

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН**  
**НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ**  
**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

---

*На правах рукописи*

*УДК 622.24*

**Ислямов Тимур Наркулович**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ БУРЕНИИ**  
**ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН**  
**В УСЛОВИЯХ ПВ**

Специальность 5А310705 – «Горные машины и оборудования»

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание академической степени магистра

Научный руководитель:  
канд. техн. наук, доц. Тошов Ж.Б.

**Навоий – 2013**

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

Горный факультет  
Кафедра «ЭЭЭ»  
2011-2013 учебный год

Магистрант: Исламов Т.Н.  
Научный руководитель: к.т.н, доц.ТошовЖ.Б.  
Специальность: 5А310705 – «Горные машины  
и оборудования»

**АННОТАЦИЯ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

**Актуальность работы.** Буровые шарошечные долота используется при разведочном и эксплуатационном бурении скважин на нефть, газ, воду, твердые полезные ископаемые, в строительной индустрии.

Общий объём шарошечного бурения достигает нескольких десятков миллионов метров. При таком объеме бурения проблема создания нового и совершенствования существующего породоразрушающего инструмента приобретает актуальное значение.

Только инновационная деятельность предприятий неоспорима в условиях повышения конкуренции между машиностроительными предприятиями вследствие мирового экономического кризиса и позволит предприятиям машиностроительного комплекса повысить свой конкурентный статус, как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Разработка потребительских свойств инновационного продукта (долот) и выбрать наиболее эффективную модель является один из основных задачей долото производителей.

В области породоразрушающего бурового инструмента (бурового долота) на протяжении столетия практически всегда конкурировали три основных направления: долото режуще-истирающего типа, трехшарошечные буровые долото и одношарошечные буровые долото.

При достижении конечной цели - налаживание серийного выпуска высокоэффективных буровых долот в республике Узбекистан - нам

необходимо по возможности максимально использовать все новейшие достижения в области долотостроения как в технологическом, так и в научном аспектах. Центральными вопросами здесь должны быть связаны с максимальным использованием собственных материалов, технологий, промышленных мощностей, накопленного опыта и интеллектуального потенциала.

Поэтому при возрастающих объемах шарошечного бурения скважин на открытых горных работах разработка высокоэффективных новых типов породоразрушающих элементов шарошечных долот является весьма актуальной научной задачей.

**Цели и задачи исследования** - повышение эффективности бурения скважин путем создания новых модификаций породоразрушающих элементов шарошечных долот.

**Задачами исследования являются:**

- определены физико-механические и технологические свойства горных пород полезных ископаемых месторождений Запада Республики Узбекистан;
- разработана методика оценки сопротивляемости и стойкости породоразрушающего инструмента;
- разработана методика лабораторных экспериментальных исследований параметров и конструкции рабочего органа породоразрушающего инструмента.
- получены параметрические уравнения кинематики одношарошечного долота с учетом внедрения его рабочих органов в забой скважины, на основе которых разработан кинетический паспорт, позволяющий определить величину удельной и объемной работы разрушения пород, а также скорости и пути контакта взаимодействия зубца с породой;

**Объект и предмет исследований.** Объектом исследования является бурение скважин. Предмет исследования – породоразрушающие инструменты, позволяющие бурить скважины в

широком диапазоне по крепости, абразивности и перемежаемости горных пород.

**Научная новизна.**

- рекомендован способ определения критерии оценки сопротивляемости пород и стойкости рабочего органа породоразрушающего инструмента, максимально соответствующего реальным условиям бурения;
- определена закономерность изменения затрат энергии на разрушение от места расположения рабочего органа долота в плоскости забоя скважины;
- разработаны теоретические основы создания одношарошечного долота, научная новизна которого заключается в снижении энергетических затрат при бурении геотехнологических скважин.

**Структура магистерской диссертации.** Магистерская работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Содержание работы изложено на 85, включая 7 таблиц, 8 иллюстраций, список использованных источников из 54 наименований работ местных и зарубежных авторов, научно-технических журналов и сайтов интернета.

Работа проводилась в соответствии с тематическим планом государственной научно-технической программы Комитета по координации науки и технологий при Кабинете Министров Республики Узбекистан на тему: ЁА-5-002 – «Обоснование и разработка новой конструкции одношарошечных долот для бурения скважин».

**Основные результаты выполненной работы, выводы и рекомендации.** В выполненной научно-исследовательской работе дано решение актуальной научной и практической задачи по повышению эффективности бурения скважин путем создания новых модификаций породоразрушающих элементов шарошечных долот.

**Научный руководитель**

**к.т.н, доц. Тошов Ж.Б.**

**Магистрант**

**Ислямов Т.Н.**

**MINISTRY OF THE HIGHER AND SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION  
OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

**NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

Mountain faculty

“EEE” chair

2011-2013 academic year

Undergraduate: Islyamov T.N.

Research supervisor: C.T.S, dots Toshov J.B.

Specialty: 5A 310705 – "Mining machines and equipment "

**SUMMARY OF THE MASTER THESIS**

**Relevance of the work.** Roller cone drill bits used in exploration and production drilling wells for oil, gas, water, solid minerals, in the construction industry. Total volume of roller cone drill up to several tens of millions of meters. With this volume of drilling the problem of creating new and improving existing rock cutting tool becomes urgent. Only the innovation activities of enterprises is undeniable increase in competition among engineering companies as a result of the global economic crisis and allow enterprises to improve their mechanical engineering competitive status, both in the domestic and overseas market.

The development of consumer properties of product innovation (bits), and choose the most efficient model is one of the main task of the bit manufacturers. In the field of rock cutting drilling tools (drill bit) for over a century almost always competed three main areas: the chisel cutting-abrasive type, tricone drill bit and drill bit odnoharoshechnye. Upon reaching the ultimate goal - the establishment of mass production of high drilling bits in the Republic of Uzbekistan - we should be possible to use all the latest in dolotostroeniya both technologically and in the scientific aspects. The central questions here should be linked with the maximum use of their own materials, technology, industry capacity, experience and intellectual capacity.

Therefore, when increasing amounts of roller cone drill blast holes in open cast mining development of new types of high-performance cutters cone bits is very urgent scientific challenge. The goals and objectives of the study - increasing

the efficiency of drilling through the creation of new modifications cutters cone bits. The objectives of the study are:- Defined by physical, mechanical and technological properties of the rock gold deposits in the West of the Republic of Uzbekistan;- Developed a method of estimating the resistance and durability of the rock cutting tool;- Methodology of laboratory experimental research and design parameters of the working body of the rock cutting tool.- Obtained by the parametric equations of kinematics odnosharoshechnogo bit with the introduction of its working bodies in the bottom of the well, which is designed on the basis of kinetic data sheet, which allows to determine the value of the specific volume and the fracture of rocks, as well as the speed and path of contact interaction of wave and rock; The object and purpose of research.

The object of the study is to drill wells. The subject of the study - porodorazruschayushie tools allowing to drill in a wide range in strength, abrasion and intermittency of rocks. Scientific novelty.- Recommended method for determining the criteria for assessing the resilience of species and resistance of the working body of the drilling tools, the most appropriate real drilling conditions;- Defined pattern of change of energy consumption for the destruction of the location of the working body of the bit in the plane of the bottom of the well;- Theoretical basis for the creation odnosharoshechnogo bit, scientific novelty of which is to reduce energy costs in drilling geotechnical boreholes. Structure of the thesis.

Master's thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion and bibliography. The content of the work is set out on 85, including 7 tables, 8 figures, list of references of the 54 titles of works by local and foreign authors, scientific and technical journals and sites on the Internet.

The work was conducted in accordance with the thematic plan of the State Scientific and Technical Program Committee for the Coordination of Science and Technology under the Cabinet of Ministers on the subject: EA-5-002 - "Feasibility study and development of new design odnosharoshechnykh drill bits for

drilling."The main results of the work performed, the conclusions and recommendations. At any research paper, a decision of an actual scientific and practical tasks to improve the efficiency of drilling wells through the creation of new modifications cutters cone bits.

**Research supervisor**

**Cand.Tech.Sci, Dots. Toshov J.B.**

**Undergraduate**

**Islyamov T.N.**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
I. АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН.....	113
1.1. Анализ литературных данных об исследованиях техники и технологии бурения скважин на открытых горных работах.....	113
1.2. Анализ выполненных исследований, посвященных механизму разрушения горных пород при бурении скважин на открытых горных работах.....	17
1.3. Анализ выполненных исследований, посвященных кинематике породоразрушающих инструментов .....	19
1.4. Анализ работоспособности буровых долот различного типа для бурения скважин.....	26
Основные выводы по главе I.....	30
II. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИИ.....	31
2.1. Географо-экономический очерк района.....	32
2.2. Геологическое строение месторождения.....	33
2.3. Тектоническое строение месторождения .....	35
2.4. Гидрогеологическое строение месторождения .....	35
2.5. Горнотехнические и технологические условия разработки месторождения.....	40
III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ И РАССТАНОВКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ В ДОЛОТЕ.....	43
3.1. Определение физико-механических и технологических свойств горных пород золоторудных месторождений Республики Узбекистан.....	43
3.2. Методика лабораторных исследований .....	47
3.3. Анализ результатов экспериментальных исследований параметров разрушения горных пород. ....	51

Выводы по главе III:.....	58
IV. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ.....	
ОДНОШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ .....	59
4.1. Алгоритм вычисления кинетических характеристик одношарошечных долот .....	59
V. РАЗРАБОТКА ОСНОВ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ ШАРОШЕЧНЫХ БУРОВЫХ ДОЛОТ .....	70
5.1. Разработка проекта одношарошечного бурового долота диаметром 190,5 мм.....	70
5.2. Экономическая эффективность разработанного одношарошечного бурового долота в промышленных условиях .....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	883

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Буровые шарошечные долота используются при разведочном и эксплуатационном бурении скважин на нефть, газ, воду, твердые полезные ископаемые, в строительной индустрии.

Общий объем шарошечного бурения достигает нескольких десятков миллионов метров. При таком объеме бурения проблема создания нового и совершенствования существующего породоразрушающего инструмента приобретает актуальное значение.

Только инновационная деятельность предприятий неоспорима в условиях повышения конкуренции между машиностроительными предприятиями вследствие мирового экономического кризиса и позволит предприятиям машиностроительного комплекса повысить свой конкурентный статус, как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Разработка потребительских свойств инновационного продукта (долот) и выбрать наиболее эффективную модель является один из основных задач производителей.

В области породоразрушающего бурового инструмента (бурового долота) на протяжении столетия практически всегда конкурировали три основных направления: долото режуще-истирающего типа, трехшарошечные буровые долота и одношарошечные буровые долота.

При достижении конечной цели - налаживание серийного выпуска высокоэффективных буровых долот в республике Узбекистан - нам необходимо по возможности максимально использовать все новейшие достижения в области долотостроения как в технологическом, так и в научном аспектах. Центральными вопросами здесь должны быть связаны с максимальным использованием собственных материалов, технологий, промышленных мощностей, накопленного опыта и интеллектуального потенциала.

Поэтому при возрастающих объемах шарошечного бурения скважин на открытых горных работах разработка высокоэффективных новых типов породоразрушающих элементов шарошечных долот является весьма актуальной научной задачей.

**Цели и задачи исследования** - повышение эффективности бурения скважин путем создания новых модификаций породоразрушающих элементов шарошечных долот.

**Задачами исследования являются:**

- определены физико-механические и технологические свойства горных пород полезных ископаемых месторождений Запада Республики Узбекистан;
- разработана методика оценки сопротивляемости и стойкости породоразрушающего инструмента;
- разработана методика лабораторных экспериментальных исследований параметров и конструкции рабочего органа породоразрушающего инструмента.
- получены параметрические уравнения кинематики одношарошечного долота с учетом внедрения его рабочих органов в забой скважины, на основе которых разработан кинетический паспорт, позволяющий определить величину удельной и объемной работы разрушения пород, а также скорости и пути контакта взаимодействия зубца с породой;

**Объект и предмет исследований.** Объектом исследования является бурение скважин. Предмет исследования – породоразрушающие инструменты, позволяющее бурить скважины в широком диапазоне по крепости, абразивности и перемежаемости горных пород.

**Научная новизна.**

- рекомендован способ определения критерии оценки сопротивляемости пород и стойкости рабочего органа породоразрушающего инструмента, максимально соответствующего реальным условиям бурения;
- определена закономерность изменения затрат энергии на разрушение

от места расположения рабочего органа долота в плоскости забоя скважины;

- разработаны теоретические основы создания одношарошечного долота, научная новизна которого заключается в снижении энергетических затрат при бурении геотехнологических скважин.

**Структура магистерской диссертации.** Магистерская работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Содержание работы изложено на 85, включая 7 таблиц, 8 иллюстраций, список использованных источников из 54 наименований работ местных и зарубежных авторов, научно-технических журналов и сайтов интернета.

Работа проводилась в соответствии с тематическим планом государственной научно-технической программы Комитета по координации науки и технологий при Кабинете Министров Республики Узбекистан на тему: ЁА-5-002 – «Обоснование и разработка новой конструкции одношарошечных долот для бурения скважин».

Автор выражает искреннюю благодарность и глубокую признательность научному руководителю – кандидату технических наук, доц. Тошову Ж.Б., начальнику горного бюро Центральной научно-исследовательской лаборатории Государственного предприятия Навоийский горно-металлургический комбинат, доктору технических наук, проф. Норову Ю.Д., старшему преподавателю кафедры «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» Нахангову Х.Н. за принципиальные замечания и ценные рекомендации при подготовке данной диссертационной работы.

# **I. АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

## **1.1. Анализ литературных данных об исследованиях техники и технологии бурения скважин на открытых горных работах**

В настоящее время на открытых горных работах наибольшее распространение получил шарошечный способ бурения. Исследованиями [17, 18] установлено, что шарошечным способом выполняются до 80 % всех объемов бурения скважин.

Исследованиями [17,18,32,33] установлено, что из разработанных породоразрушающих инструментов для бурения взрывных и геотехнологических скважин в горнорудной промышленности наиболее эффективными являются шарошечные долота, диаметром 160÷320 мм.

Основными производителями долот для бурения скважин в горнорудной промышленности являются долотные заводы ОАО «Уралбурмаш», ОАО «Волгабурмаш» (Россия), ОАО «Дрогобычский долотный завод» (Украина), АО «Востокмашзавод» (Казахстан). Небольшие партии долот определенного типоразмера выпускаются ВНИИБТ, Поваровским механическим заводом, АО «Белгородский завод горного машиностроения» (Россия). Расширяет объемы производства долот ЗАО «Сталь–Трест». Каждый из производителей специализируется на определенной номенклатуре выпускаемых изделий.

Шарошечные долота для бурения скважин изготавливают с одной, двумя или тремя шарошками. Наибольшее распространение получили трехшарошечные долота, изготавливаемые из трех сваренных между собой секций (лап), на цапфах которых смонтированы шарошки, свободно вращающиеся на опорах, снабженные подшипниками качения и скольжения. Рабочие поверхности шарошек оснащены зубьями различной формы и размеров. Верхняя часть долота для соединения со штангами имеет

стандартную замковую коническую резьбу.

Шарошки и лапы долота изготавливают из легированных сталей марок 12ХН2, 20ХН 3А и др., которые подвергаются химико-термической обработке. Долота имеют каналы для подачи сжатого воздуха или воздушно-водяной смеси, которым забой скважины очищается от шлама.

В зависимости от назначения наружные рабочие поверхности шарошек имеют зубья различной формы и размеров, основные сведения которых приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Исполнение шарошек для различных типов пород по буримости**

<b>Тип</b>	<b>Область применения</b>	<b>Исполнение</b>
М	Бурение мягких пород	С фрезерованными зубьями
МЗ	Бурение мягких абразивных пород	Со вставными твердосплавными зубками
МС	Бурение мягких пород с пропластками пород средней твердости	С фрезерованными зубьями
МСЗ	Бурение мягких абразивных пород с пропластками пород средней твердости	Со вставными твердосплавными зубками
С	Бурение пород средней твердости	С фрезерованными зубьями
СЗ	Бурение абразивных пород средней твердости	Со вставными твердосплавными зубками
СТ	Бурение пород средней твердости с пропластками твердых пород	С фрезерованными зубьями
Т	Бурение твердых пород	С фрезерованными зубьями
ТЗ	Бурение абразивных твердых пород	Со вставными твердосплавными зубками
ТКЗ	Бурение абразивных твердых пород с пропластками крепких пород	Со вставными твердосплавными зубками
К	Бурение крепких пород	Со вставными твердосплавными зубками
ОК	Бурение очень крепких пород	Со вставными твердосплавными зубками

По расположению и конструкции промывочных или продувочных

каналов долота изготавливают:

- с центральной промывкой – Ц;
- с боковой гидромониторной промывкой – Г;
- с комбинированной центральной и боковой промывкой – ЦГ;
- с боковой продувкой – ПГ.

Вооружение шарошек долот М, С, Т представлено фрезерованными в теле шарошек зубьями, долот МЗ и ТЗ – твердосплавными зубками (штырями) с клиновидной формой рабочей поверхности, долот ТК, К, ОК – твердосплавными зубками с полусферической рабочей головкой. Боковая поверхность долот М, С и Т, для повышения долговечности, наплавляется зерновым твердым сплавом «релит». Тыльные части шарошек, козырьки и спинки лап также армированы твердосплавными зубками с плоскими торцами.

Основные отличительные особенности вооружения шарошек долот третьего поколения от выпускаемых ранее – твердосплавные зубки большего диаметра с большим шагом и вылетом, запрессованные на меньшую глубину.

Рациональное сочетание типов долот, параметров режима бурения, состава продувочного агента и применение дополнительных устройств к долотам в значительной степени влияют на повышение технико-экономических показателей бурения.

Примеры условного обозначения шарошечных долот: Ш-215,9 ОК-ПВ, Ш – трехшарошечное долото; 215,9 – диаметр долота, мм; К – для бурения очень крепких пород; П – с центральной продувкой; В – опора шарошек выполнена на подшипниках качения.

Ш244,5ТКЗ-ПГВ, Ш – трехшарошечное долото; 244,5 – диаметр долота, мм; ТКЗ – для бурения твердых абразивных пород с пропластками крепких; ПГ – с боковой продувкой; В – опора шарошек выполнена на подшипниках качения.

Рекомендуемые параметры режимов бурения

геотехнологических скважин шарошечными долотами третьего поколения приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Рекомендуемые параметры режима бурения шарошечными долотами третьего поколения**

Диаметр долота, мм	Наружный диаметр бурильных труб, мм	Осевое усилие на долото, Н		Частота вращения, с		Расход продувочного агента	
		М, С, Т, ТК	МЗ, ТЗ, К, ОК	М, С, Т, ТК	МЗ, ТЗ, К, ОК	сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /с	технической воды,* м <sup>3</sup> /с
<b>Долота на подшипниках качения*</b>							
146	89÷114	60÷80	80÷100	2,5÷2	2÷1	0,16÷0,2	-
161	127	100÷130	130÷150	2,5÷2	2÷1	0,25	-
215,9	180	140÷180	160÷200	2,5÷1,3	2÷0,83	0,42	<0,02*
244,5	203	180÷220	180÷250	2,5÷1,3	2÷0,83	0,42÷0,5 3	<0,03
269,9	219	200÷270	250÷300	2,5÷1,3	2÷0,83	0,6÷0,7	<0,05
320	273	<350	<500	2,5÷1,3	2÷0,83	0,83÷1,0	<0,06
<b>Долота на подшипниках скольжения</b>							
76	63,5	<30	<40	<2,5	<2	0,15	<0,01
98,4	73	<40	<60	<2,5	<2	0,15	< 0,02*
112	89	<50	<80	2,51,7	2,5÷1,0	0,15	< 0,02*
146	89÷114	<80	< 120	2,5÷1,0	2,5÷1,0	0,15	<0,03
161	127	120÷140	130÷150	2÷1,0	1,7÷1,0	0,25	<0,03
215,2	180	160÷200	180÷220	2÷1,0	1,7÷0,8	0,42	<0,05
244,5	203	200÷250	220÷270	2÷1,0	1,7÷0,83	0,42÷0,5 3	<0,05
269,9	219	220÷270	250÷320	2÷1,0	1,7÷0,83	0,6÷0,7	<0,06
320	<273	<400	500	2÷1,0	1,7÷0,83	0,8÷1,0	<0,07

\* Продувка воздушно-водяной смесью.

Примечание. 1. Верхние пределы осевых усилий на долото соответствуют нижним пределам частот вращения долот. 2. В высшей степени в крепких абразивных или сильнотрещиноватых породах, частоту вращения рекомендуется уменьшать до 1с. 3. По мере изнашивания вооружения шарошек долот М, С, Т, ТК, необходимо постепенно увеличивать осевое усилие на долото до верхнего предела.

## **1.2. Анализ выполненных исследований, посвященных механизму разрушения горных пород при бурении скважин на открытых горных работах**

Сопrotивляемость горных пород и механизм ее разрушения при бурении устанавливались при изучении напряженного и деформированного состояния горных пород под действием бурового инструмента с использованием методов теории упругости, поскольку большинство горных пород – хрупкие тела и имеют ограниченные пластические свойства, основные результаты которых приведены в работах [1, 9, 22, 52].

Одни исследователи [28, 38] при изучении напряженного состояния горных пород под воздействием породоразрушающего бурового инструмента применяют задачу Буссинеска и определяют распределение напряжений и деформаций в породе, а также величину усилия, необходимой для ее разрушения. Другие авторы работ [6, 9, 15, 22, 23, 26, 51, 52] выявляют напряженное состояние горных пород при бурении, находя взаимосвязь между действиями бурового инструмента и индикаторов-пуансонов на границу полуплоскости или полупространства.

Автором работы [47] было получено наиболее успешное решение задачи по выяснению механизма разрушения горных пород при бурении. Им сформулированы основные теоретические предпосылки механизма разрушения горных пород при бурении. На основе результатов исследования автор работы [47] использовал напряженное состояние горных пород под действием индикаторов различной формы на полупространство и пришел к выводу, что предельное напряженное состояние возникает в точке действия максимального касательного напряжения. Эта точка находится от поверхности тела на расстоянии  $Z_{кр}$ , зависящем от формы площади соприкасающихся поверхностей, а также от механических констант. Величина  $Z_{кр}$  определяется, для рассмотренных форм инденторов,

выражением:

$$Z_{кр}=(2,5 - 1)a. \quad (1.1)$$

где  $a$  – ширина индентора, мм

Следовательно, глубина возникновения предельных касательных напряжений пропорциональна ширине площади контакта.

Процесс разрушения пород, происходящий под воздействием штампа в реальных условиях, т.е. в условиях забоя скважины, частично изучен автором работы [22]. Сущность его исследований заключается в том, что под пуансоном формируется конический объем, диаметр основания которого равен ширине пуансонов. Этот объем называется главным объемом давления. Формирование главных объемов он считает первой деформацией - началом цикла разрушения, а отделение объемов скалывания – второй - завершение цикла. В начале, индентор вдавливался в гладкую поверхность материала, и после завершения первого цикла, последующий наблюдался на вновь образованных неровных поверхностях. Последний цикл отличался от предыдущего ростом сопротивления деформаций. Следовательно, в данном случае для отделения главного объема давления требуется большая по величине сила, чем в условиях, когда инструмент действует на свободной поверхности. Если разрушение происходит в естественных условиях, когда развитию деформаций препятствуют окружающие неразрушенные массы, или же в пределах зоны деформаций действуют другие внешние нагрузки, то количественная сторона объема скалываемой породы и внешнего необходимого усилия описанных явлений изменится.

Исследованиями также установлено, что эффективность разрушения и сила, необходимая для бурения скважин в горных породах, зависят от формы, размера породоразрушающего инструмента, режима бурения, свойств породы, а также степени ограничения пространства с боков породоразрушающего инструмента.

При вращательном способе бурения эти вопросы недостаточно

исследованы. Если учесть, что при вращательном способе бурения резец совершает сложное движение, являющееся результирующим, т.е. поступательное в направлении продольной оси инструмента и вращательное вокруг оси, то представить разрушение горных пород в условиях забоя при таком движении затруднительно. Поэтому разрушение горных пород при взаимодействии инструмента с породой как винтовое движение резца на плоскости, перпендикулярной лезвию бурового инструмента исследовалось авторами работ [1, 2, 8, 22, 51]. Тогда все происходящие процессы будут аналогичны процессу резания горных пород.

Вопросы взаимозависимости износостойкости бурового инструмента и абразивных свойств горных пород в последнее время изучались многими исследователями, в частности в работах [9, 51]. В результате, вращательный способ бурения стал шире применяться в практике. Кроме того, авторами работ [4, 25, 26] созданы новые режуще-шарошечные инструменты, используемые при бурении пород средней и выше средней крепости.

Наибольший интерес с точки зрения изучения механизма разрушения горных пород при действии плоского штампа на границе полуплоскости представляет работа [26]. Здесь выявлено напряжение в полуплоскости при вдавливании штампа с равномерно распределенными нормальными и касательными нагрузками. Механизм разрушения горных пород при бурении, согласно работе, можно правильно оценить по теории прочности Барзинского – Янга – Баландина, учитывающей влияние среднего по величине главного нормального напряжения и разностойкость материала растяжению и сжатию.

### **1.3. Анализ выполненных исследований, посвященных кинематике породоразрушающих инструментов**

Известно, что породоразрушающий инструмент в процессе бурения является основным промежуточным звеном и эффект разрушения пород при

бурении во многом зависит от его конструктивных параметров. Поэтому, основные траектории движения рабочих выступов изучены недостаточно глубоко, уравнения этих траекторий в самой общей форме не получены.

Уравнения движения точки найдены в работах авторов [5, 6, 38] с использованием классических положений теоретической механики, в виде:

$$\begin{aligned} x &= \rho \left( a_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} \cos \omega_\omega t + b_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} \sin \omega_\omega t + C_1 \cos \frac{\beta_0}{2} \right) \\ y &= \rho \left( a_2 \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} \cos \omega_\omega t + b_2 \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} \sin \omega_\omega t + C_2 \cos \frac{\beta_0}{2} \right) \\ z &= \rho \left( a_3 \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} \cos \omega_\omega t + b_3 \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} \sin \omega_\omega t + C_3 \cos \frac{\beta_0}{2} \right) \end{aligned} \quad (1.2)$$

где  $\rho$  – расстояние от движущейся точки до неподвижной;

$$a_1 = \cos \varphi \cos \Psi - \sin \varphi \sin \Psi \cos \alpha_o;$$

$$a_2 = \cos \varphi \cos \Psi - \sin \varphi \sin \Psi \cos \alpha_o;$$

$$a_3 = \sin \varphi \sin \alpha_o;$$

$$b_1 = \sin \varphi \cos \Psi - \cos \varphi \sin \Psi \cos \alpha_o;$$

$$b_2 = \sin \varphi \sin \Psi + \cos \varphi \cos \Psi \cos \alpha_o;$$

$$b_3 = \cos \varphi \sin \alpha_o;$$

$$C_1 = \sin \Psi \sin \alpha_o;$$

$$C_2 = -\cos \Psi \sin \alpha_o;$$

$$C_3 = \cos \alpha_o;$$

$$\left. \begin{aligned} \Psi &= \omega_g t \\ \varphi &= \omega_\omega t \\ \theta &= \alpha_o \end{aligned} \right\} \text{ – углы Эйлера.}$$

Автор работы [41] отмечает, что уравнение траектории движения точки можно получить из выражения (1.2), придав постоянное значение  $\rho$  и исключив время  $t$ . Полученные, таким образом, два уравнения будут выражать, очевидно, некоторую кривую. Однако, исключая время, мы

исключим одно из уравнений и, следовательно, можем исследовать кривую в одной из координатных плоскостей. Движение же этой точки происходит в пространстве, и, для выяснения механизма воздействия зубьев шарошек на забой скважины нужна именно эта траектория. Исключив время, нельзя вычислить основные кинематические параметры (скорость, ускорение) в точках кривой, приходящихся на контакт с породой и определить пути контакта при заданных условиях.

Еще более сложную форму уравнений автор работы [41] получил с учетом перемещений шарошки, обуславливаемых зубчатой поверхностью:

$$\left. \begin{aligned} x &= \rho \left[ a_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_o}{2} \left( \cos z \omega_\omega t - \cos \frac{\Pi}{2} \right) + b_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_o}{2} \left( \sin z \omega_\omega t - \sin \frac{\Pi}{2} \right) + C_1 \cos \frac{\beta_o}{2} \right] \\ y &= \rho \left[ a_2 \operatorname{tg} \frac{\beta_o}{2} \left( \cos z \omega_\omega t - \cos \frac{\Pi}{2} \right) + b_2 \operatorname{tg} \frac{\beta_o}{2} \left( \sin z \omega_\omega t - \sin \frac{\Pi}{2} \right) + C_2 \cos \frac{\beta_o}{2} \right] \\ z &= \rho \left[ a_3 \operatorname{tg} \frac{\beta_o}{2} \left( \cos z \omega_\omega t - \cos \frac{\Pi}{2} \right) + b_3 \operatorname{tg} \frac{\beta_o}{2} \left( \sin z \omega_\omega t - \sin \frac{\Pi}{2} \right) + C_3 \cos \frac{\beta_o}{2} \right] \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

Наряду со сложностью, уравнения (1.2) и (1.3) имеют частный характер.

Режим вращения шарошек зависит от геометрических параметров долота, в частности от радиуса венца шарошки; ввести этот параметр в уравнение можно зависимостью:

$$\tau = \rho \cos \beta_o, \quad (1.4)$$

где  $\tau$  – радиус венца.

Но поскольку известны долота с шарошками в форме несовершенного конуса, многоконусные, сферические нужно найти аналитическую зависимость между радиусом венца шарошки и радиусом окружности, по которой он перекачивается сложно, поэтому радиус венца шарошки как геометрический параметр той или иной конструкции долота должен входить в уравнения движения точек этого венца автономно.

Известный в механике способ получения уравнений движения точки, принципиально отличается от изложенного, который использован авторами

работы [19]. Исследуя движение точки на произвольно выбранном венце, который показан на рис.1.2, они вывели следующие уравнения:

$$\left. \begin{aligned} x &= r_p \cos \varphi + r_w \sin \alpha \sin \varphi + r_w \cos \alpha \cos \varphi \cos \beta, \\ y &= r_p \sin \varphi - r_w \sin \alpha \cos \varphi + r_w \cos \alpha \sin \varphi \cos \beta, \\ z &= r_w \sin \beta (1 - \cos \alpha), \end{aligned} \right\} \quad (1.5)$$

где  $r_p$  – радиус окружности, по которой перекачивается венец;

$r_w$  – радиус венца;

$\varphi$  и  $\alpha$  – переменные параметры долота и шарошки;

$\beta$  – угол наклона плоскости венца к плоскости поперечного сечения скважины.

Исследуя уравнения (1.5), авторы нашли частный случай траектории движения точки венца, плоскость которого перпендикулярна к плоскости поперечного сечения скважины, т.е. при  $\beta = 90^\circ$ :

$$\left. \begin{aligned} x &= r_p \cos \varphi + r_w \sin \varphi \\ y &= r_p \sin \varphi - r_w \sin \alpha \cos \varphi, \\ z &= r_w (1 - \cos \alpha) \end{aligned} \right\} \quad (1.6)$$

### СХЕМА К ВЫВОДУ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ ВЕНЦА ШАРОШКИ

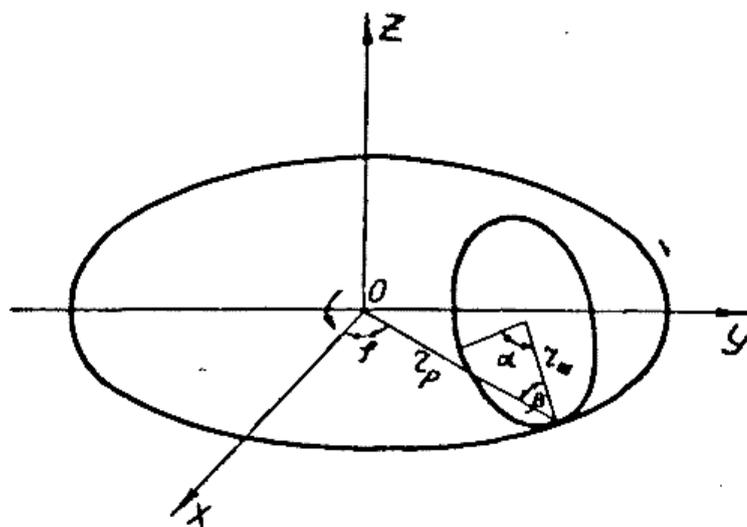


Рис. 1.2.

долота, которые могут влиять на условия качения венца шарошки, и переменные параметры долота  $\varphi$  и шарошки  $\alpha$ . Поэтому, без условия, связывающего эти переменные параметры, невозможно проследить траектории движения зубьев шарошки по венцам и, следовательно, представить механизм воздействия рабочих выступов шарошки на забой скважины.

В заключении отметим важное обстоятельство для рассмотренных выше уравнений. При конструировании долот всех типов в настоящее время с целью задания режуще-скалывающего эффекта оси шарошек смещают в плане. Естественно, эффект резания зубьями таких шарошек – следствие их измененной кинематики.

В конструкциях указанных долот появляются новые геометрические параметры – смещение оси шарошки  $K$  или угол разворота  $\beta$ , следовательно, они должны входить в уравнения движения зубца шарошки в самом общем случае, однако уравнений такого типа пока нет.

Не выявлено также, как изменяется уравнение движения точки на венце, угол наклона которого к плоскости поперечного сечения скважины более  $90^\circ$ . Такая ориентация венца имеется в конструкциях шарошечных бурильных головок. Поэтому невозможно было рассмотреть кинематику зубьев расширителей шарошечного типа и вооружения долот режуще-истирающего типа. Изучение последнего особенно важно, так как, долота такого типа работают в режиме с нефиксированными осями вращения. Изучить этот вопрос без точных параметрических уравнений траекторий движения вооружения долот невозможно.

При исследовании механизма воздействия рабочих выступов шарошек на забой скважины необходимо дать количественную оценку степени проскальзывания венцов шарошки и изучить причины, вызывающие скольжение зубьев по забою для управления этим явлением.

Общепринятый способ увеличения скольжения зубьев шарошек на

забое – смещение их осей вращения в плане. Известны и другие факторы, влияющие на режим вращения шарошки и соотношение величин скольжения ее венцов, среди них наиболее важны геометрические параметры.

Для характеристики работы шарошек долота, как и всяких твердых тел, находящихся в сложном движении, требуется, прежде всего, знание положений их мгновенных осей вращения. Впервые положение мгновенной оси вращения шарошки определял автор работы [11], используя принцип затраты наименьшей мощности. Им рассмотрены шарошки в форме конуса и цилиндра с несмещенными осями вращения в плане, перекатывающиеся на недеформированном забое. Установлено, что вторая точка мгновенной оси вращения шарошки независимо от формы и ориентации на цапфе находится на середине образующей, т.е.

$$x = \frac{l}{2}, \quad (1.9)$$

где  $l$ - длина образующей шарошки.

Влияние, оказываемое на положение мгновенных осей вращения шарошек силами трения их о лапу долота и силами трения в подшипнике, учитывается соответствующими членами в формуле:

$$x = \frac{l}{2} - \frac{\pi D^2 k P}{12 f} - \frac{f_p l_1^2 \sin \varphi_1}{4 f D}, \quad (1.10)$$

где  $D$  – диаметр торца шарошки;

$k$ – коэффициент трения между лапой и торцом шарошки;

$P$  – давление, приходящееся на единицу опорной поверхности между лапой и торцом шарошки;

$f$ – сила трения, приходящаяся на единицу длины образующей шарошки;

$f_p$  – сила трения, приходящаяся на единицу длины ролика подшипника;

$l_1$ - длина образующего ролика;

$\varphi_1$ - угол, проходящий через ось долота в середину ролика.

Используя метод равенства моментов от сил трения относительно

нескользящей точки, В.Г.Сократов нашел координату второй точки мгновенной оси вращения также на середине образующей.

Автор работы [26] при определении положения мгновенной оси вращения использовал условие равномерного вращения шарошки вокруг оси долота:

$$F_1 \left( \frac{d}{2} + b \right) \sin \alpha - F_2 \frac{b}{2} \sin \alpha = 0, \quad (1.11)$$

где  $F_1 = f \cdot q \cdot a$ ,  $F_2 = f \cdot q \cdot a$  – равнодействующие силы на соответствующих участках.

Автор работы [26] также предложил уравнение, связывающее периферийную часть  $a$  и центральную  $b$  образующей:

$$a^2 - 2al + \frac{b^2}{2} = 0 \quad (1.12)$$

откуда,

$$a = 0,29l, \quad b = 0,71l. \quad (1.13)$$

Сдвиг второй точки в сторону периферии, по мнению автора, произошел в результате учета реакции упора в подшипнике.

Позже, автор работы [5], применяя более точно метод моментов для несовершенного конуса, вывел следующие зависимости:

$$R_n = \frac{(r_p - r_1)(R_2 - R_1)}{r_2 - r_1} \quad (1.14)$$

$$r_n = \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2}{2}},$$

где  $R_n$  - радиус нейтральной окружности на забое;

$r_n$  - радиус нейтрального венца шарошки;

$r_1, r_2$  - радиусы меньшего и большего оснований конуса;

$R_1, R_2$  - радиусы соответствующих окружностей забоя.

Если шарошка имеет форму совершенного конуса, т.е.  $z_1=0$ ,  $R_1=0$ , то

$$r_n = \frac{r_2}{\sqrt{2}},$$

$$R_n = \frac{r_n R_2}{r_2} = \frac{R_2}{\sqrt{2}} \approx 0,71 \cdot R. \quad (1.15)$$

Это тождественно результату автора работы [29].

Для цилиндрических шарошек

$$r_n = \sqrt{\frac{r_1^2 - r_2^2}{2}} = r$$

$$R_n = \frac{r_n - R_2}{r_2} = \frac{R_1 + R_2}{2}. \quad (1.16)$$

Данный результат соответствует частному случаю автора работы [11],

т.е. 
$$x = \frac{\ell}{2}.$$

Передаточное отношение шарошек можно также определить экспериментально, согласно работе [20]. Установлено, что такой путь сведения двухпараметрических уравнений к однопараметрическим трудоемок, а исследования механизма с использованием параметрических уравнений неэффективны из-за потери оперативности и возможности варьирования геометрическими параметрами буровых долот для определения их более рационального сочетания.

#### **1.4. Анализ работоспособности буровых долот различного типа для бурения скважин**

Если исходить из цели достижения положительных результатов, то необходимо учитывать следующее обстоятельство, что в области породоразрушающего бурового инструмента (бурового долота) на протяжении столетия практически всегда конкурировали три основных направления:

- а. разработка, совершенствование и использование долот режуще-истирающего типа;

- b. разработка, совершенствование и рациональное использование трехшарошечных буровых долот;
- c. разработка, совершенствование и эффективное использование одношарошечных буровых долот.

**По пункту а.** Изначально, при бурении скважин, долота режуще-истирающего типа занимали монопольное положение и, следовательно, были вне конкуренции. Следовательно, более тяжелых условий разрушения горных пород на забое скважин появились одно-, двух- и трехшарошечные долота, которые составили вполне серьезную конкуренцию долотам режуще-истирающего типа. Тем не менее, этот тип долот периодически составляет определенную конкуренцию долотам шарошечного типа.

**По пункту b.** С момента появления трехшарошечных долот (первое десятилетие XX века) они так или иначе, в определенных условиях и при определенном способе бурения были и остаются вне конкуренции. И сейчас из общего объема бурения скважин порядка 80 – 90 % приходится на трехшарошечные долота.

Прорывными этапами совершенствования трехшарошечных долот были:

- выполнение шарошек в форме несовершенного конуса;
- разработка этих долот с самоочищающимися шарошками;
- использование для вооружения шарошек твердосплавные элементы (наплавка стальных зубьев шарошек твердым сплавом, использование вольфрамокобальтовых (ВК) вставных зубков);
- герметизация опор шарошек;
- использование определенных (высокотехнологичных) опор скольжения при использовании твердосплавного материала и драгоценных металлов.

Трехшарошечные буровые долота классифицированы по всей гамме горных пород от типа М (мягкие) до К и ОК (крепкие и очень крепкие),

почему и имеют доминирующее положение в процессе бурения скважин самого разного назначения.

Естественно, при этом встает вопрос не только о преимуществе, но и о недостатках трехшарошечных буровых долот. Недостатки трехшарошечных буровых долот заключаются в следующем:

- трехшарошечные буровые долота эффективны при соблюдении высокотехнологичных процессов на всех этапах их изготовления;
- сравнительно высокая стоимость;
- как правило, шарошки разнонагружены, что приводит к опережающему выходу одной из шарошек и долота в целом;
- ограниченность прочностных характеристик опор шарошек;
- не рациональная (не равнозначимая в количественном выражении) динамика вооружения смежных венцов шарошек и всех шарошек в целом;
- динамика смежных шарошек конструктивно у трехшарошечных долот такова, что она способствует процессу сальникообразования (шламовая подушка, засаливание шарошек, сальникообразование в наддолотном пространстве);
- не эффективный процесс разрушения горной породы (вдавливание) вооружением трехшарошечных долот;
- динамическая неустойчивость трехшарошечных долот на поверхности забоя скважины, в результате чего поперечные сечения скважины получаются не круглые (чаще всего в форме четырехгранного многоугольника с выпуклыми сторонами).

**По пункту с.** Одношарошечные буровые долота, т.е. их изобретение и налаживание серийного выпуска, связаны с исследователем Зублиным (США). Долота его конструкции широко использовались во всем мире, в том числе и в бывшем Советском Союзе в 30-40 годы XX-го столетия.

Практически все недостатки трехшарошечных долот перечисленные «по пункту *b*» не имеют места или легко устранимы в конструкциях одношарошечных долот.

При наличии последних есть возможность найти свою конкурентно-способную нишу в ряду конструкций долот шарошечного типа. Эти возможности с научно-обоснованной точки зрения легко просматриваются и просчитываются для долот в одношарошечном исполнении для диаметров 190,5 мм. и более в типах МЗ, МСЗ, С и СЗ.

В аспекте сравнительной оценки работоспособности одношарошечных буровых долот просматривается и тенденция их прямой зависимости от диаметра долота.

## Основные выводы по главе I

1. В мировой практике при бурении скважин универсальность и широкое применение шарошечного способа бурения объясняется тем, что этот способ бурения охватывает в себе процессы разрушения вращательного, вращательно-ударного и ударно-вращательного способов бурения. Несмотря на то, что выпускаются сотни типов шарошечных долот, совершенствование их конструкции, разработка их научных основ продолжается. Созданные долота, несмотря на их высокие показатели по скорости бурения, считаются энергоемкими.

2. Теоретические основы создания высокоэффективных долот получены путем исследования напряженно-деформированного состояния пород при вдавливании пуансонов, имитирующих рабочие органы долота, что не позволяет получить количественные данные рациональных параметров и расстановки их в теле долота.

3. Теоретические исследования, выполненные на основе закономерностей кинематики движения рабочих органов долота, получены при качении венцов в условиях гладкой деформированной поверхности забоя без учета внедрения зубков в породу, что не позволяет получить кинетический паспорт долота, также не соответствуют реальным условиям и процессу бурения скважин.

4. Проведен анализ работоспособности буровых долот различного типа для бурения скважин, которые на протяжении столетия практически всегда конкурировали:

- долото режуще- истирающего типа;
- трехшарошечные буровые долота;
- одношарошечные буровые долота.

## II. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИИ

Урановое месторождение Сабырсай открыто в 1960 г. Ингечкинской партией Краснохолмской экспедиции. Основанием для постановки поисковых работ явились находки в 1958 и 1959 гг. Самаркандской геологоразведочной экспедицией в 15-17 км к востоку повышенных радиоактивностей в отложениях сеномана и промышленных концентраций урана в отложениях турона. Месторождение Сабырсай было разведано ГРП-54 Краснохолмской экспедиции в период 1961-1964 гг. и передано промышленности в 1965 г.

Строительство и эксплуатация рудников на шахтных полях 1 и 2, расположенных на западном фланге месторождения, потребовали значительных капиталовложений, в особенности на водопонижение и осушение. Продвижение фронта работ к востоку, в направлении увеличения глубин залегания оруденения и напоров подземных вод, привело бы к еще большему удорожанию и осложнению освоения месторождения. Поэтому, учитывая такие благоприятные условия, как сильная обводненность, удовлетворительная проницаемость рудовмещающих пород, наличие наиболее надежных водоупоров, преобладание окисленных форм урановой минерализации, в 1967 году предприятие начало проведение опытных работ по подземному выщелачиванию. Первая попытка применения на месторождении способа ПВ для отработки рудных тел была предпринята на залежи 12 шахтного поля 4. Опытные работы показали, что уран в недрах сравнительно легко выщелачивается серноокислыми растворами. Однако эти работы были остановлены ввиду отсутствия надежной конструкции технологических скважин. В марте 1973 года было начато опытное выщелачивание на юго-западном фланге шахтного поля №1 на залежи 20. На этом участке была испытана и отработана надежная конструкция глубоких технологических скважин. Лабораторные работы, проведенные ЦНИЛом

предприятия показали высокую эффективность выщелачивания руд месторождения Сабырсай сернокислыми растворами – коэффициент извлечения урана из руд составил около 90%. Положительные результаты опытных полевых и лабораторных работ по ПВ и чрезвычайная сложность и трудоемкость освоения месторождения горным способом обусловили пересмотр способа отработки месторождения в пользу подземного выщелачивания.

## **2.1. Географо-экономический очерк района**

Месторождение Сабырсай расположено в центральной части Улус-Джамской степи, ограниченной на севере – долиной р.Зарафшан, на востоке – Каратепинскими горами, на юге – Каршинской степью, на западе – Зирабулакскими горами. Административно площадь месторождения расположена на территории Советабадского района Самаркандской области. Орографически площадь месторождения представляет слабо всхолмленную предгорную равнину, имеющую незначительный наклон на юг-юго-запад. Абсолютные отметки поверхности 435-550 м. С северо-востока на юго-запад поверхность месторождения пересекает долина р.Сабырсай, которая пересыхает в своем верхнем течении в июле-сентябре месяцах. Сейсмичность района – 7 баллов.

Климат района месторождения; резко континентальный, характерный для полупустынных районов Средней Азии. Абсолютный минимум температуры составляет  $-27^{\circ}\text{C}$  (1969 г), абсолютный максимум  $+42,5^{\circ}\text{C}$ . Максимальное число дней в году со снежным покровом – более 60, глубина промерзания почвы достигает 0,8 м. Общее количество осадков изменяется в пределах 230-520 мм, среднегодовое значение относительной влажности 52-55%. По режиму ветров район месторождения относится к III климатическому району. Возможная скорость ветра: 1 раз в год – 25 м/сек, 1 раз в 20 лет – 35 м/сек. Преобладающее направление ветра: восточное и

северо-восточное. В летнее время часты пыльные бури.

Район месторождения характеризуется хорошими экономическими условиями, определяющимися близостью к Среднеазиатской железной дороге, с которой он соединен веткой Нурабад-Норбулок (22 км), а также к промышленным центрам – Навои (150 км), Каттакурган (60 км) и Самарканд (65 км), с которыми он соединен асфальтированными дорогами.

## **2.2. Геологическое строение месторождения**

Месторождение приурочено к неглубокому Улус-Джамскому прогибу, расположенному между Каратепинской и Зирабулак-Зиатдинской горст-антиклинальными структурами. Прогиб выполнен слоистыми отложениями мезозой-кайнозойского возраста.

Складчатый фундамент представлен сложнодислоцированными песчано-сланцевыми отложениями средне- и верхнепалеозойского возраста, прорванными интрузиями преимущественно кислого состава, обнажается в Зирабулакском массиве и вскрывается скважинами под чехлом в пределах прогиба. Каратепинский массив сложен в основном гранитной интрузией герцинского возраста.

В пределах Улус-Джамского прогиба наиболее древними осадочными породами являются угленосные песчано-глинистые отложения альба. В его составе преобладают темные глины и алевролиты с линзочками угля и маломощными прослоями глинистого известняка, песчаника и гравелита, общей мощностью до 10 м. Они трансгрессивно с угловым несогласием залегают на дислоцированных породах фундамента, выполняя понижения на его поверхности, и распространены эпизодически. Верхнемеловые отложения развиты значительно шире и перекрывают образования альба и палеозоя. Сеноманский ярус сложен пролювиальными первично красноцветными грубообломочными породами: конгломератами, гравелитами, песчаниками с песчано-глинистым или известковистым

цементом, мощностью до 9-12 м. Нижний турон подразделяется на три горизонта: нижний – учкудукский – представлен конгломератами и гравелитами на карбонатном цементе мощностью 4 - 9 м; средний – джейрантуйский – тонкодисперсными серыми глинами, реже алевролитами, мощность до 40 м; верхний – кендыктюбинский – доломитами, глинами, алевролитами и карбонатными песчаниками, мощность до 30-35 м.

Верхнетуронские отложения подразделяются на сабырсайский и улусский горизонты: первый сложен грубо- и мелкообломочными пролювиальными и аллювиальными образованиями, мощность до 20 м, второй – преимущественно глинами и глинистыми песчаниками с прослоями ракушняков, мощность 25-40 м. Тепаликский горизонт (коньяк-сантон) на месторождении представлен пестроцветными алевролитами и глинами мощностью 22-40 м. Кампанский ярус состоит из морских хорошо сортированных зеленовато-желтых песков и слабоглинистых песчаников с прослоями глинистых алевритов мощностью 20-40 м. Маастрихтский ярус завершает разрез верхнего мела и представляет собой ракушняки, известковистые песчаники и пески, мощность 3-10 м .

Меловые отложения перекрываются комплексом пород палеогеновой системы, представленным палеоценовыми песчанистыми известняками (10-12 м), мергелями и глинами эоцена (50-70 м) и пестроцветной пачкой алевролитов олигоцена (10-20 м). неогеновые отложения с размывом перекрывают меловые и палеогеновые. Это преимущественно красноцветные алевролиты с прослоями конгломератов и песчаников, мощность от 100 до 300 м в опущенных блоках.

Весь вышеописанный комплекс пород мела, палеогена, а местами даже и палеозоя, с резким угловым несогласием перекрывается толщей образований неогена, представленной континентальными отложениями с преобладанием в разрезе гравелитов и мусорных алевролитов. Четвертичные лессовидные суглинки сплошным чехлом перекрывают породы всех

перечисленных выше горизонтов. Мощность их незначительна до 10-15 м.

### **2.3. Тектоническое строение месторождения**

Район месторождения приурочен к Улус-Джамскому прогибу субмеридионального (ССЗ) простирания между Каратепинской и Зирабулак-Зиатдинской горст-антиклиналями. Этот прогиб представляет собой в поперечном сечении широкую (до 20 км) и относительно неглубокую (до 400 м) депрессию с пологими (до 6-8°) склонами и относительно ровным днищем шириной около 7-8 км. По отношению к прилегающим с севера и юга крупным прогибам первого порядка район рудного поля месторождения выступает как валообразное поднятие широтного простирания (Улусский вал). Внутренняя часть его разбита серией разломов на отдельные блоки, вытянутые параллельно друг другу в субширотном направлении. Осевой частью валообразного поднятия является зажатый между Ходжалинским и Бакалысайским разломами блок, в пределах которого, а также в прилегающих северном и южном, сосредоточены основные рудные залежи месторождения. Амплитуда вертикального смещения пород по разломам изменяется от десятков до первых сотен метров. По отдельным разломам (Бакалысайскому, Ходжалинскому и др.), кроме вертикального смещения, наблюдается горизонтальное перемещение блоков на 200-400 м.

### **2.4. Гидрогеологическое строение месторождения**

Гидрогеологическая позиция месторождения Сабырсай обусловлена приуроченностью его к Улусскому валу, который представляет собой естественный барьер между двумя крупными артезианскими бассейнами: Зеравшанским – на севере и Бухаро-Каршинским – на юге. Улусский вал, ундулируя, образует Улус-Джамский поперечный прогиб, определяющий основные гидрогеологические и радиогидрохимические особенности месторождения. В разрезе мезозой-кайнозойских отложений, заполняющих прогиб, выделяются четыре водоносных горизонта. Основным

рудовмещающим из них является сабырсайский, питание которого осуществляется путем фильтрации вод с Каратепинских гор через рыхлые неоген-четвертичные породы и, кроме того, вероятно, за счет трещинно-жильных вод глубокой циркуляции, переливающихся по разломам в области выходов сабырсайских отложений под неогеновый покров. Сабырсайский водоносный горизонт характеризуется хорошей водопроницаемостью. Коэффициент фильтрации колеблется от 1 до 11 м/сут, составляя в основном 4-6 м/сут. По составу воды сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриевые. Минерализация их возрастает по ходу движения (в северо-западном направлении) от 1,03-1,08 до 1,6 г/л, местами до 2,49 г/л. Вблизи области питания воды содержат до 2-5 мг/л кислорода, что обеспечивает высокий окислительно-восстановительный потенциал (от +250 до +50 мВ). На линии выклинивания зоны пластового окисления в описываемом горизонте кислород в водах исчезает, резко снижаются окислительно-восстановительный потенциал (до -250 мВ) и содержание урана – до начала 10-6 г/л. В зоне неокисленных пород подземные воды бескислородные.

Промышленные руды месторождения Сабырсай контролирует зона пластового окисления, развивающаяся в континентальных песчаниках верхнего турона (сабырсайский горизонт). Мелкие непромышленные залежи на площади рудного поля или в непосредственной близости от него известны в сеноманском и альбском горизонтах и также контролируются зонами пластового окисления. Все они развиваются со стороны гор Каратепе. Наименьшую протяженность по падению пород имеет альбская зона пластового окисления (5 км), несколько большую – сеноманская (10-15 км). Дальше всех она развивается в породах сабырсайского горизонта верхнего турона. В плане зона напоминает глубокий залив, средняя часть которого совпадает с осью Улусского вала. Линия выклинивания пластового окисления, максимально удаленная от гор Каратепе на 30 км, в северной части образует коленообразный изгиб, где протяженность

пластивоокисленных образований уменьшается до 10-12 км. Ширина её в восточной части составляет около 12 км, в западной уменьшается до 4-5 км. Общая протяженность зоны пластового окисления около 70 км, из них 50 –55 км составляют фланговые части, где она параллельна направлению развития пластового потока, и 15-20 км – фронтальная, крайняя западная часть которой при приближении к Зирабулакским горам разрушена зоной поверхностного окисления. Мощность зоны пластового окисления уменьшается с востока на запад от 30-40 м до полного выклинивания. Подчиняясь литологическим особенностям разреза рудовмещающего горизонта, а также структурному плану месторождения, зона имеет струйчатое строение, хорошо фиксируемое мощностями пластово-окисленных пород.

Урановое оруденение месторождения Сабырсай локализуется в нижней части разреза верхнего турона – в сабырсайском горизонте, в котором выделены два ритма осадконакопления. Оба они начинаются с грубообломочных пород (гравелитов и конгломератов) и заканчиваются мелкоземистыми (алевролитами и глинами). Грубая фракция состоит из угловатых и полуугловатых зерен кварца и обломков кремнистых сланцев. Цемент пород глинистый, преимущественно гидрослюдистый с примесью монтмориллонита и бейделлита. Верхняя часть разреза сабырсайского горизонта характеризуется слабой сцементированностью пород. Формирование осадков горизонта происходит в неглубокой реке, которая часто меняла свое русло, мигрируя в плане на 4-6 км. Русловая зона широкой меридиональной полосой протягивается через всю площадь месторождения. Как в западном, так и в восточном направлении она сменяется зоной пойменных отложений, которые местами сохранили красноцветную окраску. В пределах рудного поля породы сабырсайского горизонта носят четкие следы дорудного вторичного восстановления, что связано с внедрением углеводородов нефтяного ряда в меловые отложения. Вторично восстановленные

породы имеют голубую, сизую, серую до черной окраску и существенно обогащены вторичными органическими веществами (битумами), что характерно преимущественно для проницаемых разностей. Так, содержание CO<sub>2</sub> возрастает от грубообломочных пород (0,6%) к алевролитам (5,2%), а битуминозность – наоборот. Установлено, что за счет процессов вторичного восстановления содержание органического вещества увеличилось в 10 раз – с 0,08 до 0,80%. Это обстоятельство имело решающее значение в образовании уранового оруденения на следующем этапе эпигенетического преобразования пород.

В плане основные промышленные участки месторождения Сабырсай выглядят в виде двух разобщенных параллельно расположенных рудоносных полос: северной и южной. Морфология рудных залежей, составляющих эти рудоносные полосы, как в плане, так и в разрезе определяется изменениями в литологическом составе, в степени пористости и трещиноватости рудовмещающих пород, а также количеством восстановителей в них. По сложности морфологического строения рудные тела на месторождении делятся на три группы: 1) пластовые; 2) простые ролловые; 3) сложные ролловые (преимущественно двойные роллы). В плане простые ролловые залежи представляют собой своеобразные ленты, вытянутые вдоль линии выклинивания пластового окисления на 400-3000 м, шириной 100-350 м. Пластовые и сложные ролловые залежи протягиваются параллельно направлению струй пластового окисления на 1000-3000 м. Ширина их почти в два раза больше, чем у залежей простой ролловой формы, и обычно равна 450-700 м. Залежи простой и сложной ролловой форм состоят из крыльев и мешковой части. Ширина мешковой части простых роллов равна 50-75 м, сложных – примерно в два раза больше. Мешковые части характеризуются раздувами мощности залежей до 5-8 м. Ближе к линии сочленения крыльев с мешковой частью залежей закономерно возрастает концентрация урана. Глубина залегания рудных тел на западном фланге месторождения находится

в пределах 50-150 м, на восточном – 200-250 м. В центральной части Улус-Джамского прогиба она увеличивается до 350-400 м.

Вещественный состав руд месторождения разнообразный. Рудоносными являются практически все литологические разности сабырсайского горизонта, однако самым распространенным типом (более 70%) является глинисто-песчаный и песчано-гравелитовый. По внешнему виду руды отличаются от вмещающих серых пород более темным цветом, имеют слабое сложение, в воде легко размокают. По характеру распределения минерализации выделяются руды массивной и пятнисто-гнездовой текстуры. По химическому составу они силикатные с примесью карбонатов (0,97%), фосфора (0,07%) и серы (1,04%). Основными рудными компонентами на месторождении являются регенерированные оксиды урана. Распределение оксидов обусловлено текстурой вмещающей породы. Так, пески и гравелиты минерализованы равномерно; в алевролитах и глинах оксиды урана концентрируются в основном в гнездах песка. Очень часто интенсивная минерализация приурочена к контакту песчаных и глинистых пород. В небольших количествах и только в богатых рудах встречены округлые выделения настурана. Он цементирует терригенные и аутигенные минералы, образуя мелкие почки и зерна неправильной формы.

Руды характеризуются смещением радиоактивного равновесия в сторону урана. Средний коэффициент радиоактивного равновесия равен 80% при размахе колебаний от 40 до 134%.

В качестве попутных компонентов основное внимание заслуживает селен, в основном концентрирующийся в подзоне частичного окисления, вблизи основной урановой рудной зоны. Селеновые рудные тела невелики по размерам и имеют прихотливые очертания. Основная масса его находится в самородном виде, меньшая – в форме ферроселита. Характерна приуроченность мельчайших иголок самородного селена к скоплениям гидроокислов железа.

По данным опробования промышленных растворов, при эксплуатации месторождения способом ПВ в контуре урановых руд или их ближайшем окружении устанавливается присутствие скандия и рения.

## **2.5. Горнотехнические и технологические условия разработки месторождения**

Месторождение Сабырсай характеризуется преобладанием в разрезе устойчивых связных полускальных и скальных грунтов. Рыхлые породы, уплотненные пески, участвующие в строении водоносных горизонтов, являются неустойчивыми и слабоустойчивыми. Рудовмещающий сабырсайский горизонт ограничен выдержанным водоупором, отделяющим его от вышележащих безрудных водоносных горизонтов.

При разработке месторождения подземным выщелачиванием, основным источником информации и главным звеном в добычном комплексе является скважина. По условиям прохождения скважин, вышеуказанные породы являются, в основном, благоприятными. Средняя категория пород по буримости – 4,47. Бурение скважин успешно осуществляется по обычной для данного типа пород методике с применением в качестве промывочной жидкости глинистым раствором с добавками ПАВ-К-9 (0,5-1,0%). Потери промывочной жидкости возможны при проходке высокопористых гравелитов в подошве верхнего эоцена и в известняках палеоцена. Восстановление циркуляции промывочной жидкости достигается путем тампонажа поглощающего интервала бентонитовой глиной.

По своему назначению, составу и объему выполняемых функций буровые скважины, используемые при отработке месторождения методом ПВ, принято подразделять на технологические, наблюдательные, контрольные и разведочные.

Разведочные скважины, не подлежащие обсадке, после каротажа и опробования керна ликвидируются путем заливки ствола густым глинистым

раствором с плотностью 1,3-1,4 г/см<sup>3</sup>, что обеспечивает надежную изоляцию водоносных горизонтов, вскрытых скважинами.

Технологические скважины являются основным звеном добычного комплекса подземного выщелачивания. Они подразделяются на откачные (разгрузочные) и закачные (нагнетательные). Конструкция скважин однотипная - одноколонные. При сооружении скважин главная роль отводится обсадке и изоляции затрубного пространства эксплуатационной колонны выше фильтра с целью предупреждения перетока технологических растворов в другие пласты-коллекторы. Основным элементом скважины является фильтр. В технологических скважинах фильтры устанавливаются на рудные интервалы, в наблюдательных – на всю мощность горизонта. Так как урановое оруденение локализуется, в основном, в песчаных породах, то при сооружении скважин необходима гравийная обсыпка фильтров и интенсивная прокачка скважин после сооружения.

Строительство поверхностного комплекса ПВ и сооружение скважин на площади данного месторождения осложняется следующими неблагоприятными природными факторами:

- пересеченным рельефом с мелкими узкими саями;
- сложным блоковым строением с амплитудами смещения по разломам от первых десятков до первых сотен метров;
- повышенными глубинами залегания оруденения;
- многоярусностью оруденения в разрезе.

По основным геолого-гидрогеологическим параметрам месторождение находится в условиях, благоприятных для эксплуатации методом ПВ.

Отработка запасов урана на месторождении Сабырсай производится в сернокислотном режиме с концентрацией кислоты 10-15 г/л. На 6,7 шахтных полях значительная часть запасов сосредоточена в кендыктюбинском горизонте и приурочена к глинисто-карбонатным песчаникам, доломитам и доломитизированным песчаникам, которые характеризуются высокой

карбонатностью и низкой проницаемостью, чем существенно отличаются от руд сабырсайского горизонта. Подземное выщелачивание урана из доломитовой пачки кендыктюбинского горизонта предлагается осуществлять с использованием бикарбонатно-кислотной схемы.

Значительное влияние на работу технологических скважин оказывают явления кольтматации. На всех участках ПВ на различных этапах отработки проявляются следующие виды кольтматации: газовая, химическая и механическая. Основным методом борьбы с ними являются ремонтно-восстановительные работы.

### **III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ И РАССТАНОВКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ В ДОЛОТЕ**

#### **3.1. Определение физико-механических и технологических свойств горных пород золоторудных месторождений Республики Узбекистан**

При исследовании рациональной конструкции породоразрушающих инструментов и определении их параметров, основным характеризующим фактором является сопротивляемость горных пород. Под сопротивляемостью понимается комплексное влияние физико-механических свойств горных пород на эффективность процесса их разрушения.

Сопротивляемость горных пород характеризуется, механизмом разрушения породы при применении различных типов бурового инструмента сопровождающееся внедрением рабочего органа в породу, его винтового, поступательного движения, при интенсивном трении рабочего контакта инструмента о породу. Рабочий контакт инструмента, из-за стесненных условий работы в условиях забоя скважины и из-за скачкообразности процесса разрушения находится в сложнапряженном состоянии, сопровождающееся чередующимися сжимающими и растягивающими напряжениями, от величины которых зависит стойкость рабочих органов породоразрушающих инструментов. Кроме того на стойкость рабочего органа оказывает влияние абразивность горных пород. Ограничение области применения инструментов со значительными путями скольжения обусловлено с одной стороны прочностными свойствами горных пород, с другой их абразивным свойством. Известно, что абразивные породы независимо от прочности породы интенсивно изнашивают инструмент. Как показывает практика, 50% выходят из строя вследствие поломок их рабочих органов по передней и задней граням и 50 % за счет абразивного их износа.

Нами при выборе критерий оценки сопротивляемости горных пород и оценке стойкости рабочих органов породоразрушающих инструментов принять, показатель максимальных касательных напряжений, раскрывающих истинную картину механизма и процесса разрушения горных пород при сложно-напряженном состоянии; ее упругую деформацию, скачкообразность процесса образования уплотненного ядра всестороннего сжатия, процесс возникновения точки максимальных касательных напряжений, и достижения его максимальных значений, сдвиг и полное разрушение породы. Как известно глубина лунки зависит от параметров рабочего органа, усилия и его направления. А центральный угол лунки – называется углом скалывания породы и величина его зависит только от свойств пород не зависимо от усилия, размеров инструмента, и характера приложения нагрузки. Угол скалывания играет решающую роль при определении расстояния между зубками и венцами шарошечных долот. Величина его колеблется от  $100^{\circ}$  до  $140^{\circ}$  и зависит от физико-механических свойств пород.

В табл. 3.1 приведены результаты определения физико-механических свойств золоторудных месторождений западного Узбекистана, как Мурунтау, Кокпатас, Учкудук, Зармитан, Сармиш, Буран, Каракутан, Бешкудук, Маржанбулак.

Из данных табл. 3.1 видно коэффициент крепости по Протодяконову М.М. колеблется от  $f = 5 \div 6$  до  $f = 20 \div 25$ , основная масса пород по всем этим месторождениям составляют  $f=7 \div 15$ , буримость по ЕНВ также составляет от VI до X. Все породы трещиноватые, средней устойчивости и сильноперемещающиеся. По абразивности относятся к средней абразивности за исключением зон кварцевых включений. По контактной прочности большинства пород месторождений находится в пределах  $P_k = 1200 \div 2500 \text{ кг/см}^2$ , и по критической величине максимальных касательных напряжений, соответствующий моменту крупного скачка разрушения, в пределах,  $\tau_{max} = 1500 \div 4000 \text{ кг/см}^2$ .

Эти данные относятся ко всем месторождения, за исключением Зармитанского месторождения. Породы Зармитана исключительно высокой прочности, абразивности, монолитны и высокой устойчивости, и их сопротивляемость изменяются в пределах  $f=10\div 25$ ,  $P_{к.}=2500\div 5000 \text{ кг/см}^2$ ,  $\tau_{max}=3500\div 6500 \text{ кг/см}^2$ , V÷VI класс повышенной абразивности.

На основании выше изложенного, величина максимальных касательных напряжений имеет наибольшую величину по сравнению с другими показателями сопротивляемости пород. Поэтому при определении относительной стойкости рабочих органов долот, нами принята, как критерия сопротивляемости пород  $\tau_{max}$ . Для расчета приняты наиболее распространенные типы твердых сплавов  $BK - 8$  и  $BK - 15$  отличающиеся твердости и вязкости. По данным практики применяемые  $BK - 8$  и  $BK - 8в$  для долот со значительными, путями проскользвания, характеризуются повышенной вязкостью, что выгодно их применения в менее твердых, но в более абразивных породах,  $BK - 15$  на оборот. Известно, что твердые сплавы и сталь имеют наименьшее сопротивляемость при растягивающих напряжениях. Нами принят, как основной критерий их стойкости – предел прочности их на растяжения.

Следовательно, коэффициент относительной стойкости твердых сплавов и стали, это есть отношение предела прочности их на растяжение к показателю максимальных касательных напряжений породы.

Учитывая скачкообразность процесса разрушения и различные скорости и пути соприкосновения зубков зависящие от расположения венцов от центральной оси забоя скважин минимальная величина относительной стойкости зубков с учетом из запаса прочности нами принята равной – 2

$$\text{т.е.} \quad K_{\text{отн.ст.зуб.}} = \frac{\sigma_{\text{рас.мат.зуб}}}{\tau_{\text{max.}}} \geq 2$$

где  $\sigma_{\text{рас.мат.зуб}}$  – предел прочностина растяжение материала зубков из которых они изготовлены

Таблица 3.1.

## Определение физико-механические свойства золоторудных месторождений Узбекистана

Наименования месторождений	Наименования гор. пород	Физ. свойства пород			Механические свойства пород						Технологические свойства гор. пород						Свойство влияющие на износ и стойкость раб. органов инструментов			Относит. стойкость тв. сплавов и стали		
		Объем вес г/см <sup>3</sup>	Удельн вес г/см <sup>3</sup>	Пористость %	Сопрот на сжатие кг/см <sup>2</sup>	Сопрот на растяж. кг/см <sup>2</sup>	Модуль Упруг. Е 10 <sup>5</sup> кг/см <sup>2</sup>	Козф. Паусона	Угол внутр трен. град.	Сцепление кг/см <sup>2</sup>	Креп. по Протодея конову f	Буримось по ЕНВ	Степень трещиноватости	Степень устойчивости	Угол скалы вание град.	Абразивность грамм	Контакт. Прочность кг/см <sup>2</sup>	Мах. касател. напр. кг/см <sup>2</sup>	Вк-8 σ <sub>p</sub> =8000 кг/см <sup>2</sup>	Вк-15 σ <sub>p</sub> =13400 кг/см <sup>2</sup>	Сталь σ <sub>p</sub> =3000 кг/см <sup>2</sup>	
Кызыл-кум	Алевролиты	2,30	2,70	0,81	1217	460	4,5	0,25	32	260	9÷12	IV-VII	Трещиноватые и сильнотрещиноватые	Средней устойчивости	100	24	1370	1680	4,72	8,0	1,8	
	Сланцы	2,20	2,75	0,80	910	380	4,2	0,30	25	200	6÷10	IV-VI			110	18	1070	1420	5,63	9,4	2,1	
	Бречки	2,33	2,74	0,85	905	250	4,0	0,28	27	230	8÷9	VI-VII			120	17	760	1340	6,00	10,0	2,4	
Белтау	Углисто-глинистые сланцы	2,70	2,72	0,80	600	88	3,5	0,3	40	110	4÷8	IV-V	Сильнотрещиноватые, трещиноватые	Не устойчивые Ср. устойчивости Возмож. оседания скважин	100	18	1050	1150	7	11,7	2,6	
	Кварцово-слоистые сланцы	2,70	2,78	0,86	770	71	3,5	0,28	36	125	7÷9	V			110	28	1130	1300	6,1	10,3	2,3	
	Песчаники	2,70	2,78	0,87	810	74	4,0	0,25	38	200	8÷12	VI-VII			110	35	1270	1550	5,15	8,65	1,8	
	Акварцов.пор	2,72	2,78	0,86	1200	140	4,5	0,25	40	290	12÷16	VI-VIII			120	42	2070	2400	3,3	5,5	1,25	
	Кремнис.пор.	2,72	2,75	0,80	1800	150	6,1	0,25	36	400	16÷20	IX-X			120	46	2560	3900	2,05	3,4	0,76	
Кокпатас	Песчаники	2,54	2,75	0,91	1190	101	4,0	0,3	44	200	10÷14	VII-VIII	Трещиноватые	Ср. устойчивости	110	36	2300	2750	3,0	4,8	1,8	
	Сланцы	2,70	2,80	0,94	1250	182	4,5	0,32	42	210	10÷14	VI-VIII			100	40	2500	3100	2,6	4,3	0,97	
	Известняки	2,50	2,72	0,88	1100	225	4,5	0,25	36	230	9÷12	V-VII			110	32	2400	2700	3,0	4,54	1,1	
	Габроиты	2,70	2,72	0,99	1150	205	4,5	0,27	40	200	10÷15	VII-VIII			120	40	2600	3200	2,5	4,1	0,94	
Зарафшанская	Кремнистая порода	2,72	2,75	0,96	1750	250	5,0	0,25	46	295	16÷19	VII-X	Трещиноватые и сильнотрещиноватые	Не устойчивые Возможно оседание скважин	125	47	2850	3400	2,3	4,0	0,88	
	Песчаники	2,70	2,78	0,97	1100	104	4,0	0,25	38	200	9÷12	VI-VIII			120	41	2650	3000	2,7	4,4	1,0	
Беран Каракутан Сармиш	Гланцы с пажилками кварца	2,78	2,80	0,91	800	80	3,5	0,3	36	125	8÷12	V-VII			110	36	2400	2800	2,84	4,8	1,07	
	Углисто-глинистые гланцы	2,70	2,72	0,90	650	97	3,5	0,35	40	110	6÷9	V-VI			110	28	2100	2600	3,0	5,0	1,14	
Зармитан	Роговики	2,75	2,76	0,996	1600	216	5,0	0,25	30	190	14÷17	VII-VIII	Слабо-трещиноватые, монолитная	Устойчивые, весьма устойчивые	120	38	3000	3600	2,2	3,7	0,88	
	Граносиллиты	2,80	2,85	0,997	1800	140	5,5	0,25	32	130	16÷18	VIII-IX			140	45	3400	3900	2,01	3,4	0,77	
	Эссенгит-парфира Граниты Окварцованная порода	2,70	2,85	0,99	2240	212	6,0	0,25	36	200	20÷22	IX-XI			140	44	4000	4600	1,74	2,8	0,65	
		2,75	2,80	0,99	2700	340	6,0	0,25	30	315	18÷25	X-XII			140	43	4400	5500	1,45	2,44	0,55	
		2,80	2,85	0,99	3100	260	5,0	0,25	30	365	25÷30	XI-XII			130	52	5100	6500	1,23	2,05	0,46	

$\tau_{max}$  – максимальная касательная напряженность породы при внедрении зубков

$K_{отн.ст.зуб.}$  – величина относительной напряженности породы зубков больше или равно  $k - 2$ .

Как видно из таблицы шарошечное долото зубками из твердосплава ВК-8 возможно применения во всех месторождениях приведенных в таблице за исключением отдельных пород Зармитанского месторождения, а зубки из твердого сплава ВК-15 во всех породах месторождений без исключения. Область применения долот со стальными фрезерованными зубками ограничивается породами углисто-глинистых сланцев, алевролитов, неокварцованных песчаников, в остальных породах их применение нецелесообразно из-за недостаточной стойкости, менее  $2^x$ .

### **3.2. Методика лабораторных исследований**

Методика экспериментальных исследований взаимодействия рабочих органов долота с породой в условиях забоя скважин должна основываться с одной стороны на закономерностях процесса и механизма разрушения горных пород и с другой на закономерностях кинематики движения их рабочих органов зубков, венцов и шарошек из которого состоит породоразрушающий инструмент – долото. Процесс и механизм разрушения и кинематика долота зависит от условия в которых они работают, от характера и направлении взаимодействия рабочих органов, от их геометрии размеров и формы. Экспериментальные исследования выполнены в максимально приближенных условиях соответствующий реальному процессу бурения и происходящих при этом явлениях.

За основной критерий усилия и параметров разрушения при взаимодействии зубка и забоя скважины приняты их величин соответствующие моменту крупного скачка разрушения, что является определяющим фактором оценки сопротивляемости пород и энергоемкости

процесса бурения скважин.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на породах наиболее часто встречающихся при разработке золоторудных месторождений и строительных материалов в республике Узбекистан.

Из перечисленных пород выпиливались блоки размером 250x250x250 мм. На боковых плоскостях блоков с помощью специального инструмента фрезерного типа армированными пластинами из твердого сплава выбуривалась скважина диаметром 100 – 120 мм, глубиной 20 – 25 мм, с формой плоскости забоя: плоской, с углом вогнутости к горизонту – 30° и сферическая с радиусом сферы  $\tau = \frac{1}{4}d$  (где  $d$  – диаметр долота), схема забоя в разрезе показаны на рис. 3.1.

Рабочий орган долота зубок представляет собой отлитый из твердого сплава ВК – 15 зубок диаметром 10 мм высотой 30 мм со сферической головки, который припаян в металлический стержень с отверстием на торце диаметром равной диаметру зубка. Стержень с помощью специального приспособления жестко монтируется на верхней плите гидравлического пресса. На нижнюю плиту устанавливается блок породы со скважиной. Вдавливание зубка производилась на различном расстоянии от контура стенки скважины, если расстояние вдавливания зубка от контура стенки скважины обозначить буквой –  $L$ , изменения расстояния брались относительно диаметра зубка т.е.  $L = 0d; 0,25 \cdot d; 0,5 \cdot d; d; 1,5 \cdot d$ .

Вдавливания зубка продолжалась до момента крупного скачка разрушения. Первая серия опытов проводились при плоской форме забоя скважин. Исследовались зависимость усилия параметров разрушения горных пород от расстояния действия зубка относительно стенки скважины  $L$ .

т.е.  $P_{отн} = f(L)$ ,  $h_{отн} = f(L)$ ,  $V_{отн} = f(L)$  и  $\alpha = f(L)$ .

Параметры и усилия разрушения горных пород, нами для удобства

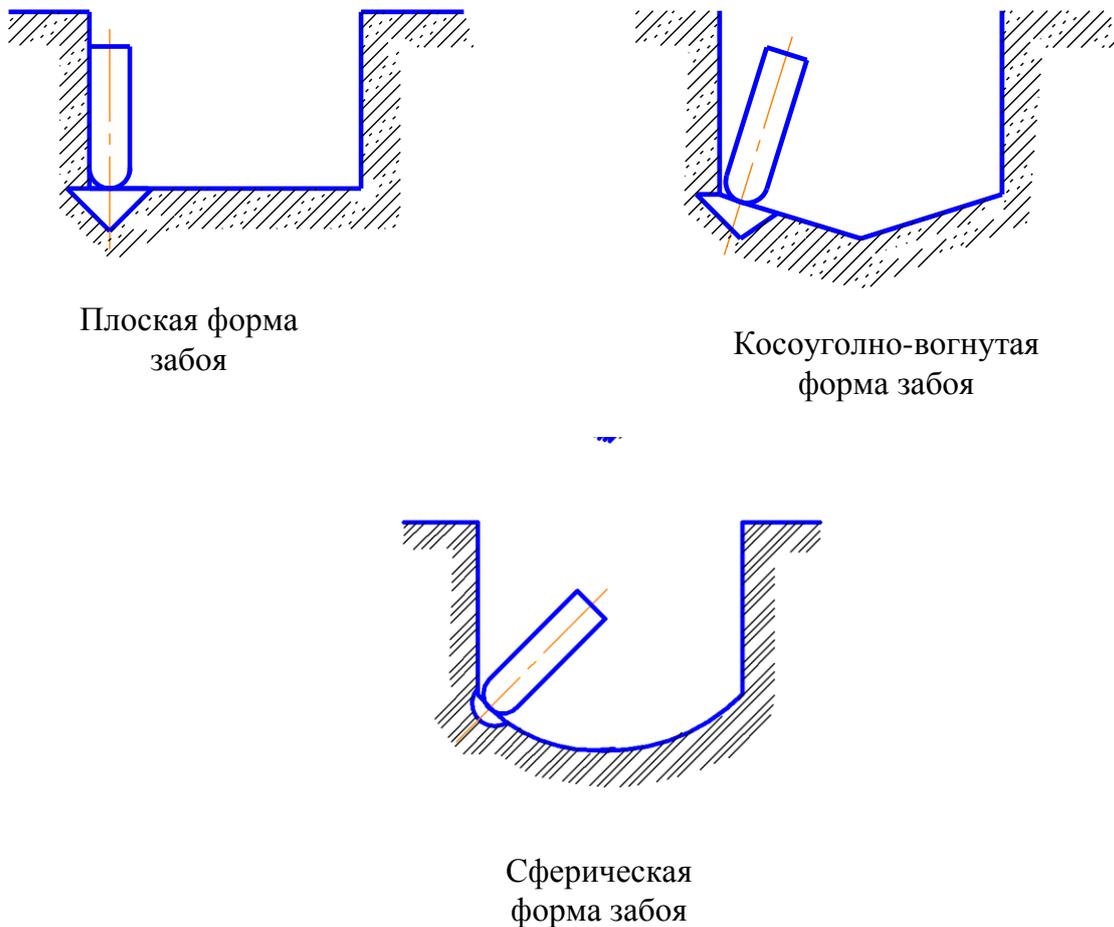


Рис. 3.1. вдавливания зубка при различных форма забоя скважины.  
а – плоская форма забоя, б – вогнутая форма забоя, в – сферическая форма забоя.

анализа рассматривается относительно данных вдавливания того же зубка в условиях необходимости по методике Л.А. Шрейнера, как например: отношение усилия при вдавливании зубка у контура стенки скважины –  $P_y$  стенки, кусилию полеченной по методике Л.А. Шрейнера на полуплоскости это есть относительное усилия –  $P_{отн}$ .

или  $\frac{P_{у\ стeнki\ скв.}}{P_{полуплоскости}} = P_{отн}$  точно таким же образом определяем  $h_{отн}$ ,  $V_{отн}$  и  $\alpha_{отн}$ .

Вторая серия опытов проводилась изменения усилий и параметров разрушения при вдавливании зубка у контура стенки скважин в зависимости

от формы плоскости забоя скважин  $\Pi$  – плоская,  $B$  – вогнутая и  $C$  – сферическая и дополнительно проводились опыты от формы забоя скважины при различных углах вогнутости плоскости забоя.

Третья серия опытов проводились в зависимости от расстояния обнаженной поверхности или лунки от предыдущего внедрения зубка, до точки вдавливания последующего вдавливания зубка, т.е.

$$P_{отн}=f(L), \quad h_{отн}=f(L), \quad V_{отн}=f(L) \quad \text{и} \quad \alpha=f(L).$$

После каждого эксперимента измерялись усилие разрушения –  $P(\text{кг})$  объем разрушения –  $V(\text{мм}^3)$  глубина внедрения –  $h(\text{мм})$  и угол скалывания –  $\alpha^0$ .

Усилие затрачиваемое на крупный скачок разрушения определялось на основе данных манометра давления пресса, глубина внедрения и путь пройденный зубком до момента крупного скачка разрушения с помощью индикаторов, датчиков часового типа установленные между плит плоскостей гидравлического пресса. Кроме того, дополнительно, определения объема лунки разрушения, глубины и угла скалывания породы производились путем измерения параметров отпечатка лунки отлитой сплавом ВУДа или парафина.

Экспериментальные исследования по вышеизложенной методике позволили определить величины усилия, объема лунки разрушения глубину и угол скалывания породы в зависимости от места расположения зубка в плоскости забоя скважины. Кроме того, позволило определить параметры разрушения от вдавливания зубка при различных геометрических формах плоскости забоя, плоская, вогнутая и сферическая и при наличии рядом обнаженной поверхности или лунки образованной от предыдущего удара. Выполненный эксперимент имитирует работу рабочих органов долота и определение силовых и геометрических его параметров в зависимости от сопротивляемости пород и режима бурения скважин. Результаты эксперимента должны, соответствовать кинематике движения рабочих органов (зубков, венцов шарошек) долота. Экспериментальные исследования

должны позволит определить рациональное расположение и параметры зубков на венцах, расстояние между ними, диаметр, с учетом максимального эффекта разрушения при минимальной затрате энергии, и минимального износа рабочих органов и узлов долота. Самое главное результаты эксперимента должны быть сопоставимы с результатами теоретических исследований кинематики и кинетики долота в условиях забоя скважины, что в конечном итоге, должен позволить иметь ясное представление о параметрах и конструкции создания новых типов долота, с заранее определенными силовыми и геометрическими параметрами.

### **3.3. Анализ результатов экспериментальных исследований параметров разрушения горных пород.**

В процессе разрушения горных пород при бурении скважин породоразрушающий инструмент является основным звеном в цепочке порода – долото – буровой агрегат. Эффект разрушения пород в основном зависит от него, т.к. он принимает энергию от станка аккумулирует и передает её породе преодолевая её сопротивляемость разрушению.

Поэтому от его конструкции, геометрических параметров, от расположения его рабочих элементов, от их кинематики работы, от его принципа работы зависит эффект бурения и энергоёмкость процесса – удельная и объемная работа разрушения. Поэтому многообразия их типов и бесконечный поиск его универсальной конструкции будет продолжаться до тех пор, пока существует механический способ бурения.

Существующий каждый тип долота имеет свои преимущество и недостатки, так как до настоящего времени не созданы такие типы долот, которые могли бы бурить любые по крепости и абразивности пород.

В настоящей работе делается попытка замены нескольких типов породоразрушающих инструментов, определения рациональных

геометрических параметров рабочих органов шарошки и самого долота, определения оптимальных расстояний между зубками в венце и зубками венцов шарошки и их способности оптимального формы образования забоя, позволяющая до минимума сократить, отрицательно влияющие, горизонтальные и вертикальные вибрации долота и бурового става, но что затрачивается определенная часть энергии разрушения.

Учитывая изложенное нами разработанная методика позволила проведения экспериментальных исследований механизма взаимодействия рабочих элементов породоразрушающего инструмента непосредственно в условиях забоя скважины и на реальных породах.

Настоящая методика предусматривает работу рабочих органов на различных участках в плоскости забоя скважины, и дает возможность изучить энергоемкость разрушения, определения оптимального расположения и оптимального расстояния между зубками и пластинами режущей лапы, расстояние между венцами, оптимальной геометрии шарошки и самого долота, возможности определения величины продольного их смещения и очередности их работы в зависимости от сопротивляемости пород и изменения их свойств в процессе бурения.

Наконец на основании этих экспериментальных исследований сопоставляя их результаты с кинематикой работы его рабочих органов создать предпосылки по разработке одношарошечного долота для бурения в широком диапазоне по крепости и перемежаемости горных пород, с учетом достижения минимальной затраты энергии передаваемой бурильным станком (агрегатом) забою скважины.

В любом случае конструкция породоразрушающего инструмента и его кинетика работы должна быть направлены на облегченные условия работы его рабочих органов, которые находятся в непосредственном взаимодействии с породой и при меньшей загруженности, затрате энергии получить максимальный эффект разрушения.

Напряженное состояние породы и рабочего органа долота зависит от области его работы, от формы полупространства, как например при вдавливании зубка на контуре стенки скважины напряженное состояние породы и зубка, в отличии от вдавливания на ровной полуплоскости имеет асимметричный характер и изменяются количественно и качественно. Интенсивный износ рабочего органа и увеличение энергоемкости процесса разрушения в процессе бурения наблюдается при их работе у контура стенки с плоскостью забоя скважины. Работа зубков и разрушения породы происходит в стесненных условиях. Поэтому показатели энергоемкости и параметры разрушения пород, при этих условиях, имеют значительно высокие показатели по сравнению полученных при работе зубков на равной полуплоскости. Следовательно, при образовании долотом и его рабочим органам – шарошкой, плоской почти горизонтальной формы забоя скважины с угловым контуром стенки и плоскости забоя которая чаще всего, соответствует долотам с коническими шарошками чистого качения, а распределение усилий по венцам и зубкам шарошки происходит неравномерно. Они работают при максимальном напряженном состоянии, а иногда критическом, их периферийные венцы и зубки преодолевая сопротивляемость в 2 – 3 раза больше чем средние венцы которые работают по сравнению, в наиболее благоприятных условиях, приближенных к условиям ровной поверхности. Исходя из изложенного, периферийные венцы – зубки притерпивают высокую сопротивляемость пород, особенно работающие в угловой области забоя скважины, что соответственно сопровождается их быстрым износом или поломками, что приводит к выходу из строя в целом долота, почти таком же положении находятся венцы и зубки расположенные близко к оси скважины. Несмотря на то, что долото чистого качения имеет большое преимущество по сравнению с другими типами в отношении передачи энергии с более высокими импульсами взаимодействия зубков с забоям скважины, положительного эффекта разрушения не

достигается, причиной этого является необходимость увеличения осевой нагрузки и собственно число оборотов, что в свою очередь приводит к значительному увеличению энергоемкости процесса бурения. Одним из путей регулирования величиной импульса взаимодействия зубка и породы, является изменение расстояния между зубками, но это влечет за собой увеличение осевой нагрузки или число оборотов. При этом отрицательным моментом является интенсивный износ подшипниковых узлов станка и шарошки, а при уменьшении расстояния зубков, приводит к уменьшению ударного импульса и увеличению осевой нагрузки, что приводит к увеличению веса станка и увеличению крутящего его момента. Основной причиной изложенных явлений является неравномерность распределения напряжений в породе и зубках, из-за конусности формы шарошки чистого качения, которая образует плоский остроугольный забой, что зарождает сложную область в которой работает рабочий орган долота.

До настоящего времени, учеными и конструкторами в разработке долот почти исчерпаны все возможные резервы повышения эффективности существующих долот и дальнейшее их совершенствования требует нового подхода их решения.

Поэтому нами выбранный путь научного обоснования и разработки нового долота основана на проведении экспериментальных исследований влияния взаимодействия рабочего органа – зубка долота с породой в условиях забоя скважины при сохранении полной имитации условия и процесса бурения, формы и параметров рабочих органов долота, и их возможной расстановки и пространственного расположения в теле долота и относительно плоскости забоя скважины, при максимальной соответствии с их кинематической и кинетической схемой его работы.

Основной задачей экспериментальных исследований является достижения рабочими органами долота, образования такой формы забоя скважины, чтобы при взаимодействии рабочих органов долота с забоем

скважины распределение напряжений и деформации в породе и рабочих органах долота было более равномерным на зависимо на каком участке работает рабочий орган долота.

Экспериментальные работы состоять из пяти вариантов лабораторных исследований по схемам показанные на рис 3.2.

Экспериментальные исследования выполнены с применением комплексных методов исследований механизма взаимодействия рабочих органов долота с горной породой, усилия и параметров разрушения горных пород в зависимости от стесненных условий забоя скважины, геометрической формы плоскости забоя, угла атаки зубца, высоты его выступа из тела шарошки и наличия рядом дополнительной открытой поверхности при различных породах по крепости, которые дали определит оптимальные соотношения параметров и расположения зубков, венцов и шарошек относительно плоскости забоя скважины и крепости породы.

Результаты определения оптимальных соотношений параметров рабочих органов и их расстановки приведены в сводной таблице 3.2.

## СХЕМА ДЕЙСТВИИ ЗУБКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ЗАБОЯ И ПОЛУПРОСТРАНСТВА

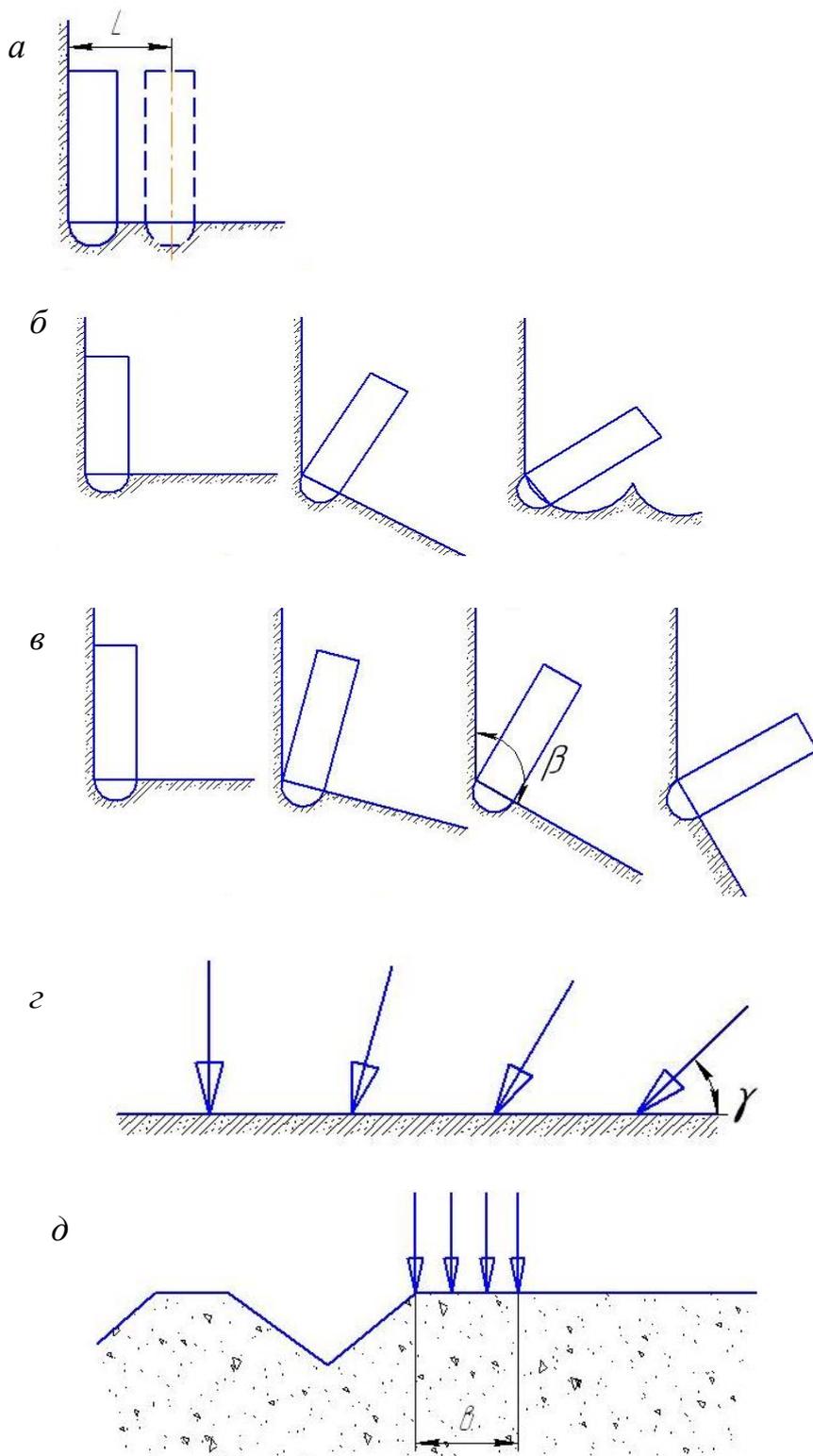


Рис. 3.2.

*a* – при вдавливании зубка на различном расстоянии от стенки скважины при плоском забое; *б* – при вдавливании зубка при различных формах забоя скважины; *в* – при вдавливании зубка при различном угле вогнутости забоя; *г* – вдавливании зубка на границе полуплоскости при различных углах атаки; *д* – при вдавливании зубка при наличии рядом дополнительной обнаженной поверхности.

Таблица 3.2.

Сводная таблица экспериментальных данных оптимальных соотношений параметров и расположения зубков, венцов и шарошек относительно плоскости забоя скважины и крепости породы.

№	Наименование пород	Коэф. Кре- пости по М.М. Протодря- конову $f$	Оптимальное расстояние точки вдавливания зубка, от контура стенки скважины	Оптимальные расстояния между зубками венца и зубками венцов $l$ (мм)	Оптимальные расстояния зубка от границы лунки разрушения $v$ (мм)	Оптимальный выступ от шарошки головки зубка $a$ (мм)	Оптимальный угол атаки зубка в плоскости забоя скважины $\gamma^0$ (град)	Допустимая оптимальная форма забоя скважин	Оптимальное усилие подачи $P_{opt}$ (кг)	Ожидаемая скорость бурения $V$ м/час
1	Сланцы, алевролиты	4÷6	(0,6÷1,2)d	(1,5÷2,5)d	(1,0÷2,0)d	(0,6÷0,8)d	(60 <sup>0</sup> ÷90 <sup>0</sup> )	Плоская, вогнуто- плоская, сферическая	3500-4000	40
2	Песчаники, мрамора, известняки	8÷10	(0,4÷0,6)d	(1,0÷1,5)d	(0,6÷1,0)d	(0,4÷0,6)d	(75 <sup>0</sup> ÷90 <sup>0</sup> )	сферическая, вогнуто- плоская при $\beta \leq 130^0$	7500-9000	25
3	Песчаники окварцованные, граниты, роговики	14÷16	(0,3÷0,5)d	(0,8÷1,2)d	(0,5÷1,0)d	(0,2÷0,4)d	(80 <sup>0</sup> ÷90 <sup>0</sup> )	сферическая, вогнуто- плоская при $\beta \leq 120^0$	10000-12000	12

Примечание:  $d$  – диаметр твердосплавного зубка армированный сплавом ВК – 15,  $d = 10$  мм – это наиболее оптимальный диаметр для бурения в широком диапазоне по крепости и перемежаемости пород при диаметре долота  $D = 190,5$  мм и  $D = 244$  мм.

### **Выводы по главе III:**

1. Определены физико-механические и технологические свойства горных пород золоторудных месторождений Запада Республики Узбекистан.

2. Установлено, что энергоёмкость бурения скважин зависит от способа передачи энергии забоя, от формы и параметров породоразрушающих рабочих органов шарошки, от параметров расстановки положения зубца в венце и зубца венцов и от геометрической формы поверхности забоя, в которых работают рабочие органы долота.

3. Определены оптимальные соотношения параметров и расположения зубков, венцов и шарошек относительно плоскости забоя скважины и крепости породы.

## IV. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ОДНОШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

### 4.1. Алгоритм вычисления кинетических характеристик одношарошечных долот

Алгоритм выделения кинетических характеристик одношарошечных буровых долот со сферической формой шарошки наиболее значим среди алгоритмов других классов, что обусловлено классической формой шарошки - сферой. Поэтому закономерности формообразования забоя скважины и аналитические зависимости механизма взаимодействия венцов шарошек с поверхностью забоя скважины легко поддаются математическому описанию. Вследствие этого облегчается построение алгоритмов для решения вариационных задач при изучении работоспособности такого рода породоразрушающих инструментов в зависимости от того или иного геометрического параметра долота в автоматическом режиме.

С другой стороны, аналитическая структура критериев оценки работоспособности одношарошечных буровых долот содержит в себе все иные критерии как частные случаи. Аналитические исследования, проведенные нами в области одношарошечного долота, во многом способствовали построению математической модели работы долота режуще-истирающего типа в режиме вращения вокруг двух параллельных осей, что, в конечном счете, способствовало построению математической модели работы шарошечных долот в режиме РТВ.

Эти же исследования определили и методику построения аналитических выражений удельных объемных работ разрушения  $A''_{кд}$  для дисковых долот. В связи с этим на алгоритме вычисления кинетических критериев одношарошечных долот остановимся более подробно.

В основу физической модели работы одношарошечного долота положены его реальная геометрия и деформируемая поверхность забоя

скважины. Основу аналитической модели построения относительных

Таблица 4.1

К	Кольцевые участки на забое от периферии к центру ( $R_{K+1} - R_K$ ), мм	Кинетические характеристики долота Ш 190,5 С-ГН			
		Интенсивность износа венцов А, усл.ед.			Интенсивность поражения забоя А'' в усл. ед.
		Шарошка I передаточное число 1,35	Шарошка II передаточное число 1,49	Шарошка III передаточное число 1,46	
1	131,0-127,50	27,40	22,37	22,97	3,65
2	127,50-123,50	6,83	4,53	4,70	0,50
3	123,50-121,50	6,23	4,62	4,60	0,50
4	121,50-118,00	6,10	4,67	4,61	0,47
5	118,00-115,80		4,91	4,73	0,31
6	115,80-112,10		5,21		0,15
7	112,10-103,60		5,63		0,17
8	103,60-100,50	5,02			0,17
9	100,50-96,50	5,12			0,18
10	96,50-88,00	5,29			0,19
11	88,00-85,00			7,19	0,29
12	85,00-81,00			7,10	0,29
13	81,00-76,00			7,31	0,32
14	76,00-73,00		8,05		0,33
15	73,00-69,00		8,38		0,35
16	69,00-61,00		8,62		0,39
17	61,00-58,00	6,31			0,24
18	58,00-54,00	6,32			0,26
19	54,00-46,00	6,76			0,30
20	46,00-43,00			8,04	0,37
21	43,00-39,00			8,24	0,40
22	39,00-36,00			8,38	0,45
23	36,00-32,00		8,85		0,41
24	32,00-28,00		9,57		0,50
25	28,00-19,00		9,81		0,59
26	19,00-15,00	9,49			0,56
27	15,00-12,00	10,27			0,78
28	12,00-9,00	10,65			1,05
29	9,00-7,00	11,89			0,68
30	7,00-5,20	12,64			1,11
31	5,20	13,56			8,14

критериев оценки работоспособности одношарошечного долота составляет расчет длины траектории зуба венца в контакт с породой. Траектории зубьев венцов определены параметрическими уравнениями движения при условии равномерного вращения шарошки вокруг своей оси:

$$\begin{aligned}
x_j &= R_j \sin \varphi - r_j \cos \varphi \sin \psi - r_j (1 - \cos \psi) \sin \varphi \cos \alpha, \\
y_j &= R_j \cos \varphi + r_j \sin \varphi \sin \psi - r_j (1 - \cos \psi) \cos \varphi \cos \alpha, \\
Z_j &= r_j (1 - \cos \psi) \sin \alpha
\end{aligned}
\tag{4.1}$$

где  $R_j$ - радиус  $j$ -й окружности на поверхности забоя скважины, по которой перекачивается  $j$ -й венец, мм.;

$r_j$ - радиус го венца, мм.;

$\alpha$  - угол наклона плоскости венца к плоскости поперечного сечения скважины, град.;

$\psi$  и  $\varphi$ - переменный параметр венца (шарошки) и долота, град. Относительные критерии оценки работоспособности долота рассчитываются за один оборот шарошки или долота, работающего в контакте с поверхностью забоя скважины.

Сила сопротивления движению зубьев шарошки в контакте с породой принята постоянной во всех точках поверхности забоя скважины.

Критерием оценки режима вращения шарошки является функция скорости движения зубьев венцов в нижних точках их траектории:

$$V_j(O) = \frac{R_j}{i} - r_j \tag{4.2}$$

где  $V_j(O)$  - скорость движения зубьев шарошки в нижних точках траектории (с точностью до константы);

$R_j$  - радиус окружности на поверхности забоя скважины, по которой перекачивается  $j$ -й венец, мм.;

$i$ - передаточное отношение шарошки;

$r_j$  - радиус венца, мм.

За критерий относительного абразивного износа вооружения венцов принята функция удельной контактной работы, однозначно определяемая длиной пути контакта зуба каждого венца шарошки со сферической поверхностью забоя скважины за полный оборот шарошки вокруг своей оси:

$$A'_j = S_j - F_j \tag{4.3}$$

где  $A'_j$ - работа зуба на пути контакта;

$S_j$ - путь контакта зуба  $j$ -го венца, мм.;

$F_j = const$ - сила сопротивления движению зуба  $j$ -го венца в контакте с породой, принятая за единицу. Критерием относительной интенсивности поражения забоя скважины служит (функция суммы контактных работ зубьев венцов, работающих на соответствующих уровнях сферического забоя скважины, с учетом их количества и геометрии:

$$A''_K = \frac{\sum_{j=1}^N S_{j,K} \cdot F_j \cdot d_j \cdot z_j}{V_K}, \quad (4.4)$$

где  $A''_K$  - работа разрушения породы на  $k$ -м уровне  $j$ -ми венцами;

$z_j$  - количество зубьев на  $j$  -и венце, шт.;

$d_j$ - количество единичной длины лезвий  $j$ -го венца, шт.;

$V_K$ - объем породы, приходящийся на разрушение на  $k$ -м уровне (кольцевом забое скважины) за один оборот долота, мм<sup>3</sup>.

Объем породы, приходящийся на разрушение, определяется по формулам

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\pi \delta}{i} (R_c^2 - R_K^2), \\ V_N &= \frac{\pi \delta}{i} R_{N-1}^2, \quad (K = 2 \div N - 1) \\ V_K &= \frac{\pi \delta}{i} (R_{K-1}^2 - R_K^2), \end{aligned} \quad (4.5)$$

где  $\delta$ - глубине внедрения точек рабочих выступов в порошок, мм.

Алгоритм расчета кинетических характеристик по программе КИПСФ, разработанная «УзЛИТИнефтьгаз», построен по схеме рис.4.1 и условно делится на шесть функциональных блоков:

- подготовки исходных данных;
- настройки программы;
- вычисления длины пути контакта зуба венца;

- поиска передаточного отношения шарошки;
- настройки программы на вычисление критериев;
- вычисления критериев.

Блок подготовки исходных данных служит для формирования массивов радиусов венцов шарошки и радиусов окружностей на поверхности забоя скважины, по которым перекачиваются венцы (рис. 4.2). Радиусы  $j$ -х венцов определяются по формуле:

$$r_j = \sqrt{2R_c H_j - H_j^2} \quad (4.6)$$

где  $R_c$ - радиус скважины (шарошки), мм.;

$H_j$ - расстояние по оси шарошки от точки ее пересечения со сферической поверхностью забоя скважины до плоскости  $j$ -го венца, мм.

Венцы, расположенные до центра поверхности забоя скважины, ниже называемом центром скважины, перекачиваются по окружностям, радиусы которых равны по величине расстояниям от вершины зубка в самом нижнем его положении до оси скважины:

$$R_j = r_j \cos \alpha - (R_c - H_j) \sin \alpha \quad (4.7)$$

Венцы, расположенные за центром скважины, перекачиваются по окружностям, величины радиусов которых равны расстояниям от вершины зубка в самом верхнем его положении до оси скважины:

$$R_j = (R_c - H_j) \sin \alpha + r_j \cos \alpha \quad (4.8)$$

Границей разделения венцов, находящихся до центра и за центром скважины, является плоскость, перпендикулярная оси цапфы шарошки, проходящая через этот центр.

Расстояние по оси шарошки от точки ее пересечения со сферической поверхностью забоя скважины до плоскости венца, проходящего через центр скважины, определяется формулой

$$H_K = R_c (1 - \cos \alpha) \quad (4.9)$$

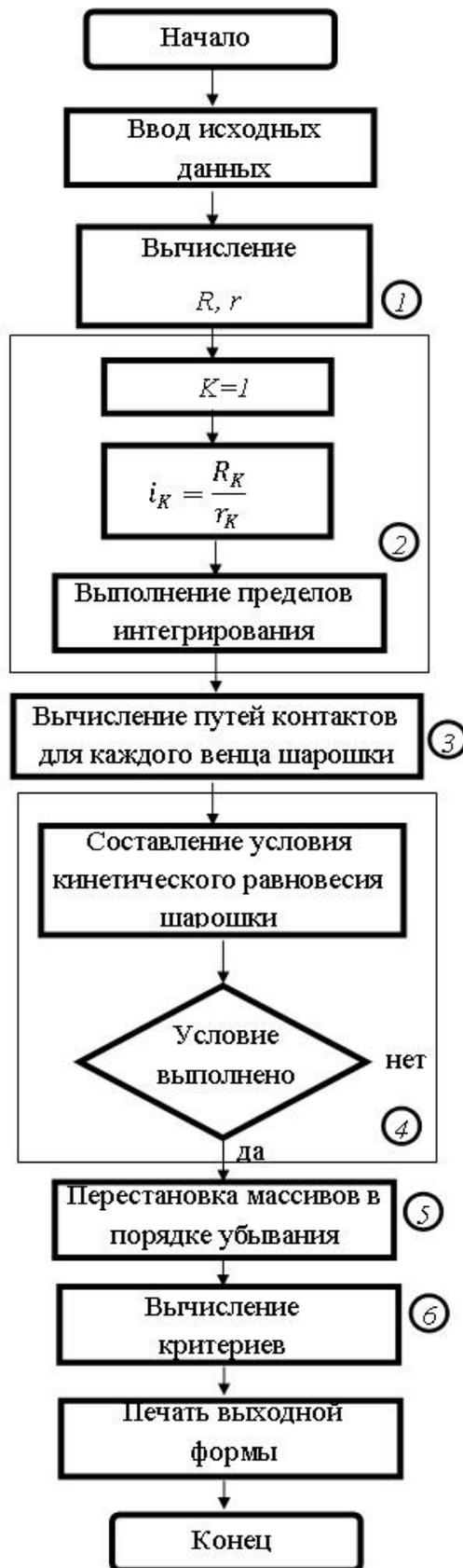


Рис. 4.1. Блок-схема алгоритма вычисления по программе КИПСФ

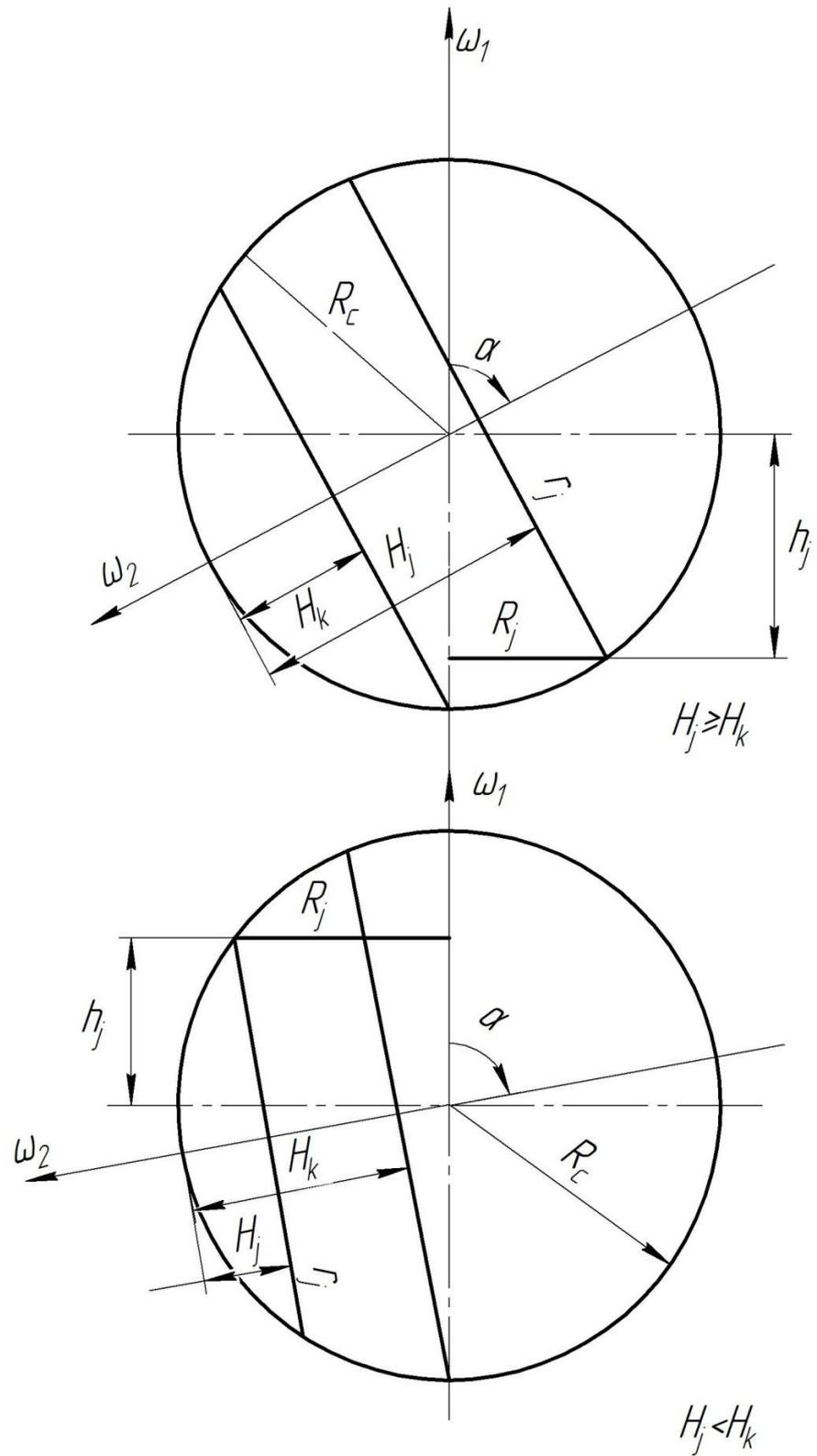


Рис. 4.2. Геометрические параметры сферической шарошки

Венцы, у которых  $H_j > H_k$  расположены до центра, а венцы, у которых  $H_j < H_k$ , - за центром скважины.

Блок настройки программы служит для формирования массива возможных величин передаточных отношений шарошки, а также для расчета пределов интегрирования путей контакта зубьев каждого венца.

Массив передаточных отношений формируется исходя из условия, что венец чистого качения находится в области венцов до центра поверхности забоя скважины. Для этого вводим фиктивный венец, проходящий через центр поверхности забоя скважины с соответствующим индексом  $N_1$ , который ограничивает формирование массива:

$$i_k = \frac{R_k}{r_k} \quad (1 \leq K \leq N_1) \quad (4.10)$$

где  $i_k$  - возможное передаточное отношение шарошки.

Найдя пределы интегрирования, определим путь контакта  $j$ -х венцов на  $K$ -х уровнях (сферических поясах) по формуле

Блок вычисления критериев служит для восстановления истинного порядка элементов массивов, расположенных в порядке убывания;  $R_j'$ , а также для вычисления критериев оценки работоспособности одношарошечного долота.

Критерий качества взаимодействия вооружения венцов шарошек со сферическим забоем скважины, выраженный с точностью до константы скоростью движения зубьев в нижней или верхней точках траекторий (в зависимости от положения венца относительно центра поверхности забоя скважины), определяется:

при  $H_j \geq H$  (венцы расположены до центра скважины) -

$$V_j(O) = \frac{R_j}{i} - r_j \quad (4.11)$$

при  $H_j < H_k$  (венцы расположены за центром скважины) -

$$V_j(O) = r_i - \frac{R_j}{i} \quad (4.12)$$

У венца чистого качения величина скорости в нижней точке его траектории равна нулю. В соответствии с направлением скорости венцы делятся на положительно (знак «+») и отрицательно (знак «-») проскальзывающие.

Критерий относительного износа зубьев венцов шарошек выражен относительной удельной контактной работой разрушения и вычисляется по формуле.

$$A_j' = S_j \cdot F_j \quad (4.13)$$

где  $F_j = \text{const}$  - сила сопротивления движению зуба  $j$ -го венца в контакте с породой, принятая за единицу.

Критерий относительной интенсивности поражения забоя скважины, характеризующий также относительную загруженность венцов шарошек, определяется по формуле.

$$A_K'' = \frac{\sum_{j=1}^N S_{j,K} \cdot F_j \cdot d_j \cdot z_i}{V_K} \quad (4.14)$$

где  $V_K$  - объем породы кольцевого забоя скважины, приходящийся на разрушение  $j$ -ми венцами за один оборот долота,  $\text{мм}^3$ , (см. формулу 4.1).

Совокупность критериев оценки относительной работоспособности вооружения шарошки, выраженная формулами относительных кинетических характеристик (4.2) - (4.4), представляет собой относительный кинетический паспорт одношарошечного долота.

В качестве примера нами выбрано одношарошечное долото I 190,5 СЗ-Н. Выходная форма кинетического паспорта этого долота представлена табл.4.2, а графическое представление кинетических критериев оценки его работоспособности дано на рис.4.3. Табличное и графическое представления кинетических характеристик одношарошечных долот рекомендованы для

сравнительного анализа их работоспособности и решения оптимизационных конструкторских и технологических задач.

Таблица 4.2

Кинетический паспорт долота \ I 190,5 ОС					Передаточное число – 0,56 Глубина внедрения, мм- 1,00 Угол наклона, град. – 30,00 Радиус скважины, мм. – 95,25 Количество венцов, шт - 16		
Геометрические параметры					Кинетические параметры		
Номер усл. Венца j	Число зубков на венце z шт.	Радиус венца, r мм	Радиус на забое скважины R, мм	Уровни интегрирования, H, мм.	Скорость зубка $V_j(O)$	Удельная контактная работа, $A'$	Удельная объемная работа, $A''$
1	2,0	90,5	93,2	19,5	75,3	160,5	30,5
2	4,0	93,1	90,7	29,0	68,3	192,2	13,4
3	4,0	94,7	87,1	38,5	60,3	218,6	10,0
4	3,0	95,2	84,3	44,3	54,8	233,7	8,5
5	4,0	95,2	81,1	50,0	49,0	248,2	6,2
6	4,0	94,3	75,1	58,6	39,2	271,9	4,3
7	4,0	92,5	68,7	65,9	29,7	296,0	3,3
8	3,0	90,6	63,9	70,7	23,0	316,3	2,8
9	4,0	87,7	57,3	76,1	14,2	349,8	2,2
10	4,0	83,8	50,0	81,1	5,0	411,1	1,7
11	4,0	79,0	41,8	85,6	-4,7	475,3	1,4
12	3,0	74,6	35,0	88,6	-12,4	480,0	1,3
13	4,0	69,9	28,1	91,0	-19,8	485,7	1,1
14	4,0	63,2	19,1	93,3	-29,2	493,7	1,0
15	4,0	55,7	9,6	94,8	-38,6	502,2	0,9
16	1,0	51,3	4,3	95,2	-43,6	506,7	0,4

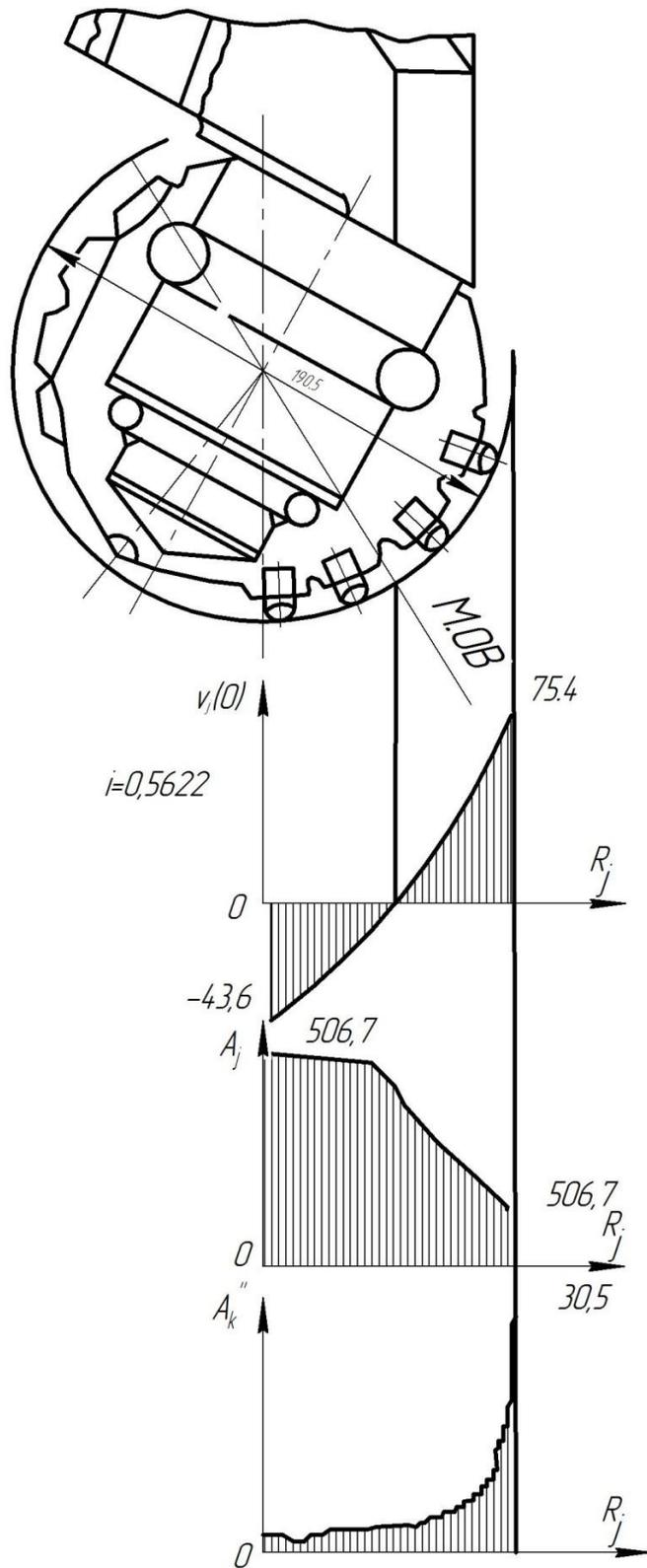


Рис. 4.3. График кинетического паспорта долота I 190,5 СЗ

## **V. РАЗРАБОТКА ОСНОВ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ ШАРОШЕЧНЫХ БУРОВЫХ ДОЛОТ**

### **5.1. Разработка проекта одношарошечного бурового долота диаметром 190,5 мм**

Анализ кинематики одношарошечного долота основывался на стабильной динамической устойчивости его работы в забое скважины, динамическая устойчивость которой обеспечивается достаточной осевой нагрузкой и умеренным числом оборотов в процессе бурения скважин.

Результатами теоретических научных исследований установлено, что полученное уравнение кинетики работы рабочих органов долота можно использовать при конструировании одношарошечных долот.

Исследованиями также установлено, что кинематика долота дает возможность определить удельную и объемную работу разрушения горных пород зубцами венцов и самой шарошки в целом, а также достичь наиболее равномерно-распределенных энергетических затрат в процессе бурения скважин. Этим доказывается высокая эффективность сферической формы забоя скважин.

В результате статистической обработки экспериментальных данных нами определены оптимальные параметры расстановки рабочих органов в долоте для различных типов горных пород, на основе которых разработана методика их расчета. Проведенные исследования позволили разработать новую конструкцию одношарошечного долота (рис. 5.1).

На основе проведенных научно-исследовательских работ в аспектах динамики вооружения и промывочной жидкости нами для достижения цели, изложенной во введении, можно сделать следующие выводы.

Технологичность изготовления буровых долот в одношарошечном исполнении по сравнению с трехшарошечными неоспорима. Использование последних мировых достижений в этой области при проектировании и

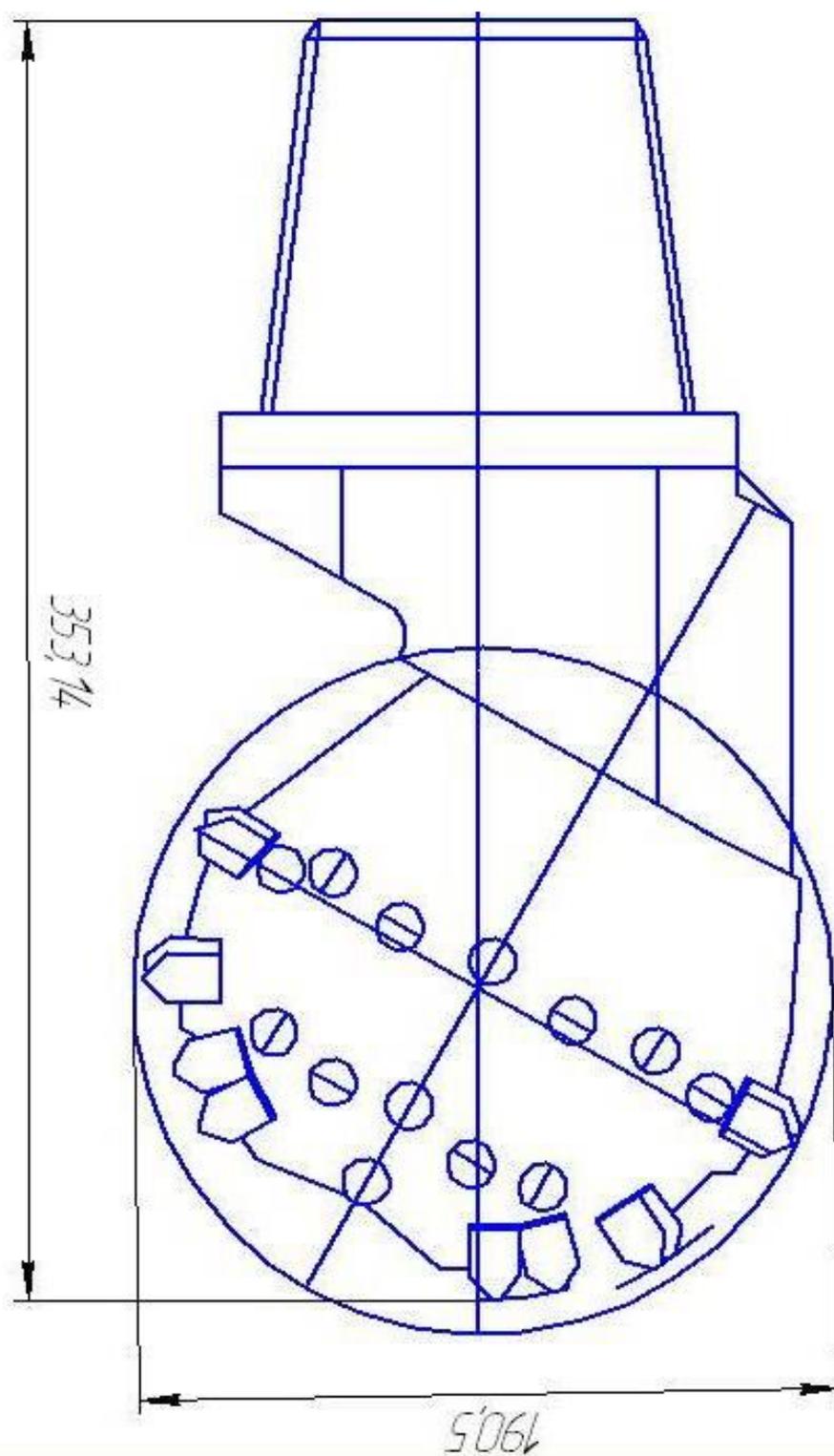


Рис. 5.5 Общий вид одношарошечного долота диаметром 190,5 мм

изготовлении буровых одношарошечных долот наряду с упомянутым научным потенциалом вне всякого сомнения обеспечат неоспоримую конкурентно-способность буровым долотам в одношарошечном исполнении. Динамика вооружения одношарошечных долот по всем критериям более эффективна по сравнению с таковой для трехшарошечных аналогов и несмотря на то, что одношарошечная схема сегодня проигрывает по критерию  $A'_{j(\max)}$ , т.е. по интенсивности абразивного износа вооружения, по всем другим динамическим критериям вооружения шарошек конструктивная схема в одношарошечном исполнении является в абсолютном выигрыше по отношению к трехшарошечной. К тому же этот критерий еще и управляем по величине, что всегда можно легко задействовать.

Допустимая нагрузка у одношарошечного долота более чем в два раза выше по сравнению с допустимой нагрузкой на трехшарошечное долото. И поскольку слом опор у трехшарошечных долот встречается крайне редко, то слом опоры у одношарошечного долота практически исключен.

На сегодня можно объективно утверждать о неоспоримых преимуществах конструктивных схем буровых долот в одношарошечном исполнении: сравнительно низкие и обратно-направленные скорости движения зубков в верхнем положении относительно вращения корпуса долота, управляемо-стесненные условия обтекаемых потоков промывочной жидкости, практически неограниченные возможности в проектировании научно-обоснованных дополнительных промывочных узлов; вот основные предпосылки оптимизации динамики промывочной жидкости в конструктивных схемах одношарошечных буровых долот и когда основные вопросы по динамике вооружения и по промывке скважин нашли уже должное решение, необходимо решать вопрос герметизации опор этих конструктивных схем.

Необходимо с целью получения наиболее достоверных данных экспериментального характера изготовить и испытать на практике, т.е. в процессе бурения скважин в условиях Узбекистана.

Все конструктивные схемы буровых шарошечных долот и типа PDC в первом приближении на забое скважины динамически неустойчивы. Однако, более всего неустойчива конструктивная схема трехшарошечных буровых долот и более всего требует стабилизации наддолотными стабилизаторами. Конструктивная схема одношарошечных буровых долот хотя и более всего устойчива, но и она требует необходимой стабилизации на забое скважины наддолотными или корпусными стабилизаторами.

## **5.2. Экономическая эффективность разработанного одношарошечного бурового долота в промышленных условиях**

Расчет выполнен в соответствии с методикой определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = [(C_1 - C_2) - E(K_1 - K_2)]V, \text{ сум}, \quad (5.1)$$

где  $C_1, C_2$  – себестоимость единицы продукции до и после внедрения мероприятия по новой технике.

$E$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$K_1, K_2$  – удельные капитальные затраты до и после внедрения мероприятий по новой технике;

$V$  – объем производимой продукции по производству работ.

Удельные капитальные затраты на бурение скважин определяются по формуле:

$$K_{(1,2)} = \frac{C_{\text{экс}}}{\Pi} V_{(1,2)}, \quad \frac{\text{сум} \cdot \text{год}}{\text{п.м.}} \quad (5.2)$$

где  $C_{\text{экс}}$  – балансовая стоимость бурового станка марки УРБ 3А3 (по бухгалтерским отчетам ЮРУ НГМК;

$V_{(1,2)}$ - удельный объем бурения скважин до и после внедрения мероприятия;

$P$  – производительность бурового станка УРБ 3А3.

По результатам сравнительных испытаний по определению экономической эффективности разработанного комбинированного бурового долота в промышленных условиях получен акт об сравнительных испытаниях серийного долота и опытного одношарошечного долота (приложения 1).

**РАСЧЕТ**

экономической эффективности разработанного одношарошечного  
бурового долота на месторождении «Сабирсай»

№	Показатели	Ед. изм.	Марки сравнительных буровых долот	
			БИТ 190,5	I 190,5 СЗ
1.	Категория горных пород по шкале М.М.Протодьяконова		6-12	6-12
2.	Проходка геотехнологических скважин одним буровым долотом	п.м.	192	194
3.	Буровое долото	сум	3 160 000	221 635
4.	Буровая штанга	сум	1 000 000	1 000 000
5.	Электроэнергия	сум	126 032	92 702
	Итого по материалам	сум	4 286 032	2 874 337
6.	Заработная плата	сум	81 902	81 902
7.	Социальное страхование 24%	сум	20 475	20 475
	Итого по заработной плате	сум	102 377	102 377
8.	Прочие производственные расходы	сум	54 900	54 900
	Итого прямых затрат	сум	3 496 276	3 084 581
9.	Расходы периода (34,6%)	сум	1 209 711	1 067 265
10.	Рентабельность (10%)	сум	349 627	308 458
11.	Всего себестоимость бурения геотехнологических скважин с одним буровым долотом	сум	5 055 614	4 460 304
12.	Удельные капитальные затраты	сум	24 300	21 250
13.	Фактический экономический эффект (в ценах на октябрь месяц 2012 г.)	сум		998 360

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных теоретических и экспериментальных работ в аспектах поиска эффективных буровых породоразрушающих инструментов в одношарошечном исполнении при бурении геотехнологических скважин можно сделать следующие выводы и рекомендации.

1. Теоретические основы создания высокоэффективных долот получены путем исследования напряженно-деформированного состояния пород при вдавливании пуансонов, имитирующих рабочие органы долота, что позволяет получить количественные данные рациональных параметров и расстановки их в теле долота.

2. Установлено, что энергоемкость бурения скважин зависит от способа передачи энергии забою, от формы и параметров породоразрушающих рабочих органов шарошки, от параметров расстановки положения зубца в венце и зубца венцов и от геометрической формы поверхности забоя, в которых работают рабочие органы долота.

3. Определены оптимальные соотношения параметров и расположения зубков, венцов и шарошек относительно плоскости забоя скважины и крепости породы.

4. Теоретически определен научно-обоснованный перечень динамических критериев в процессе оптимизации буровых породоразрушающих инструментов.

На основе выданных и научно-обоснованных исходных данных были спроектированы и изготовлены опытные одношарошечные буровые долота  $\varnothing 190,5$  mm.

В результате проведенных сравнительных испытаний установлено:

- при бурении в породах  $f = 7\div 8$  серийным долотом максимальная скорость бурения достигается при осевой нагрузке  $100\div 120$  кН, а при бурении опытным долотом достигается при  $70\div 80$  кН.

- превышение максимальной скорости бурения опытным долотом в среднем увеличилась  $1,15 \div 1,2$  раза, чем серийным долотом, а по энергоемкости разрушения опытное долото по сравнению с серийным долотом снизилось  $1,5 \div 2,0$  раза.
- по работоспособности серийные и опытные долота показали практически одинаковый результат.

4. Пути проектирования на базе оптимизируемых динамических критериев оценки работоспособности одношарошечных буровых долот подтверждены их работоспособностью в реальных буровых условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов О.Д. Исследование процессов разрушения горных пород при бурении шпуров. Томск, 1960. 322с.
2. Афанасьев И.С, Бродов Г.С. Прогрессивные способы разрушения горных пород при бурении скважин. //Разведка и охрана недр. 1997, № 2, С.24-26.
3. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. М.: МГГУ, 2001, 655 с.
4. Беляев А.Е. Опыт бурения скважин на алмазородных карьерах Якутии. //Горный журнал № 5, 2000. С. 19-22.
5. Бирюков И.М. Шарошечное бурение в горном деле. М., 1966. 127с.
6. Булатов В.В. Механика разрушения горных пород при сверхглубоком бурении. М. Наука, 1966. 244с.
7. Бухгольц А.И. Основной курс теоретической механики. Ч. I. М., Наука, 1969. 468 с.
8. Владиславлев В.С. Разрушение пород при бурении скважин. М., 1958.
9. Голубинцев О.Н. Механические и абразивные свойства горных пород и их буримость. М., 1968. 122с.
10. Грабчак Л.Г. Применение поляризационно-оптического метода для исследования напряжений в горной породе при ударно поворотном бурении шпуров и скважин. В кн. «Разрушение горных пород механическими способами». М., 1966. 231с.
11. Егеров А.Ф. Теоретические основы конструирования и эксплуатации долот. М., 1945. 45.с.
12. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана.–Т.: Узбекистан, 2009. – 48с.
13. Каркашадзе Г.Г. Механическое разрушение горных пород: Уч. пособие. – М.: МГГУ, 2004. 221 с.
14. Крюков Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании. М., Из-во «Горная книга», 2006. 329 с.

15. Кучерский Н.И., Мосинец В.Н., Лукьянов А.Н., Рубцов С.К. Научно-технические проблемы технологических процессов горных работ // Горный журнал, 1992 № 2, С. 3-9.
16. Мавлютов М.Р. Разрушение горных пород при бурении скважин. М.: Недра. 1979. 216 с.
17. Мальгин О.К., Рубцов С.К., Шеметов П.А., Шлыков А.Г. Совершенствование технологических процессов бурозрывных скважин на открытых горных работах. Ташкент, ФАН, 2003, 200 с.
18. Мальгин О.Н., Шеметов П.А. Усовершенствование конструктивных и технологических параметров буровой техники. // Горный вестник Узбекистана, № 3, 2003. С.76-79.
19. Маньковский Т.И., Швец В.В., Мартынюк Г.К. Аналитические исследования взаимодействия шарошечного инструмента с породой. М., 1964. 306 с.
20. Математическая статистика. Под ред. А.М. Длинна. М.: 1975. 398с.
21. Norov Y.D., Toshov J.B., Toshniyozov L.G., Islyamov T.N. The stress distribution depending on the form of the well // Материалы VI-международной научно-технической конференции на тему «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». –Навои, 2013. - С.41÷43.
22. Остроушко И.Л. Разрушение пород при бурении. М., 1952. 402 с.
23. Отчет по бюджетной теме А-4-019 «Повышение эффективности бурения взрывных скважин при разработке месторождений открытым способом» // Норов Ю.Д., Тошов Ж.Б. и др. –Навои, 2008. – 192 с.
24. Отчет по бюджетной теме ЁА-5-002 «Обоснование и разработка новой конструкции одношарошечных долот для бурения взрывных скважин» // Тошов Ж.Б., Нагангов Х.Н. и др. –Навои, 2011. – 97 с.
25. Отчет по хоздоговорной работе № 45-08 на тему: «Повышение эффективности бурения взрывных скважин на карьерах путем разработки

- и внедрения унифицированного долота» // Норов Ю.Д., Тошов Ж.Б. и др. –Навои, 2008. – 56 с.
26. Парийский Ю. М. К вопросу о разрушении горных пород при бурении. «Записки Ленинградского горного ин-та», т. 11, 1961.
27. Перетолчин В.А. и др. Применение на разрезах режущешарошечного бурового инструмента. М., 1971. 376 с.
28. Пинчук Н.П., Кудря В.А., Мельничук И.П. Методы повышения эффективности геологоразведочных скважин. Геоинформ. 2000. 168 с.
29. Поляков Некоторые вопросы механики работы шарошечных долот. // Нефтяное хозяйство, 1957. №7. С.18-25.
30. Рахимов Р.М. Разработка метода оценки работоспособности одношарошечных долот. -Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - Ташкент. 2002.
31. Рубцов С.К., Мальгин О.Н., Шеметов П.А. Оптимизация параметров взрывных работ на карьере // Горный журнал, 1992, № 2, С.30-34.
32. Рубцов С.К., Шлыков А.Г., Бибик И.П., Филь В.И. Опыт эксплуатации зарубежных буровых станков ударно-вращательного бурения на карьерах Навоийского ГМК // Горный журнал, 2001, № 12, С.25-27.
33. Саттаров Г.С., Першин М.Е., Колпакова Е.В., Лильбок Л.А., Есаулов В.Н. Научные аспекты развития работ подземного выщелачивания урана в НГМК // Горный вестник Узбекистана, 2007 г., т.28, № 1, С.39-45.
34. Скворцов Д.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997, 672 с.
35. Соловьев Н.В., Бронников И.Д., Хромин Е.Д. Бурение разведочных скважин -М: МГГА, 2002.-81 с.
36. Стеклянов Б.Л. О работе долота режуще-истирающего типа в режиме вращения вокруг двух параллельных осей. - Изв. АН УзССР. Серия Техн. наук. №3. 1981.-С. 70-73 с ил.
37. Стеклянов Б.Л. Повышение эффективности породоразрушающих буровых инструментов на основе сравнительного анализа кинетических

- характеристик их вооружения. - Дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. - Ташкент. 1990.
- 38.Стеклянов Б.Л., Зиявиддинов С.Ш., Шамансуров И.И. Экспериментальное исследование напряженного состояния вставки породоразрушающего режущего типа. // ДАН УзССР, 1969. № 7.
- 39.Толстов Е.А., Толстов Д.Е. Физико-химические геотехнологии освоения месторождения урана и золота в кызылкумском регионе. “Геоинформцентр” Москва 2002 г.
- 40.Торгашев А.В. Пути совершенствование конструкций одношарошечных долот. / Обзорная информация. М., 1989. – 20с.
41. Тошов Ж.Б. К вопросу определения шага и количества зубков при разработке шарошечных долот. // Материалы четвертой международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». Москва, Изд. РУДН, 2005. С.394-396
- 42.Тошов Ж.Б. Повышение эффективности бурения взрывных скважин на карьерах за счет разработки нового комбинированного долота -Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - Навои. 2008.
- 43.Федоров В.С. Долота для бурения на нефть. Баку Азгостоптехиздат, 1941. 156 с.
- 44.Шамансуров И.И. Стеклянов Б.Л. Кинематика шарошечных долот. Ташкент Фан УзССР, 1977. 104 с.
- 45.Шарошечные долота и бурильные головки: Каталог. Изд. ЦИНТИХИМ-НЕФТЕМАШ. М. 1990. 93 с. /Сопин П.И., Богомолов Р.М., Михайлин Ю.Т., Торгашов А.В., Логинов А.А.
- 46.Шаровар И.И. Геотехнологические способы разработки пластовых месторождений, М.: МГГУ, 1999, 240 с.
- 47.Шеметов П.А., Норов Ю.Д., Тошов Ж.Б. Повышение эффективности бурения взрывных скважин на карьерах. -Монография.- Ташкент, Фан,

2009. – 160 с.
48. Шомансуров И.И., Тошов Ж.Б., Махмудов Ш.А. Эффект применения долота комбинированного действия. // Материалы Республиканской научно-технической конференции «ISTIQLOL" (с международным участием) «Современная техника и технология горно-металлургической отрасли и пути их развития», 23-25 сентября, 2004. С.13.
49. Шрейнер Л.А. Физические основы механики горных пород. М., 1950. 407 с.
50. Шрейнер Л.А., Павлова Н.Н. Механизм разрушения твердых горных пород и новые типы шарошечных долот. // «Нефтяное хозяйство», 1954, №4.
51. Эдельштейн Е.И. Эйгелес Р.М., Экстрин Ю.Л., Королко Е.И. Теоретические и экспериментальные исследования механизма разрушения горных пород. В кн. «Проблемы механики горных пород». Алма-Ата, 1966.
52. Эйгелес Р.М. Анализ напряженного состояния породы в условиях глубокой скважины при взаимодействии ее с рабочими органами породоразрушающего инструмента. В кн. «Проблемы механики горных пород». Алма-Ата, 1966.
53. Журналы («Горный вестник Узбекистана», «ТДТУ хабарлари», «Техника юлдузлари», «Горный журнал», «Горно-аналитический бюллетень», «Mining Journal», «Mining and Metallurgy», «Mining Technology»).
54. Сайты интернета: <http://www.msmu.ru/>, <http://www.biblus.ru/>,  
<http://www.rosugol.ru/>, <http://library.ru/>, <http://www.ssgpo.kz/>,  
<http://www.ormetiz.ru/>, <http://gornoedelo.narod.ru/>, <http://www.ndki-bilim.uz/>,  
<http://www.ziyo-net.uz/>

**“УТВЕРЖДАЮ”**

Начальник Рудник “С”

ЮРУ- НГМК

Нарбоев А.Н.

201\_г.

**АКТ**

Об сравнительных испытаний серийного долота –БИТ 190,5  
и опытного одношарошечного бурового долота 190,5 СЗ-АУ

На месторождение “Сабирсай”, Рудник буровых работ СРГС-3 на участке “Шарк” в Бр. Мортанова и Бр. Ислямова нами были произведены производственные испытания серийных и опытных долот.

Для проведения сравнительных испытаний нами использована наиболее работоспособное четырехшарошечное долото БИТ 190,5 ПВ и буровые установки 1БА-15В.

Опыты проводились грунтовых и глинистых породах  $f=3 \div 5$  по шкале крепости проф. М.М. Протодьяконова.

При выборе горно- технических условий проведения опытного бурения пользовались услугами геологической службы. Опытные работы проводились при режиме бурения, позволяющим буровыми установками, типы 1БА-15В.

Которой в широком диапазоне позволяет изменения осевой нагрузки и число оборотов. При полном режиме бурения для очистки забоя скважины от шлама используются глинистый раствор, которая составляет  $M_{уд,вес}=1,16 \text{ г/см}^3$  с помощью бурового насоса НБ-50.

В процессе бурения на скв №939-03 Бр. Мартанова, с опытным долотом 190,5 СЗ-АУ;

- в интервале 0-20 м присутствуют глинистые сланцы,  $f=III$  категории по буримости. Затраченное время в этом интервале составило один ст/час.

- В интервале 20-45, присутствуют песчаник известняк  $f=V-IV$  категории по буримости. На которое было затрачено 30 мин.

В процессе бурения на скв №943-05 Бр. Мартанова, с серийным долотом марки БИТ 190,5 ;

- в интервале 0-20 м присутствуют глинистые сланцы,  $f=III$  категории по буримости. Затраченное время в этом интервале составило 1,5ст/час.

- В интервале 20-45, присутствуют песчаник известняк  $f=V-IV$  категории по буримости. На которое было затрачено 35 мин.

В процессе бурения скв № 941-07 Бр.Ислямова, с опытным долотом 190,5 СЗ-АУ;

- в интервале 10-25 м присутствуют глинистые сланцы,  $f=III$  категории по буримости. Затраченное время в этом интервале составило 40ст/мин.

- В интервале 25-45, присутствуют сланцы, песчаник известняк  $f=V-IV$  категории по буримости. На которое было затрачено 30 мин.

В процессе бурения скв № 941-07 Бр.Ислямова, с серийным долотом марки БИТ 190,5;

- в интервале 0-20 м присутствуют глинистые сланцы,  $f=III$  категории по буримости. Затраченное время в этом интервале составило 1,5 ст/час.

- В интервале 20-45, присутствуют сланцы, песчаник известняк  $f=V-IV$  категории по буримости. На которое было затрачено 35 мин.

В результате проведенных опытных и сравнительных работ- бурения на выше указанных скважинах. Опытная долото 190,5 СЗ-АУ в категориях  $f=V-IV$  по буримости, показал положительный результат, а в категориях  $f=II-III$  по буримости, показал удовлетворительный результат.

В итоге проведенных сравнительных испытаний установлено:

- при бурении в породах  $f=3\div 5$  серийным долотом максимальная скорость бурения достигается при нагрузке на долото 115-135 кН, а при бурении опытным долотом достигается при 105-120 кН.

- превышение максимальной скорости бурения опытным долотом в среднем увеличилась  $0,6\div 1,1$  раза, чем серийным долотом, а по энергоемкости разрушения опытное долото по сравнению серийным долотом снизился  $1\div 1,5$  раза.

#### **Техническая характеристика 1БА – 15 В.**

Глубина бурения	– до 500 мм;
Диаметр бурения $t_{ax}$	– 394 мм;
Диаметр бурения $t_{in}$	– 132 мм;
Скорость подъема крюка при оснастке талей $t_{in}$	– 0,2 м/с;
Скорость подъема крюка при оснастке талей $t_{ax}$	– 1,4 м/с;
Скорость подъема крюка при оснастке талей $t_{ax}$	– 2х3;
Оснастка талевой системы	– 65 об/мин;
Частота вращения $t_{in}$	– 245 об/мин;
Частота вращения $t_{ax}$	– 1 шт;
Буровой насос НБ-50	– 12,5 т;
Грузоподъемность кронблока $t_{in}$	– 20,0 т;
Грузоподъемность кронблока $t_{ax}$	– 18 т;
Высота до оси блока мачты	– 78,5 кВт.
Мощность силового привода	

**Техническая характеристика насоса НБ-50.**

Теоретическая подача	- 780÷2580 л/мин;
Давление	- 11,3÷25 мПа;
Гидравлическая мощность	- 475 кВт;
Масса	- 18800 кг.

Начальник участка СРГС-3



Сагимов Т.А.

Зам. Начальник участка СРГС-3



Болшев О.

Мастер участка СРГС-3



Намозов А.Н.