оқыту технологияларын қолдану арқылы, дамыта оқыту, дара тұлғаны бағыттап оқыту мақсаттарын жүзеге асыра отырып, оқу- тәрбие үрдісінің барлық деңгейлерінің тиімділігі мен сапасын жоғарлатуды көздейді. Бүгінгі күннің талабына сай білім саласында жаңа технологиялар қолданудың маңызы зор.

Заман талабына сай білім беру оқушылардың адамгершілік, интеллектуалдық дамуының жоғары деңгейі мен білімін қамтамасыз етуге бағытталған оқытудың үздіксіз үрдісі десек, оның тиімділігі мен сапасын арттыру мұғалімнен оқу процесінің ғылыми теорияға негізделген және оқушының қабілеті мен бейіміне негізделген оқытудың таңдамалы әдістеріне көшуді талап етеді. Ондағы негізгі мақсат оқушыға сапалы білім беру болып табылады. Бүгінгі таңда жас ұрпаққа кез келген пәнді ұғындырудың тиімді жолы – жаңа технология негіздері болып табылады. Физика пәнін оқытуда жаңа технологияларды пайдалану мұғалім үшін қандай маңызды болса, оқушы үшін одан да маңызды. Жаңа технологиялар оқушылардың білім сапасын арттыруға, өздігінен жұмыс істеу мүмкіндігін молайтуға көп көмегін тигізеді. Осы тұрғыда жаңа технологияларды қазақ тілі мен әдебиеті сабақтарында кеңінен пайдаланамыз. Соңғы жылдары оқытудың жаңа технологиялары білім беру саласында кеңінен қолданылып келеді. Олардың ішінде отандық әдіскер ғалымдар жасақтаған «Модульдік оқыту технологиясы», «Деңгейлеп оқыту технологиясы». Мұндай әдіс – тәсілдер мен оқытудың жаңа технологиялары туралы арнайы еңбектер мен ғылыми – әдістемелік тұрғыдан баяндайтын құралдар, түрлі курстар мен білім сатысы оқулары арқылы мұғалімдердің әдіскерлік шеберліктерін ұштауларына мүмкіндіктер мол. Сондықтан түпкі нәтижені таңдаудың, оны мақсатқа сай ұйымдастыра білудің маңызы зор. Оқыту әдістерінің кез келген түрін белсенді әрекетке айналдыру – мұғалімнің әдіскерлік шеберлігі мен шығармашылық ізденісіне байланысты болмақ. Оқыту әрекетінде жеке, топтық, ұжымдық жұмыстарды оқу мазмұны мен мақсатқа сәйкес, үйлесімді түрде жүргізудің қажеттілігі осыдан туындайды.

#### **Пайдаланылған әдебиеттер:**

- 1 Алимбекова Г.Б. «Физика мұғалімінің кәсіби даярлығын ғылыми ұғымдар жүйесін қалыптастыру негізінде жетілдіру». Автореферат. Алматы, 2009ж.
- 2 Жалпы білім беретін физика курсының ұғымдық жүйесін құруға графтар теориясын қолданудың әдістемелік негіздері. Қазақстан жоғарғы мектебі. Алматы, 2009ж. №2.
- 3 Абдуллина О.А. Общепедагогическая подготовка учителя в системе высшего педагогического образования. 1990.
- 4 Сабыров Т. С. «Оқушы жастардың танымдық әрекетін арттырудағы оқытудың әдістері мен формаларының дидактикалық жүйесін тиімді қолдануға мұғалімді даярлаудың теориялық негізі».

УДК 622.24. 053: 531.36

**Музапаров М.Ж.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Д.т.н., профессор, Университет имени Сулеймана Демиреля,  
Алматы, Казахстан

e-mail: [marat.muzaparov@sdu.edu.kz](mailto:marat.muzaparov@sdu.edu.kz)

**О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ «СЕРВИС-ДЕТЕРМИНАНТА-SDDD»**

**Abstract.** This research examines the main principles of forming model SDDD in various forms of drill string.

**Keywords:** The process of curvature wells, Drill string dynamics, directional drilling system.

## **1 Основные принципы формирования модели**

Процесс искривления скважины определяется комплексом факторов, суммарное воздействие которых может быть оценено только с позиций системного подхода. Кратко остановимся на основных принципах системного подхода, чтобы далее не возвращаться к общим вопросам. Процесс искривления или система направленного бурения включает очень много элементов (факторов, параметров), но не все они одинаково важны для функционирования системы. Возникает вопрос, какие факторы учитывать в моделях системы. Системный подход требует учёта в первую очередь наиболее важных параметров (факторов), совершенно необходимых для достижения системы.

Е.А. Козловский, В.М. Питерский и М.А. Комаров [1] обращают внимание исследователей на самые главные требования, предъявляемые к факторам при построении математической модели процесса на основе детерминированного подхода. Это требования управляемости (измеряемости с заданной точностью), однозначности (фактор должен непосредственно воздействовать на объект, а не быть функцией других параметров), совместимости (осуществимость и безопасность) и независимости (ни один из факторов не может быть представлен комбинацией других).

Исходя из этих требований, в рассматриваемых моделях учитываются, в основном, технологические и технические факторы - осевая нагрузка, длина колонкового набора, диаметры скважины и компоновки, частота вращения снаряда, жёсткость колонны и связанная с ней длина полуволны. Есть ещё один фактор, который трудно однозначно отнести к той или иной группе классификации - геологической, технологической или технической. Это керн, точнее, его количество, которое зависит и от физико-механических свойств породы - твёрдости, объёмного веса, трещиноватости, и от способа бурения или разрушения, и от продолжительности и длины рейса (цикла при бурении комплексом ССК).

Вместе с тем, в моделях не находит своего отражения главный геологический фактор, определяющий направление (знак) искривления, - это анизотропность горных пород. Прежде всего, не столько потому, что многие попытки формализовать связи между интенсивностью искривления и анизотропией привели к априорным выводам в виде приближённых зависимостей, а только потому, что анизотропность как элемент математической модели не отвечает и даже противоречит основным принципам системного подхода - управляемости, измеряемости с заданной точностью, однозначности и независимости.

В ускорении и удешевлении проводки глубоких и в особенности, вертикально или наклонно направленных скважин существенное значение имеют сведения о длине полуволны бурильной колонны, так как один из основных технологических факторов - осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент - создаётся сжатой частью бурильной колонны.

Исследованию динамики бурильной колонны уделялось большое внимание. За последние годы результаты ученых по расчёту компоновки нижней части колонны в странах СНГ и за рубежом стали совпадать, что объективно свидетельствует о

правильности тех или иных расчётов. Научно обоснованное представление о параметрах низа бурильной колонны значительно облегчает решение задач, связанных с искривлением скважины.

До настоящего времени отсутствуют практические расчёты компоновок, в частности, длины полуволн для бурильных труб нового российского стандарта, а также импортных типа BQ, NQ, HQ и PQ (США), получающих всё большее распространение на предприятиях минеральносырьевого комплекса страны. Весьма актуальны эти вопросы для колонн нефтяного стандарта. Таким образом, формирование математической модели зенитного искривления скважин осуществляется в дальнейшем с учётом изложенного выше. Прежде всего, охват моделью только наиболее важных факторов, сильно влияющих на искривление, математическая детерминированность которых подтверждена опытом направленного бурения.

## **2 Форма изогнутой бурильной колонны**

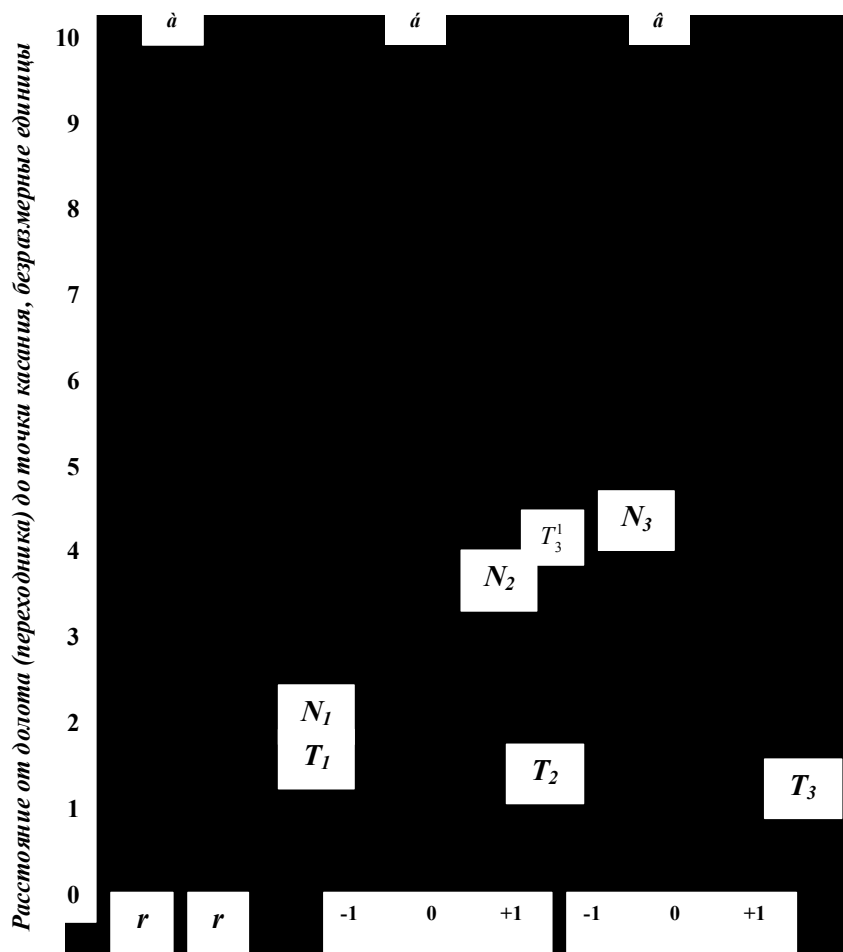
Если скважина прямолинейна и осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент отсутствует, бурильная колонна также прямолинейна [2]. При достаточно малой нагрузке на долото колонна остаётся прямолинейной. Осевая нагрузка по мере увеличения достигает критического значения, при котором бурильная колонна изгибается и соприкасается со стенкой скважины - это явление называется продольным изгибом первого порядка. При дальнейшем увеличении осевой нагрузки она приобретает новое критическое значение, при котором бурильная колонна изгибается вторично - это изгиб второго порядка. При ещё больших нагрузках происходит изгиб третьего и высших порядков.

Форма изогнутой бурильной колонны при критическом значении осевой нагрузки показана на рисунке 1. Каждая кривая на рисунке представляет ось бурильной колонны. Точка О соответствует нижнему концу бурильной колонны. По мере увеличения осевой нагрузки от критического значения первого порядка до второго порядка форма оси бурильной колонны постепенно изменяется от кривой  $\alpha$  к кривой  $\delta$ . Последняя (нейтральная точка  $N_2$ , точка касания  $T_1$ ) соответствует критическим условиям второго порядка.

Когда нагрузка на долото или переходник становится больше критической второго порядка, колонна изгибается вторично и её деформация быстро возрастает при небольшом приращении нагрузки на долото или переходник. Кривая В показывает форму бурильной колонны в тот момент, когда вторая полуволна соприкасается со стенкой скважины в точке  $T_3$ .

Вес в глинистом растворе части бурильной колонны, расположенной ниже нейтрального сечения, равен нагрузке на долото или переходник. Нейтральное сечение отличается от сечения колонны, в котором нет ни сжатия, ни растяжения; положение такого сечения меняется под влиянием гидростатического давления и давления, создаваемого насосами.

По мере увеличения осевой нагрузки от критического значения первого порядка до второго порядка форма оси бурильной колонны постепенно изменяется от кривой  $\alpha$  к кривой  $\delta$ . Последняя (нейтральная точка  $N_2$ , точка касания  $T_1$ ) соответствует критическим условиям второго порядка. Сравнение кривых  $\alpha$  и  $\delta$  показывает, что часть колонны, расположенная близ долота или переходника, изгибается всё больше, в то же



время как часть колонны, расположенная выше точки касания, постепенно выпрямляется.

Каждой нагрузке на долото или переходник соответствует определённое расстояние между долотом или переходником и нейтральным сечением. Критическая величина этого расстояния зависит от типа бурильных или утяжелённых труб и удельного веса промывочной жидкости (глинистого раствора, воды). Очень удобно измерять расстояния не в метрах, а в безразмерных единицах; это даёт результаты, не зависящие от типа бурильных труб, утяжелённого низа и удельного веса промывочной жидкости.

В рисунке 1, а - критические условия первого порядка; б - критические условия второго порядка; в - непосредственно перед моментом касания полуволны второго порядка со стенкой скважины; г- кажущийся радиус скважины, т.е. максимально возможный прогиб; О - точка, соответствующая нижнему концу бурильной колонны

Рисунок 1.

Форма изогнутой бурильной колонны при критическом значении осевой нагрузки:

Г. Вудсом и А. Лубински [2] было установлено, что продольный изгиб первого и второго порядков происходит тогда, когда расстояние от нейтрального сечения до долота или переходника составляет соответственно 1,94 и 3,75 безразмерных единиц.

Длина одной безразмерной единицы (б.е.) веса в метрах определяется следующим выражением:

$$m = 10^{-2} \sqrt[3]{\frac{E \cdot I}{10^{-2} \cdot P_T}} \text{ м,} \quad (1)$$

где E- модуль Юнга для стали в даН /см<sup>2</sup> ;

I - момент инерции поперечного сечения бурильной трубы в см<sup>4</sup> ;

P<sub>T</sub> - вес 1 м бурильной трубы в промывочной жидкости в даН/ м.

Например, по формуле (1) определим значения m для бурильной трубы снаряда со съёмным керноприёмником ССК-59:

$$m = 10^{-2} \sqrt[3]{\frac{2,2 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot (5,5^4 - 4,5^4)}{10^{-2} \cdot 6 \cdot 64}} = 9,55 \text{ м.}$$

Вес отрезка бурильной трубы ССК-59 в 1 безразмерную единицу равен

m<sub>T</sub>=9,55·6=57,2 даН, следовательно, критическая нагрузка первого порядка для колонны ССК-59 равна 1,94·57,2=110 даН, критическая нагрузка второго порядка 3,75·57,2=214 даН.

## 2 Определение длины нижней полуволны

Длина нижней полуволны L<sub>T</sub> зависит от осевой нагрузки, зенитного угла скважины θ и определяется соотношением

$$\frac{\theta \cdot m}{r} \text{ ,} \quad (2)$$

где θ - зенитный угол скважины; m - уже известная величина; r – кажущийся радиус ствола скважины в метрах.

Под кажущимся радиусом ствола подразумевается стрела прогиба колонны в скважине определенного диаметра. Величина кажущегося радиуса скважины r определяется из выражения

$$r = \frac{D_c - d_T}{2} \text{ , м,} \quad (3)$$

где D<sub>c</sub> и d<sub>T</sub> – соответственно диаметры скважины и бурильной колонны.

## 3 Сервис-детерминант забойной компоновки SDDD (Service-Determinant of Directional Drilling)

В исследуемых моделях учитываются, в основном, технологические и технические факторы – осевая нагрузка, длина КНБК, диаметры скважины и компоновки, частота вращения снаряда, жёсткость колонны и связанная с ней длина полуволны.

В ускорении и удешевлении проводки глубоких и, в особенности, горизонтальных скважин существенное значение имеют сведения о длине полуволны бурильной колонны, так как один из основных технологических факторов – осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент – создаётся сжатой частью бурильной колонны.

Управление траекторией бурения с помощью детерминированных КНБК основано на целенаправленном регулировании угла перекоса долота и отклоняющей силы путем установки в нижней части бурильной колонны опорно-центрирующих элементов. Формирование математической модели зенитного искривления скважин осуществляется в дальнейшем с учетом изложенного выше. Прежде всего, - охват моделью только наиболее важных факторов, сильно влияющих на искривление, математическая детерминированность которых подтверждена опытом наклонно-направленного бурения.

Для определения сервис-детерминанта  $SDDD$  следует перейти к динамической модели, полагая, что колонна при этом может вращаться как жесткое тело вокруг оси скважины или как гибкий вал – вокруг своей собственной оси. Следовательно, необходимо учитывать силы инерции, прибегая к методу кинетостатики [3].

Расчетная или выбранная длина забойной компоновки, обеспечивающая равновесие половины, одной, двух или трёх полуволн бурильной колонны и соответственно стабилизацию угла, - это и есть *половинный* сервис-детерминант  $SDDD-0,5$ , *первый* сервис-детерминант  $SDDD-1$ , *второй* сервис-детерминант  $SDDD-2$  и *третий* сервис-детерминант  $SDDD-3$ .

### **Заключение**

Установлено, что зенитное искривление скважин не происходит только в тех случаях, когда компоновка уравновешена половиной  $0,5L_T$ , одной  $1L_T$ , двумя  $2L_T$  или тремя  $3L_T$  полуволнами нижней свечи бурильной колонны, т.е. длина компоновки  $L_{КНБК}$  адекватна соответственно половинному сервис-детерминанту  $SDDD-0,5$ , первому  $SDDD-1$ , второму  $SDDD-2$  или третьему  $SDDD-3$ .

### **Список использованной литературы:**

- 1 Козловский Е.А., Питерский В.М., Комаров М.А. Кибернетика в бурении. - М.: Недра, 1982, 298с.
- 2 Вудс Г., Лубински А. Искривление скважин при бурении. Пер.с англ.-М., Гостоптехиздат, 1960, 161 с.
- 3 Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. т.2. – М.: Наука, 1972. С.624.