

Бурение

нефтяных и газовых скважин

4. БУРИЛЬНАЯ КОЛОННА

Балаба Владимир Иванович
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Фрагменты презентации

4.1. Назначение и конструкция бурильной колонны

Бурильная колонна (БК) - непрерывная многозвенная система инструментов между вертлюгом на поверхности и долотом на забое скважины.

Иногда в состав бурильной колонны включают также долото и забойный двигатель и выделяют **КОЛОННУ бурильных труб** как часть бурильной колонны.



БК в процессе углубления ствола скважины выполняет следующие функции:

- передает мощность от поверхностного привода к долоту и сообщает ему вращательное движение, создает нагрузку на долото;
- служит каналом подачи циркуляционного агента к забою;
- воспринимает реактивный момент при работе забойного двигателя;
- обеспечивает проведение скважинных исследований (например, исследование пластов);



БК в процессе углубления ствола скважины выполняет следующие функции:

- **обеспечивает выполнение специальных работ по ликвидации аварий в скважине (освобождение и извлечение прихваченного инструмента, подъем оставшихся на забое металлических предметов и т.д.).**
- **при бурении электробуром служит каналом, в котором закрепляется кабельный токоподвод.**

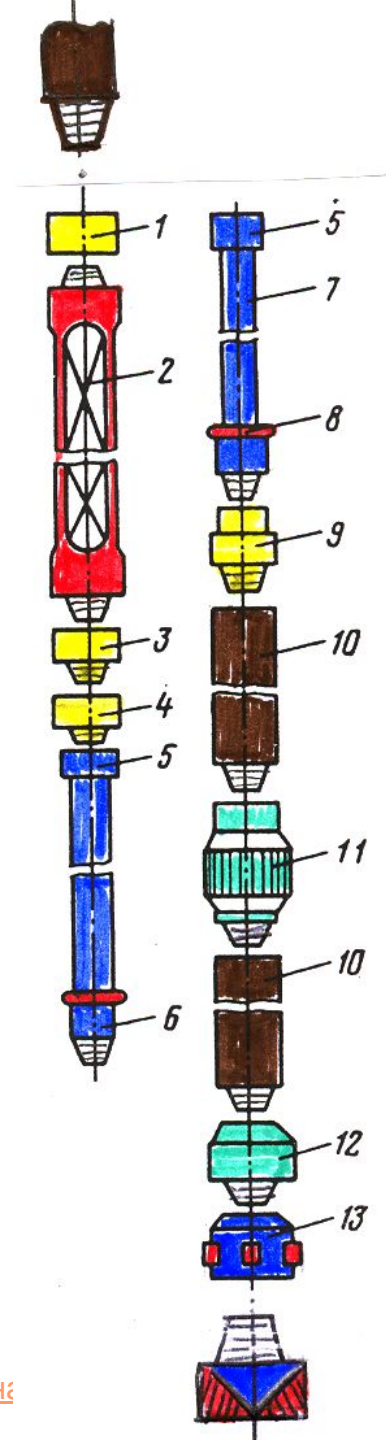
При **креплении** скважины бурильную колонну используют для секционного спуска обсадных колонн, установки цементных мостов.



Конструкция бурильной колонны

- 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

Балаба В.И.



Бурильная колонна

Основные элементы буровой колонны: ведущая труба, буровые трубы с соединительными замками, утяжеленные буровые трубы (**УБТ**).

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.).

Балаба В.И.



4.2.2. Бурильные трубы

В глубоком бурении применяют горячекатаные бесшовные **стальные** (**СБТ**) и **легкосплавные** (**ЛБТ, АБТ**) бурильные трубы с номинальными диаметрами **(60, 73, 89, 102), 114, 127 и 140 мм.** Толщина стенок труб от **7** до **11** мм, длина **11,5** м.

(в партии труб допускается до 25% труб длиной 8 м и до 8% – длиной 6 м).



Бурильные трубы

Группа прочности стали	Д	К	Е	Л	М	Р	Т
Предел текучести при растяжении σ_T , МПа	380	500	550	650	750	900	1000
Предел прочности при растяжении σ_p , МПа	650	700	750	800	900	1000	1100



4.2.3 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.**

Балаба В.И.



Утяжеленные бурильные трубы

УБТС-1

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.



Выбор длины УБТ

Вес УБТ должен на 25% превышать нагрузку на долото $P_{\text{УБТ}} = 1,25 P_{\text{д}}$ (на 17,5% с учетом выталкивающей силы промывочной жидкости).

$$l_{\text{УБТ}} = 1,175 P_{\text{д}} / [q_{\text{УБТ}} (1 - \rho_{\text{ж}} / \rho_{\text{ст}}) g],$$

где $l_{\text{УБТ}}$ – длина УБТ, м; $P_{\text{д}}$ – нагрузка на долото, Н; $q_{\text{УБТ}}$ – масса 1 м УБТ, кг; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность промывочной жидкости, кг/м³; $\rho_{\text{ст}}$ – плотность материала УБТ, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с².

Балаба В.И.



4.3. Вспомогательные элементы бурильной колонны

4.3.1. Переводники

Переводник
переходный ПП

Балаба В.И.

Переводник
муфтовый ПМ

$L = 300-670$ мм, $D = 95-254$ мм

Переводник
ниппельный ПН



4.3.2. Протектор

Предназначен для предохранения бурильных труб и соединительных замков от поверхностного износа, а также обсадной колонны от протирания при перемещении в ней бурильных труб. Наружный диаметр протектора превышает диаметр замка.

$L = 192-270$ мм, $D = 150-202$ мм,
 $M = 6,1-8,8$ кг



4.3.3. Центратор

Опорно-центрирующий элемент в составе КНБК, служащий промежуточной опорой БК о стенки скважины. Обеспечивает уменьшение прогиба КНБК. Выполняются с **прямыми ребрами** (длина опорной поверхности центратора примерно 0,5 м) и со **спиральными ребрами**.

Балаба В.И.



4.3.4. Стабилизатор

Опорно-центрирующий элемент для сохранения соосности **большого участка бурильной колонны** в стволе скважины. От центриатора он отличается большей длиной, которая примерно в 20–30 раз превышает диаметр. В качестве стабилизатора используют, например, квадратную ведущую трубу с армированными твердым сплавом ребрами. Функции стабилизатора может выполнять компоновка УБТ с несколькими близко установленными центриаторами.



4.3.5. Калибратор

Породоразрушающий инструмент для обработки стенок скважины и сохранения номинального диаметра ствола скважины в случае износа долота. Калибратор **размещают непосредственно над долотом**. Он одновременно выполняет роль центриатора и улучшает условия работы долота. По вооружению калибраторы подразделяются на **шарошечные, лопастные** (твердосплавные) и **алмазные**.

Бадаба В И



4.3.6. Амортизатор наддолотный

(забойный демпфер)

Устанавливают в БК между долотом и УБТ для гашения высокочастотных колебаний, возникающих при работе долота на забое скважины.

Снижение вибрационных нагрузок приводит к увеличению ресурса работы БК, повышению стойкости долота и позволяет поддерживать режим бурения.

Балаба В.И.



Амортизатор наддолотный

По принципу действия и конструкции выделяют демпфирующие устройства двух типов:

- амортизаторы-демпферы **механического действия**, включающие упругие элементы (стальная пружина, резиновые кольца или шары, другие элементы);
- виброгасители-демпферы **гидравлического или гидромеханического действия** (поглотители гидравлических ударов, гидроакустические ловушки и др.).



4.4. Условия работы БК в скважине

Наиболее существенные факторы:

- величина и характер действующих нагрузок;
- концентрация напряжений в местах сопряжения элементов БК;
- коррозионное воздействие среды;
- абразивное воздействие стенок скважины и БШ;
- трение БК об обсадную колонну;
- колебательные процессы и резонансные явления в бурильной колонне.

В процессе бурения БК подвергается действию **статических, динамических и переменных** (в т.ч. циклических) **нагрузок**.



Основные нагрузки на БК

Роторное бурение, ВСП

Бурение с забойным двигателем

- **Осевая нагрузка растяжения от собственного веса БК, подвешенной в скважине, и перепада давления в долоте.**
- **Продольное усилие сжатия в нижней части БК, разгруженной на забой.**
- **Осевые динамические (инерционные) нагрузки, возникающие при проведении СПО.**
- **Дополнительные осевые нагрузки, необходимые для преодоления местных сопротивлений и сил трения при подъеме БК и при освобождении ее от прихвата.**

Балаба В.И.



Основные нагрузки на БК

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

Балаба В.И.



4.5. Проектирование бурильной колонны

4.5.1. Требования к БК

Бурильная колонна должна:

- 1) быть прочной во всех ее частях, по возможности легкой и в тоже время обеспечивать создание достаточных осевых нагрузок на долото;
- 2) не допускать самопроизвольного искривления или отклонения ствола скважины от заданного направления;
- 3) быть герметичной и обеспечивать циркуляцию БПЖ с минимальными гидравлическими потерями;



Требования к БК

4) обеспечивать быстрое свинчивание-развинчивание и надежное крепление труб и других элементов колонны между собой. Резьбовые соединения должны обеспечивать взаимозаменяемость, иметь прочность, не уступающую прочности тела трубы, противостоять действию ударных и постоянно меняющихся по величине знакопеременных нагрузок.



4.5.2. Структура БК

Одноразмерной (одноступенчатой) называется БК, составленная из труб одного наружного (номинального) диаметра, **многомерной** (многоступенчатой) - из труб двух (двухразмерная) и более номинальных диаметров.

Участок БК, составленный из труб одного наружного диаметра называется **ступенью**.

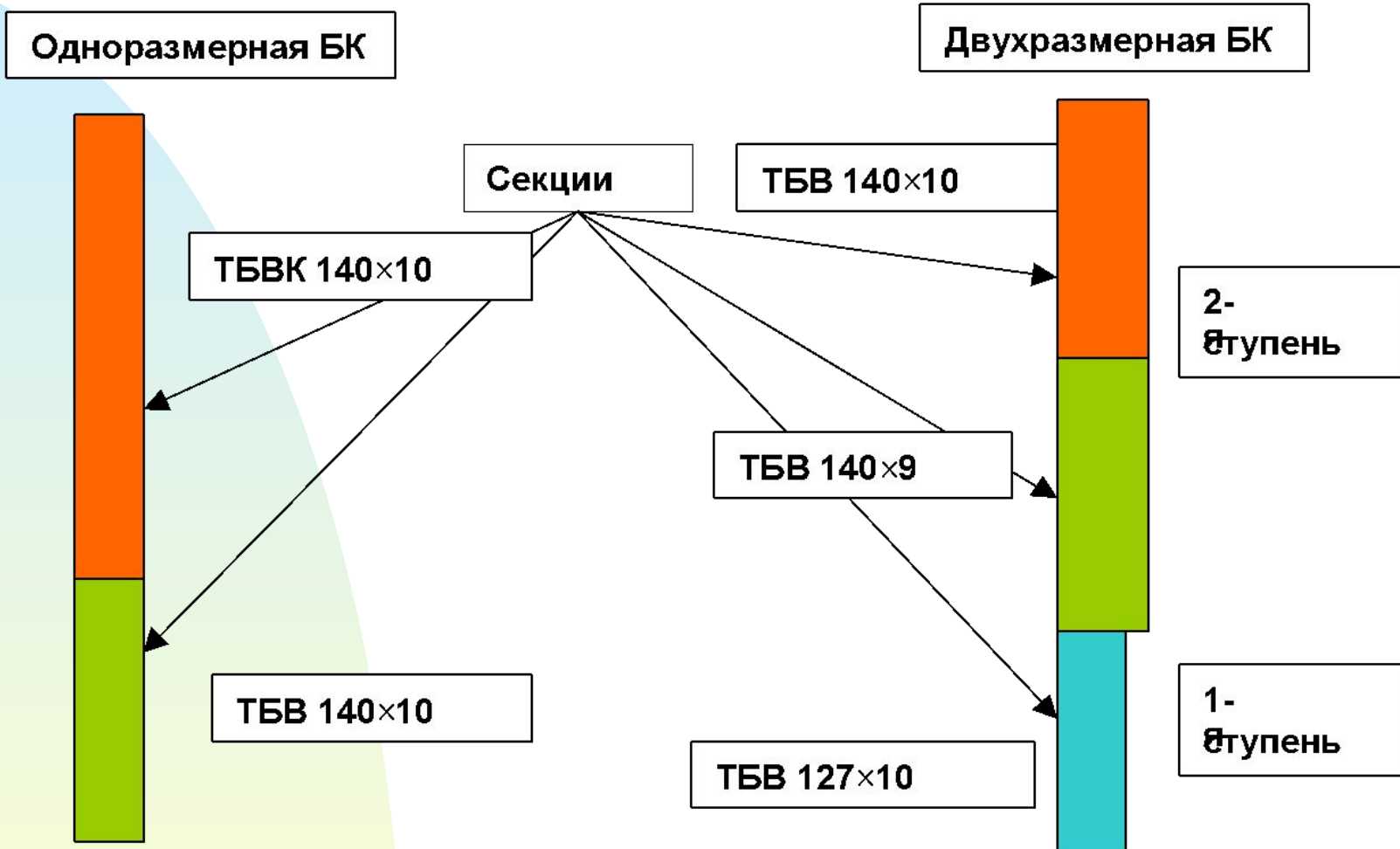
Участок БК, составленный из труб одного наружного диаметра, с одинаковыми толщиной стенки, конструкцией резьбового соединения и группой прочности металла называется

секцией

Балаба В.И.



Структура БК



Балаба В.И.



4.5.3. Задачи проектирования БК

- а)** выбор диаметральных размеров и конструкции (типов) ее элементов;
- б)** определение необходимого числа ступеней и длины секций на основе принципа условной равнопрочности всех участков и элементов бурильной колонны по отношению к основным действующим нагрузкам;
- в)** проверка на прочность в клиновом захвате верхней трубы каждой секции при спуске колонны;

Задачи проектирования БК

- г) проверка на прочность бурильных труб, расположенных у устья скважины, при действии внутреннего избыточного давления, а нижней трубы при действии избыточного наружного давления циркуляционного агента;
- д) проверка на выносливость бурильных труб, находящихся под действием переменных напряжений изгиба и постоянных напряжений растяжения;
- е) определение необходимых крутящих моментов свинчивания резьбовых соединений бурильной колонны.



4.5.4. Выбор диаметров труб и обоснование КНБК

Диаметр бурильных труб и УБТ выбирают на основе рекомендуемых соотношений размеров долот, бурильных труб, УБТ и забойного двигателя с учетом диаметра обсадной колонны, под которую ведется бурение.

Жесткость наддолотного комплекта УБТ должна быть не ниже жесткости обсадной колонны, которую затем предстоит спустить в данный интервал.

Балаба В.И.



Выбор диаметров труб и обоснование КНБК

Чтобы избежать опасной концентрации напряжений в месте соединения БТ с УБТ, отношение наружных диаметров бурильных труб и УБТ принимают *не менее 0,75*.

При меньшей величине соотношения над КНБК включают одну или несколько секций УБТ меньшего диаметра.

Диаметр УБТ нижней секции не должен превышать диаметра забойного двигателя.

Балаба В.И.



4.6. Принципы расчета бурильной колонны

БК рассчитывают на статическое нагружение от совместного действия *нормального* (*растягивающего*) σ_p , *касательного* τ и *изгибающего* $\sigma_{изг}$ напряжений.

Условие прочности в общем виде (для наклонно направленной скважины) имеет вид:

$$\sqrt{(\sigma_p + \sigma_{изг})^2 + 3\tau^2} \leq \frac{\sigma_T}{K_{зап}}$$

Здесь σ_m - предел текучести материала бурильных труб, Па;

$K_{зап}$ - коэффициент запаса прочности



Принципы расчета БК

В соответствии с п. 2.6.21. Правил $K_{зап}$ для роторного бурения не менее 1,5, для бурения забойными двигателями - 1,4.

В вертикальных скважинах $\sigma_{изг}$ пренебрежимо мало, поэтому:

$$\sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau^2} \leq \frac{\sigma_T}{K_{зап}}$$

В расчетах используют упрощенный вариант этого условия:

$$1,04\sigma_p \leq \frac{\sigma_T}{K_{зап}}$$

Здесь **1,04** - коэффициент, учитывающий касательные напряжения.

Балаба В.И.



4.7. Эксплуатация бурильных труб

Основные требования:

- соблюдение оптимальных соотношений между номинальными диаметрами БТ, УБТ и долота;
- использование комплекта УБТ, создающего требуемую нагрузку на долото за счет собственного веса и разгружающего БТ от продольных сжимающих усилий;
- использование спиральных и квадратных УБТ в случае повышенных требований к стабилизации низа БК;



Эксплуатация бурильных труб

- профилактика резонансного усиления колебательных процессов в БК;
- систематический контроль износа БТ и замков к ним, УБТ и переводников и их резьбовых концов;
- учет работы БТ и своевременное заполнение паспортов на комплекты труб;
- своевременная выбраковка БТ, имеющих чрезмерный износ или недопустимую стрелу прогиба.

