

# ***ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА : ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ***

***Цель работы:*** изучить назначение и устройство конструктивных элементов бурильной колонны.

**Бурильная колонна** (анг. drill pipe string) (БК) – связующее звено между наземным буровым оборудованием (буровая установка или станок) и подземным оборудованием (долото, бурильные трубы).

**Бурильная колонна** представляет собой длинный пустотелый вал с большой локальной и резко уменьшающейся жесткостью по мере увеличения ее длины.

## **Бурильная колонна выполняет функции:**

- 1) передает вращение от привода БУ или станка (ротор) к ПРИ;
- 2) воспринимает реактивный момент забойного двигателя;
- 3) является каналом для подачи бурового раствора к гидравлическим двигателям при бурении забойными двигателями, к ПРИ и забою скважины при всех способах бурения;
- 4) соединяет секции токопровода при бурении электробуром;
- 5) создает осевую нагрузку на ПРИ;
- 6) подъема и спуска долота, турбобура, электробура;
- 7) проведения вспомогательных работ (проработка, расширение и промывка скважины, испытание пластов, ловильные работы, проверка глубины скважины и т. д.).
- 8) Гидравлический канал связи

# ТРЕБОВАНИЯ К БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЕ И ЕЕ СОСТАВНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ

- рациональная компоновка, обеспечивающая достаточную прочность во всех своих частях, способную противостоять действию всех нагрузок; включая динамические (инерционные, вибрационные, ударные и знакопеременные) нагрузки, а также внутренние и наружные избыточные давления;

- минимальная масса (минимальные затраты энергии на спуско-подъемные работы, но должна создавать необходимые осевые нагрузки на долото и передачу крутящего момента);

- обеспечивать циркуляцию бурового раствора с минимальными гидравлическими потерями в циркуляционной системе;

- иметь конструкцию резьбовых соединений, обеспечивающую быстрое при частом свинчивании– развинчивании (замковые детали) с минимальным изнашиванием и одновременно быть герметичной;

- состояться из элементов, поверхности которых должны износостойкими к абразивному изнашиванию при трении о стенки скважины и буровой раствор, а также при захвате ключами и клиновыми захватами, но в то же время создавать минимальный износ внутренней стенки спущенных обсадных колонн;

- изготавливаться из материалов или в обработке, имеющих устойчивость к действию агрессивных сред;

- обеспечивать проведение любых технологических операций возникших при осложнениях или авариях (заливка зон поглощений, спуск и установка обсадных колонн, профильных перекрывателей, освобождение инструмента от прихвата, проведение ловильных работ и др.);

- иметь конструкцию составных элементов (труб, замков, переводников), обеспечивающую надежный захват спуско-подъемным инструментом (элеваторами и клиновыми захватами) и закреплять между собой трубы и другие элементы колонны, исключая самоотвинчивание или заедание, причем, однотипные элементы должны быть взаимозаменяемы;

- экономичной.

## **Основные элементы бурильной колонны:**

ведущая труба , бурильные трубы с соединительными замками, утяжеленные бурильные трубы.

## **Вспомогательные элементы:**

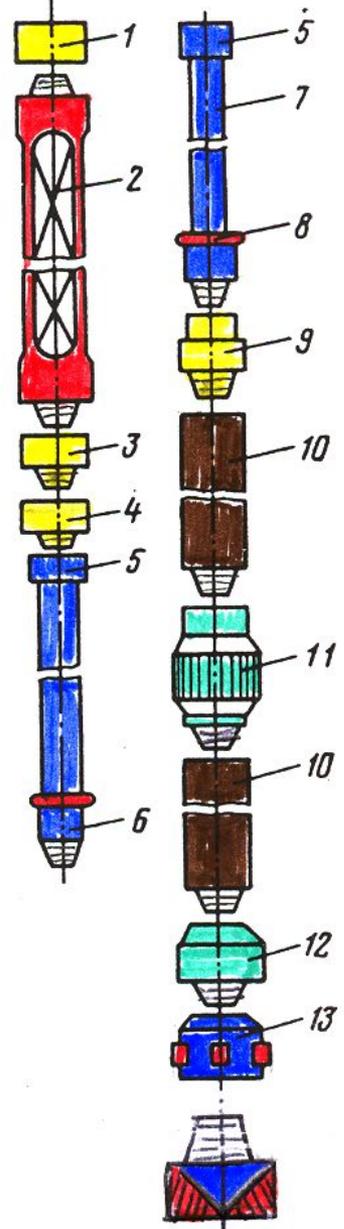
переводники различного назначения, протекторы, центраторы, стабилизаторы, калибраторы, наддолотные амортизаторы, а также

## **Элементы технологической оснастки БК**

(например, перепускные и обратные клапаны, предохранительные переводники, шламометаллоуловители и др.).

Для искусственного искривления скважины используют специальную компоновку низа бурильной колонны (КНБК).

# Конструкция бурильной колонны при роторном способе бурения



- 1 – верхний переводник ведущей трубы;**
- 2 – ведущая труба;**
- 3 – нижний переводник ведущей трубы;**
- 4 – предохранительный переводник ведущей трубы;**
- 5 – муфта замка,**
- 6 – ниппель замка;**
- 7 – бурильные трубы;**
- 8 – протектор;**
- 9 – переводник на утяжеленные бурильные трубы (УБТ);**
- 10 – УБТ;**
- 11 – центратор;**
- 12 – наддолотный амортизатор;**
- 13 – калибратор**





Представленные на рис.1а, б схемы типичных компоновок с забойным двигателем являются универсальными и применяются на всех участках направленных и горизонтальных скважин. Они используются для отклонения от вертикали и набора зенитного угла, бурения участков стабилизации зенитного угла и обеспечивают точное управление траекторией скважины. На рис.1 б показана компоновка с забойным двигателем с одним центратором над долотом и одним центратором над рабочей секцией забойного двигателя. Дополнительные центраторы улучшают работу компоновки, включающей забойный двигатель с регулируемым углом перекоса при небольших зенитных углах скважины, а также способствуют снижению силы трения бурильной колонны.

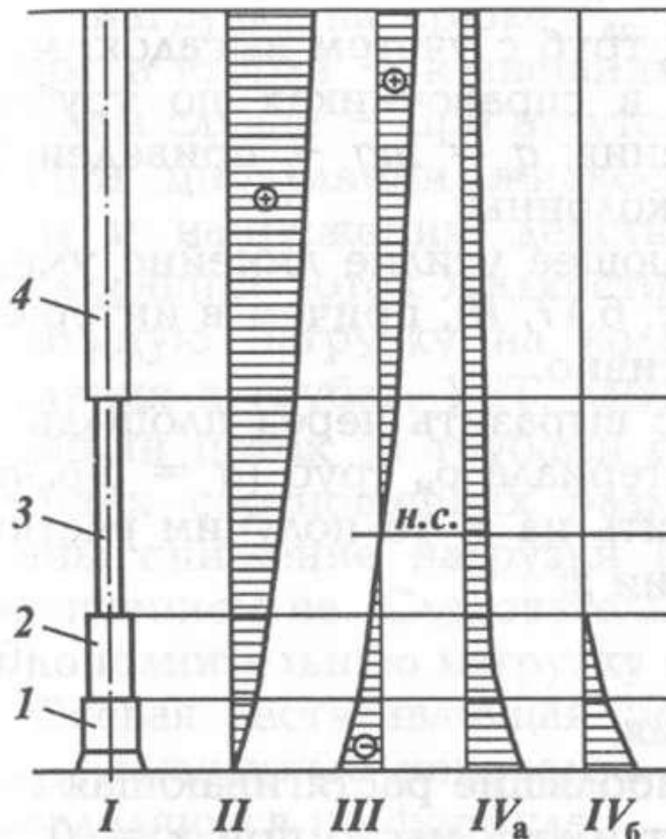
# ***УСЛОВИЯ РАБОТЫ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ***

При всех способах бурения бурильная колонна находится в условиях напряженного состояния. Особенность работы бурильной колонны как длинномерного упругого тела заключается в том, что **подвергается действию различных нагрузок: растяжению, сжатию, изгибу, кручению, внутреннему и наружному давлению и избыточным давлениям.**

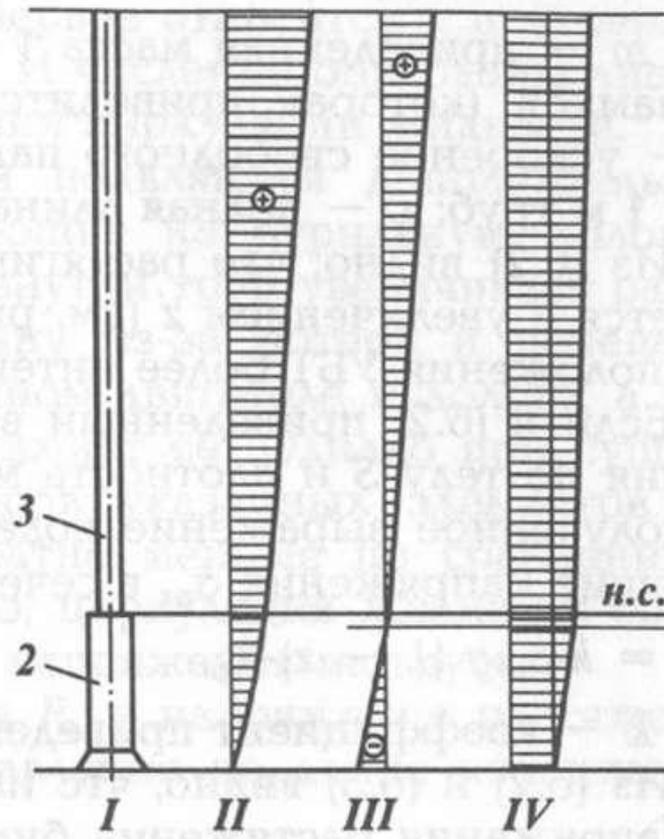
# Основные нагрузки на БК

<b>Роторное бурение, ВСП</b>	<b>Бурение с забойным двигателем</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Дополнительные переменные изгибающие нагрузки, возникающие при вращении БК</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Дополнительная осевая нагрузка растяжения в подвешенной колонне от перепада давления в турбобуре</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Крутящий момент, необходимый для вращения БК в скважине и подвода мощности к долоту</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Реактивный момент, воспринимаемый БК при работе забойного двигателя</b></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Изгибающий знакопеременный момент при вращении БК в искривленном стволе скважины</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Статический изгибающий момент при размещении БК в искривленном стволе скважины</b></li></ul>

*Бурение с забойным двигателем*



*Роторное бурение*



**Эпюры осевых усилий и моментов в бурильной колонне:**

**I - схема компоновки бурильной колонны; II - эпюра осевых усилий при ненагруженном долоте; III - эпюра осевых усилий в процессе бурения; IV - эпюра крутящего момента в процессе бурения (а - реактивный крутящий момент достигает устья; б - реактивный крутящий момент не достигает устья); Н.С. - условно нейтральное сечение. 1 - забойный двигатель; 2 - утяжеленные бурильные трубы; 3 - колонна СБТ; 4 - колонна ЛБТ**

# КЛАССИФИКАЦИЯ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Бурильные трубы могут быть классифицированы по следующим признакам:

- 1. По категории скважин, для бурения которых они преимущественно предназначены:**
  - бурильные трубы для структурно-поискового бурения (как правило, меньших размеров) и капитального ремонта скважин  $\varnothing 60-120$  мм;
  - бурильные трубы для эксплуатационного и геолого-разведочного бурения  $\varnothing 114-168$  мм.

## 2. По способу бурения:

- бурильные трубы для роторного бурения и бурения с гидравлическими забойными двигателями (ГЗД);
- бурильные трубы для электробурения.

### **3. По назначению:**

- бурильные трубы (БТ);
- ведущие бурильные трубы (ВБТ) («квадрат»);
- утяжеленные бурильные трубы (УБТ и УБТС);
- бурильные трубы для ликвидации аварий.

# Утяжеленные бурильные трубы (УБТ)

Предназначены для:

- **повышения жесткости** бурильной колонны в сжатой ее части;
- увеличения веса компоновки, создающей **нагрузку на долото**.

К УБТ предъявляются повышенные требования по **прямолинейности, соосности и сбалансированности**.

Три типа УБТ:

- 1)** горячекатаные из сталей групп прочности Д и К (**УБТ**);
- 2)** сбалансированные **УБТС-1** из стали марки 40ХН2МА ( $\sigma_T = 650$  МПа) с термообработкой по всей длине;
- 3)** сбалансированные **УБТС-2** с термообработкой концов трубы.

# Утяжеленные буровые трубы

Утяжеленные  
буровые  
трубы

Шифр

**УБТ 178x71**

**A**

Гладкая термообработанная утяжеленная буровая труба без проточек с номинальным наружным диаметром 178 мм и внутренним диаметром – 71 мм



# Толстостенные буровые трубы

Толстостенные  
буровые  
трубы



## Исполнения:

с одним центральным утолщением-(I);

с двумя центральными утолщениями-(II);

с центральным утолщением и со спиральными канавками-(III).

**Труба буровая толстостенная** (ТБТ)  
осевой нагрузки порода разрушающий инструмент и  
предназначена

для создания  
момента

передачи вращения от ротора при бурении сложных

горизонтальных скважин.

Трубы изготавливаются из легированных сталей с термообработкой по

всей  
длине.

# Толстостенные буровые трубы

Толстостенные  
буровые  
трубы

Шифр

ТБТ-11

4

Труба буровая толстостенная с  
номинальным наружным  
диаметром 114 мм





## **5. По материалу:**

- стальные бурильные трубы (СБТ);
- легкосплавные бурильные трубы (ЛБТ):
  - алюминиевые бурильные трубы (АБТ);
  - титановые бурильные трубы (ТБТ).

## **6 По конструкции СБТ подразделяются на:**

1) трубы сборной конструкции;

- с высадкой внутрь, трубная резьба треугольного профиля;

- с высадкой наружу, трубная резьба треугольного профиля;

Соединение между собой при помощи замков типов ЗН, ЗШ, ЗУ

- с коническими стабилизирующими поясками и трапецаидальными резьбами - замки типов ЗШК и ЗУК;

ТБВ 127 x 9 Д

## 2) трубы с приварными замками

Трубы различаются формой высадки и опорного уступа под элеватор.

- ПВ - трубы с внутренней высадкой;
- ПН - трубы с наружной высадкой;
- ПК - трубы с комбинированной высадкой.

Обозначение типо-размера	Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм
102x8	101,6	8,4	84,8
114x9	114,3	8,6	97,1
114x11	114,3	10,9	92,5
127x9	127,0	9,2	108,6
127x13	127,0	12,7	101,6
140x9	139,7	9,2	121,3
140x11	139,7	10,5	118,7

## Особенности ЛБТ:

- низкая плотность материала ЛБТ обуславливает кратно меньшую силу прижатия труб к стенкам наклонной скважины; этот эффект усиливается с увеличением зенитного угла скважины;
- алюминиевый сплав имеет почти в 3 раза меньший модуль упругости, легче деформируется, поэтому сила прижатия трубы, обусловленная упругостью труб, меньше, чем при использовании стальных труб;
- ЛБТ изготавливаются методом прямого гидравлического прессования, что позволяет получать любую конфигурацию наружной и внутренней поверхности труб;
- ЛБТ имеют более гладкую внутреннюю и наружную поверхности и создают примерно на 20% меньшие гидросопротивления течению бурового раствора;
- материал ЛБТ обладает немагнитными свойствами, что позволяет проводить измерения магнитометрическими инклинометрами через бурильную колонну;
- ЛБТ легко разбуриваются буровым долотом, что важно при ликвидации прихваченной колонны, составленной из ЛБТ.

## Отрицательные особенности ЛБТ:

- вследствие низкой твердости материала износ тела ЛБТ происходит более интенсивно;
- алюминиевые сплавы менее стойки к химическому воздействию, что накладывает ограничения на состав бурового раствора;
- алюминиевые сплавы менее термостойки (так, уже при температуре  $150^{\circ}\text{C}$  предел текучести и пластические свойства сплава начинают падать);
- боится сероводород.

**По конструкции ЛБТ подразделяются на:**

1) трубы сборной конструкции;

2) трубы цельной конструкции  
(беззамковые ЛБТ).

# Легкосплавные БТ сборной конструкции



ЛБТ можно классифицировать по термостойкости:

- 1) для нормальных температур;
- 2) для повышенных температур.

ЛБТ сборной конструкции соединяются между собой на резьбе с помощью бурильных замков типа ЗЛ (замок легкий). В этих трубах применена резьба треугольного профиля по ГОСТ 631-75, либо трапециадальная по ГОСТ 632 -80 (в трубах диаметром 147 мм).

ЛБТ изготавливаются из сплава алюминия Д16 с химическим составом по ГОСТ 4784-74, подвергают закалке и естественному старению, после чего материал приобретает шифр Д16Т.

Для скважины при температуре выше  $150^{\circ}\text{C}$  разработаны трубы из сплава АК4-1Т для повышенных температур.

Трубы из высокопрочного сплава 1953Т1 - до температуры  $100^{\circ}\text{C}$ .

## **6. По магнитным свойствам:**

- бурильные трубы из магнитных материалов;
- бурильные трубы из немагнитных материалов (дюралюминий, немагнитной стали).

## **7. По прочности материала труб:**

- обычной прочности (для стальных труб - из сталей различных групп прочности);
- повышенной прочности.

# Бурильные трубы

Группа прочности стали	Д	К	Е	Л	М	Р	Т
Предел <b>текуче-</b> <b>сти</b> е- при растяж нии $\sigma_T$ , МПа	380	500	550	650	750	900	1000
Предел <b>прочно-</b> <b>сти</b> е- при растяж нии $\sigma_p$ , МПа	650	700	750	800	900	1000	1100

## **8. По способу соединения между собой:**

- бурильные трубы сборной конструкции;
- бурильные трубы цельной конструкции (беззамковые бурильные трубы).

## 9. По способу составления колонны бурильных труб:

- бурильные трубы стандартной длины;

применяют горячекатаные бесшовные бурильные трубы с диаметрами **(60, 73, 89, 102), 114, 127 и 140 мм.**

толщина стенок труб от **7** до **11**мм, длина трубы - **6м, 8м и 11,5м** (в партии труб допускается до 25% труб длиной 8м и до 8% – длиной 6 м).

- непрерывные бурильные трубы.

# БТ ниппельного соединения



# БТ муфтового соединения



## **10. По фактическому состоянию труб в процессе их эксплуатации:**

- бурильные трубы 1-го класса;
- бурильные трубы 2-го класса;
- бурильные трубы 3-го класса.

## Другие элементы бурильных колонн

**Переводники** представляют собой короткие толстостенные патрубки, снабженные резьбами (за небольшим исключением – замковыми), и служат для соединения частей или отдельных элементов бурильной колонны.

Переводники подразделяются на:

- 1) переходные – П;
- 2) ниппельные – Н;
- 3) муфтовые – М;
- 4) предохранительные – П.



**Центраторы** различных типов применяются для центрирования нижнего направляющего участка бурильной колонны в стволе скважины и предупреждения самопроизвольного его искривления. Все типы центраторов работают на принципе отжатия бурильной колонны от стенки скважины.

**Калибраторы** предназначены для выравнивания стенок скважины и доведения ее диаметра до номинального при потере долотом диаметра вследствие износа. Главная цель применения калибратора – придание стволу скважины формы правильного кругового цилиндра, т.е. калибровка ствола скважины.

**Стабилизаторы** предназначены для стабилизации (улучшения условий) работы нижнего направляющего участка бурильной колонны путем ограничения стрелы прогиба труб, особенно при наличии каверн, гашения поперечных (частично продольных и крутильных) колебаний бурильного инструмента на контактах его со стенкой скважины.

Стабилизаторы конструктивно аналогичны центраторам.

**Амортизаторы** применяют с целью снижения амплитуды динамических (вибрационных и ударных) осевых и моментных нагрузок, а также поперечных сил, возникающих в процессе бурения.

**Протекторные кольца** предназначены для защиты бурильных и обсадных колонн (кондукторов, промежуточных колонн) от износа при вращении колонны и СПО.

По способу установки, крепления, материалу и конструкции в настоящее время применяются протекторные кольца трех основных групп.

- 1) резиновые – по ГОСТ 6365-74 и типа КП.
- 2) резинометаллические – типа ПС.
- 3) металлические – типа ПЭ.

**Обратные клапаны** устанавливаются с целью предупреждения поступления в бурильную колонну при отсутствии циркуляции обогащенного шламом бурового раствора из затрубного пространства и что более важно – пластового флюида, особенно газа, при вскрытии высоконапорного пласта.

## Фильтры

предназначены для предупреждения попадания в бурильную колонну посторонних предметов (щепок, обрывков резины и др.), которые могут привести к забиванию проточных каналов

гидравлических забойных двигателей и отверстий долота.



## Шламометаллоуловитель (ШМУ)

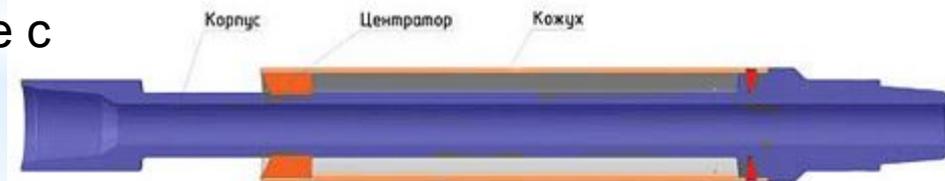
предназначены для улавливания мелких кусков металла, случайно попавших в скважину или оставшихся в ней после разбуривания и подъема металлических предметов (долота, его частей и др.) магнитным фрезером, а также крупных частиц шлама.

Шламометаллоуловители выпускаются следующих видов:

по длине:

- короткий К (по стандарту глубина корзины 250 мм либо 260 мм) - для использования в компоновке с долотом;
- средний С (по стандарту глубина корзины 500 мм либо 600 мм ) и длинный Д (750 мм либо 800 мм) - для использования в компоновке с фрезером;

по требованию Заказника возможно изготовление любой другой глубины корзины.



**Пример записи при заказе:** Шламометаллоуловитель типа ШМУ, короткий, с соединительными элементами вида «муфта-муфта», наружным диаметром 114 и правой соединительной резьбой: **ШМУ-К-ММ-114**

По окончании лабораторной работы сделайте  
выводы в отчете