

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Институт природных ресурсов  
Кафедра бурения скважин



# Монтаж и эксплуатация бурового оборудования

*Курс лекций*

**Автор: Епихин А.В.**  
**ст. преп. каф. бурения скважин**

Томск-2015 г.



# **Модуль 1**

## **Лекция №7**

- **Технологическая оснастка обсадной колонны: состав, типы, конструкции**
- **Обсадная колонна: состав, конструкция, классификация**
- **Проектирование и расчет обсадной колонны и технологической оснастки для сооружения скважины**



## **ТЕМА 1.**

# ***Обсадная колонна и технологическая оснастка: типы, классификации, конструкции***



# Типы обсадных труб

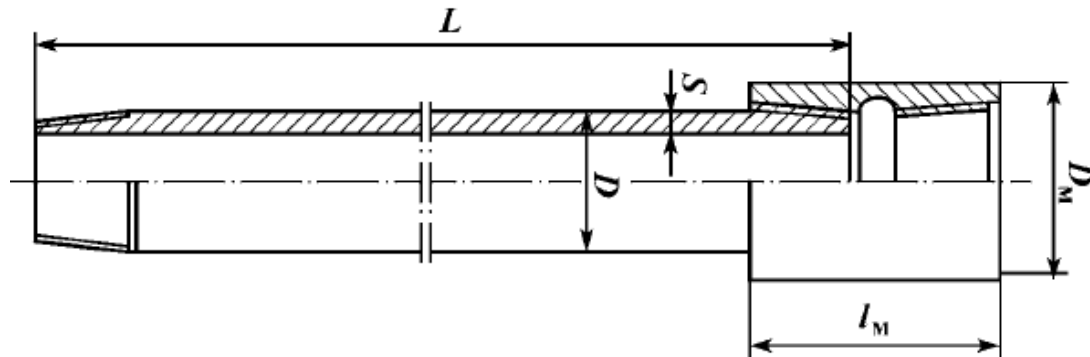
- Муфтовые с короткой и удлиненной конической резьбой треугольного профиля;
- Муфтовые с конической резьбой трапецеидального профиля (ОТТМ);
- Муфтовые с конической резьбой трапецеидального профиля и коническими уплотнительными поясками на концах за резьбой со стороны меньших диаметров (ОТТГ);
- Типа ОТТМ с уплотнительным противозадирным покрытием резьбы муфт;
- С узлом уплотнения из полимерного материала
- Гладкие безмуфтовые с резьбой ОГ1М;
- Типа ОТТГ с повышенной пластичностью и хладостойкостью и муфты к ним;
- Муфтовые с упорной конической резьбой трапецеидального профиля «Батресс»;
- Равнопроходные с резьбой «Батресс»;
- Трубы ОТТМ и «Батресс» стойкие к сероводородному растрескиванию (до 6%);
- Муфтовые электросварные с упорной конической резьбой «Батресс» и узлом уплотнения из полимерного материала;
- Безмуфтовые толстостенные с резьбой типа ОТТМ высокопрочные;
- Муфтовые типа «Батресс» с повышенным сопротивлением смятию;
- Муфтовые с резьбой типа «Батресс»;
- Муфтовые бесшовные типа ОТТМ-В, оснащенные резьбой, унифицированной с резьбой типа «Батресс»;
- Безмуфтовые бесшовные типа «СТТ» с резьбовым соединением, которые являются аналогом резьбы типа «FL 4S» по стандарту API;
- Типа ОТТГ диаметром 245 мм из стали прочности Р.





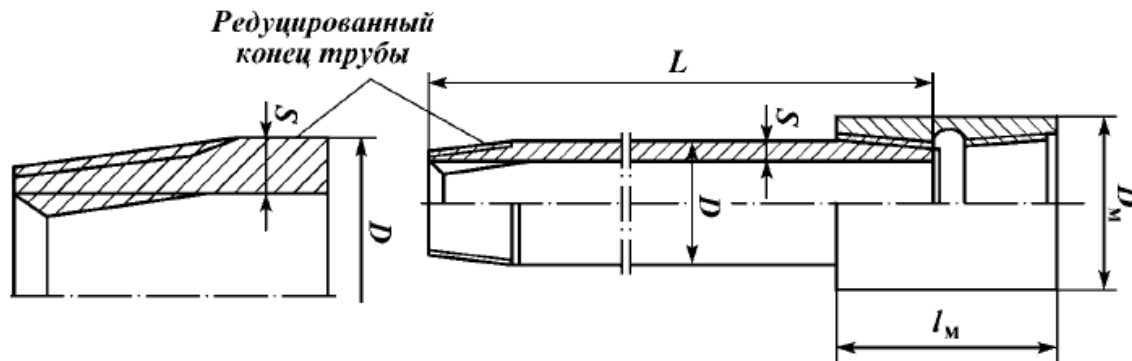
# Трубы обсадные муфтовые

Герметичность соединения создается уплотнение в зазорах резьбовой смазки при свинчивании механическим способом.



## Трубы обсадные муфтовые с конической резьбой треугольного профиля и упрочненными концами за счет редуцирования

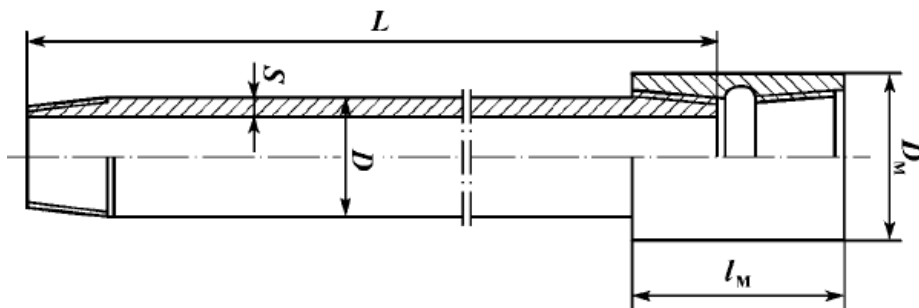
Выполнение резьбового участка от торца трубы до основной плоскости коническим с постоянной толщиной стенки и конусностью, равной конусности резьбы. Толщина стенки под резьбой увеличена. На концах труб фаска для прохождения инструмента.





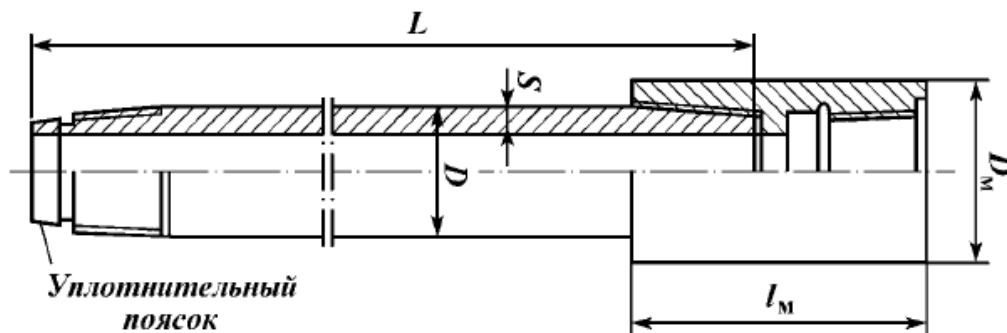
# Трубы обсадные с конической резьбой трапецеидального профиля (ОТТМ)

Хорошая свинчиваемость, без перекосов и заеданий. Меньшее число оборотов. Высокая прочность по отношению к растягивающим нагрузкам.



## Трубы обсадные с конической резьбой трапецеидального профиля и коническими уплотнительными поясками

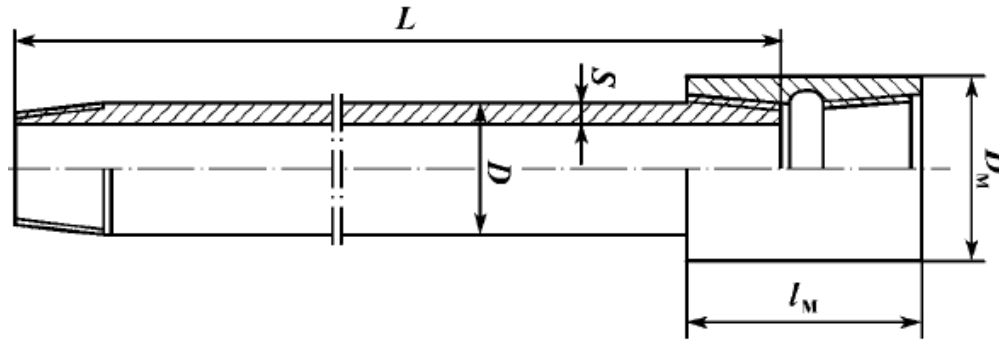
Высока герметичность за счет конических уплотнительных поясков, расположенных за резьбой со стороны меньших диаметров.





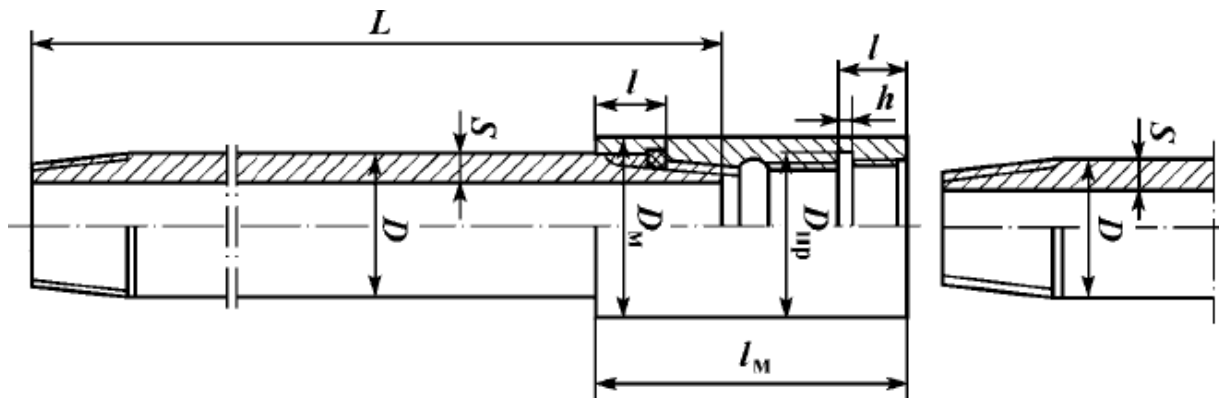
# Трубы типа ОТТМ с уплотнительным антизадирным покрытием резьб муфт

Толщина покрытия от 29-30 до 30-50 мкм. Улучшение свинчиваемости, снижение на 10-20% крутящего момента при сборке, исключение заедания при сборке.



# Трубы обсадные типов ОТТМ и ОТТГ с узлом уплотнения из полимерного материала

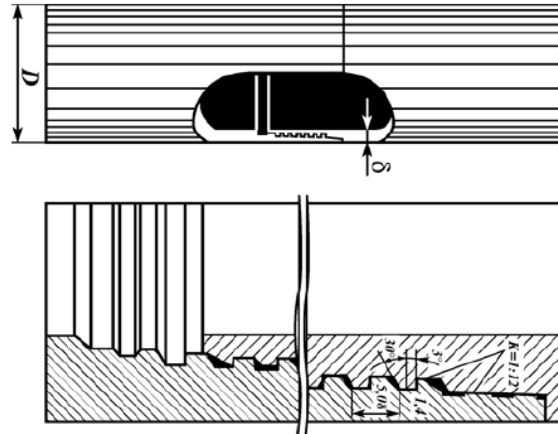
Наличие в муфтах проточек для размещения уплотнительных колец из полимерного материала.





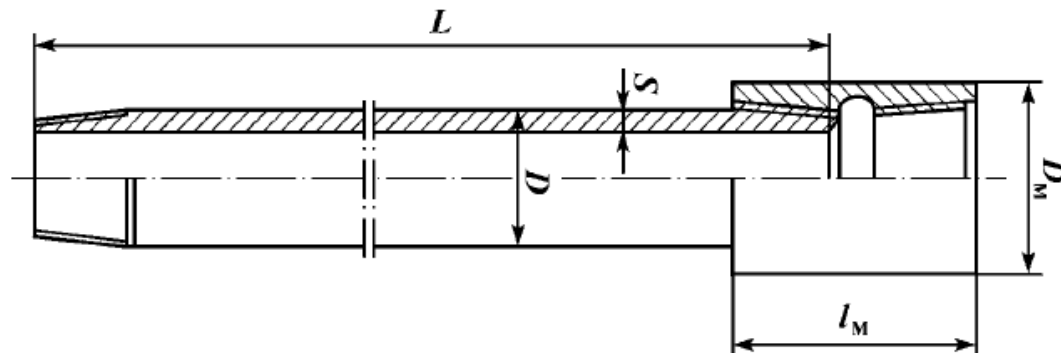
# Трубы обсадные безмуфтовые ОГ1М

Спуск в скважину в качестве потайных колонн, хвостовиков, либо в качестве ЭК в скважинах со стесненными зазорами.



# Трубы обсадные с упорной конической резьбой трапецеидального профиля «Батресс»

Высокая герметичность и прочность на растягивающие нагрузки по сравнению с резьбой треугольного профиля.

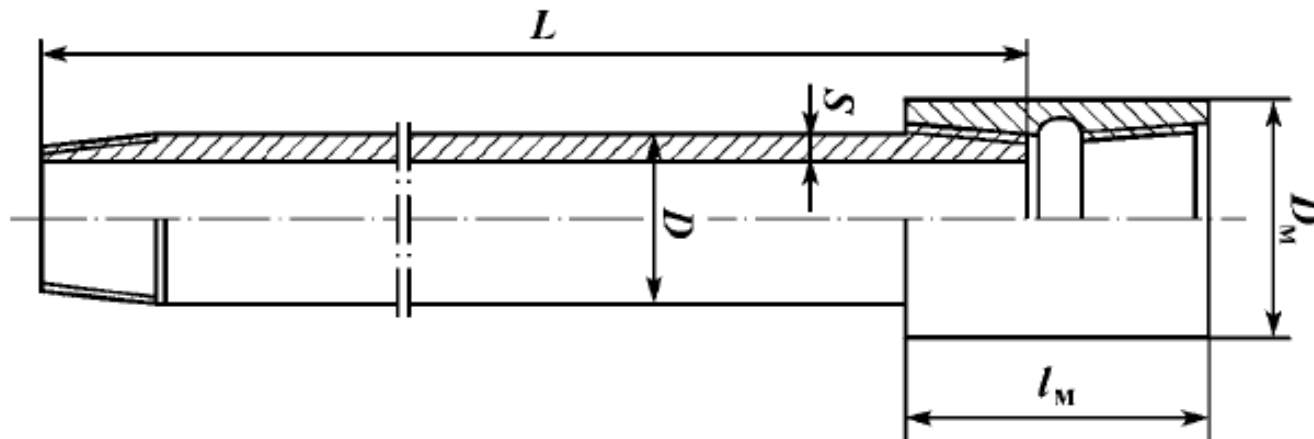






# Трубы обсадные электросварные с упорной конической резьбой типа «Батресс»

Повышенная точность по наружному диаметру и толщине стенки. Прочность резьбового соединения по отношению к прочности основного тела трубы – 0,9 = уровень прочности горячекатанных труб ОТТМ.



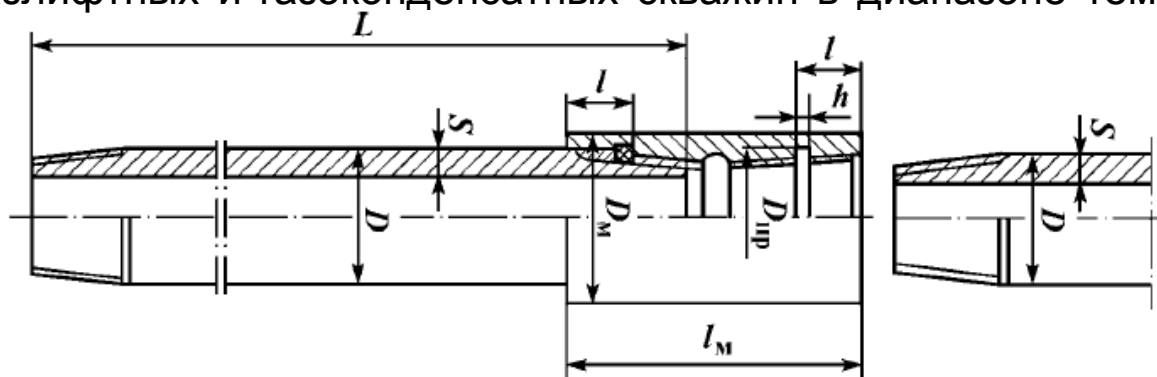
## Трубы обсадные муфтовые повышенной коррозионной стойкости и хладостойкости с резьбой типа «Батресс»

Марки стали – 25 «М» селект, 20 «М» селект и 20 «С» селект.



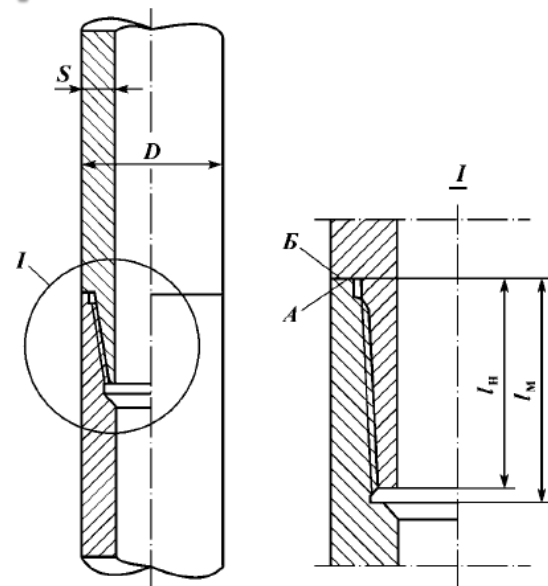
# Трубы обсадные электросварные с резьбой типа «Батресс» и узлом уплотнения из полимерного материала

Крепление газлифтных и газоконденсатных скважин в диапазоне температур -60 до +250 С.



## Трубы обсадные ОТТМ безмуфтовые, толстостенные с резьбой, высокопрочные

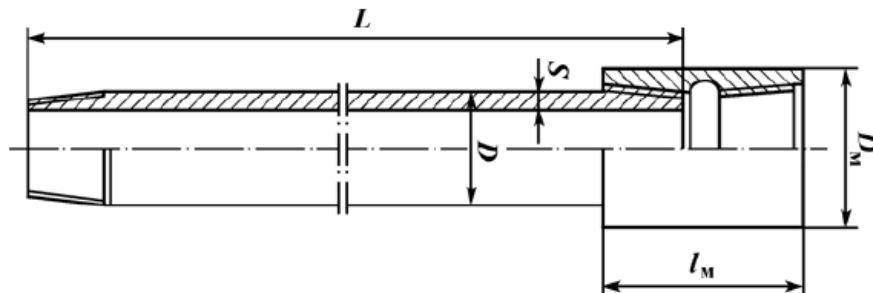
Введение в конструкцию резьбы ОТТМ дополнительного уплотнения А на торце ниппельного конца и Б на торце муфтового конца, что обеспечивает повышенную герметичность труб.





## Трубы обсадные с резьбой ОТТМ-В, стойкие к сероводородному растрескиванию в среде с содержанием до 6%

Сталь группы прочности АС-75-2 (28ГМ). Термообработка.

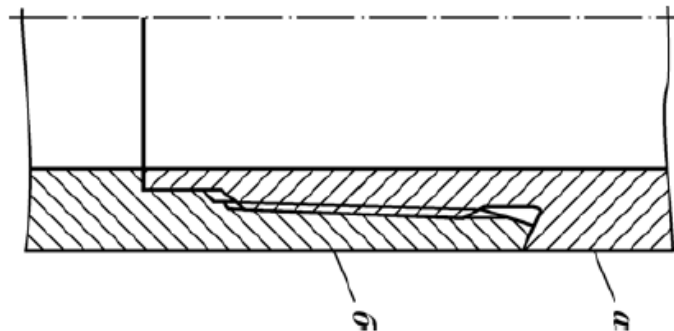


## Трубы обсадные ОТТГ в хладостойком исполнении диаметром 245 мм

Крепление газовых скважин в районах Крайнего Севера.

## Трубы обсадные стальные бесшовные безмуфтовые с резьбовым соединением типа СТТ (аналог FL 4S)

Использование в качестве хвостовика или другой потайной колонны, при работе на высоких давлениях.





# Типы обсадных труб по типу резьбы

Треугольный

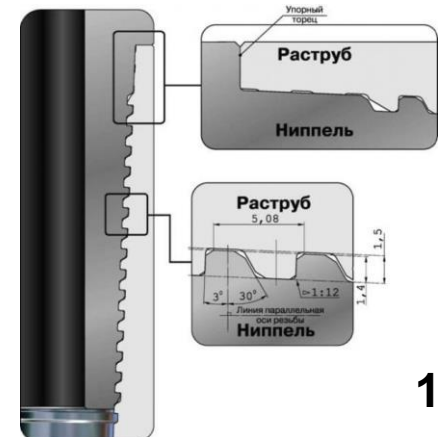
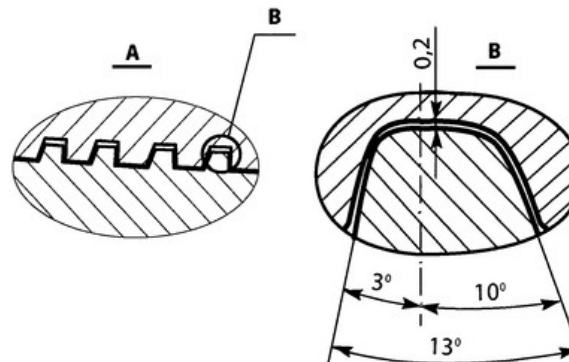
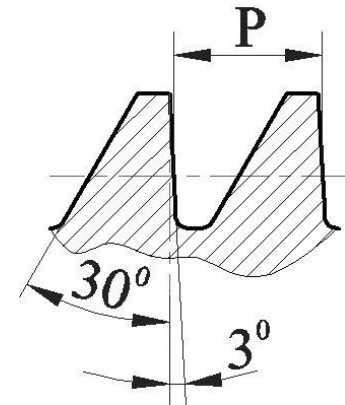
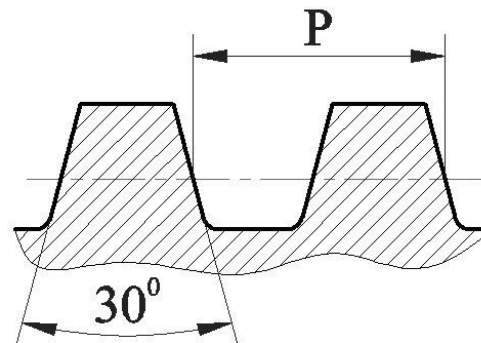
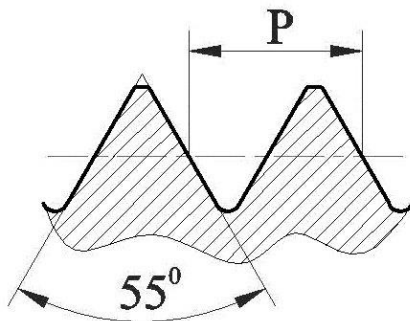
Трапецеидальный

Упорная резьба

С уплотнительными  
поясками

Батресс

ОГ1М



По прочности: Д, К, Е, Л, М



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

Центратор

Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка



Башмак колонный предназначен для оборудования нижней части обсадной трубы для направления колонны обсадных труб по стволу скважины, придания жёсткости нижнему концу обсадной колонны и защиты от повреждений при их спуске в скважину. Башмак состоит из стального толстостенного корпуса и неразъёмно-соединённой с ним формованной полусферической бетонной (чугунной) насадки.



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

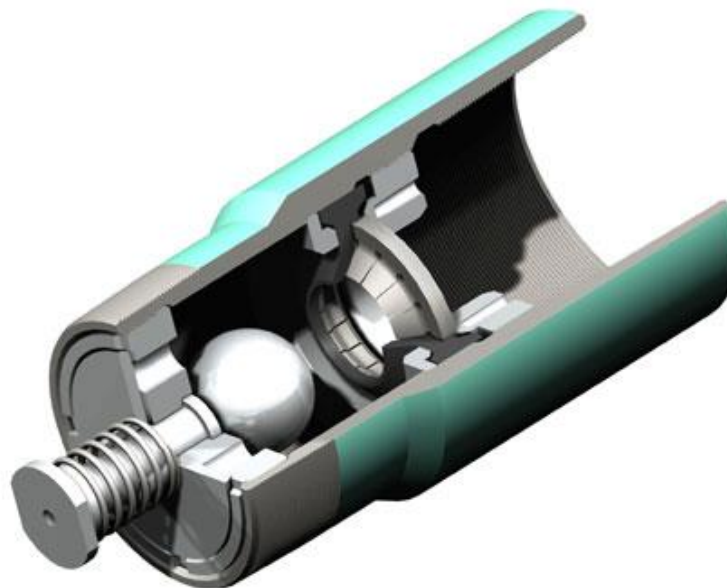
Центратор

Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка



Клапаны обратные дроссельные предназначены для оснащения низа обсадных колонн с целью автоматического заполнения спускаемой обсадной колонны буровым раствором из скважины без перелива его на устье, выполнения функции «стоп» - кольца для посадки нижней и верхней разделительных пробок в процессе закачивания тампонажного раствора в колонну и продавливания его в заколонное пространство и предотвращения обратного перетока тампонажного раствора из заколонного пространства в колонну после его продавки.



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

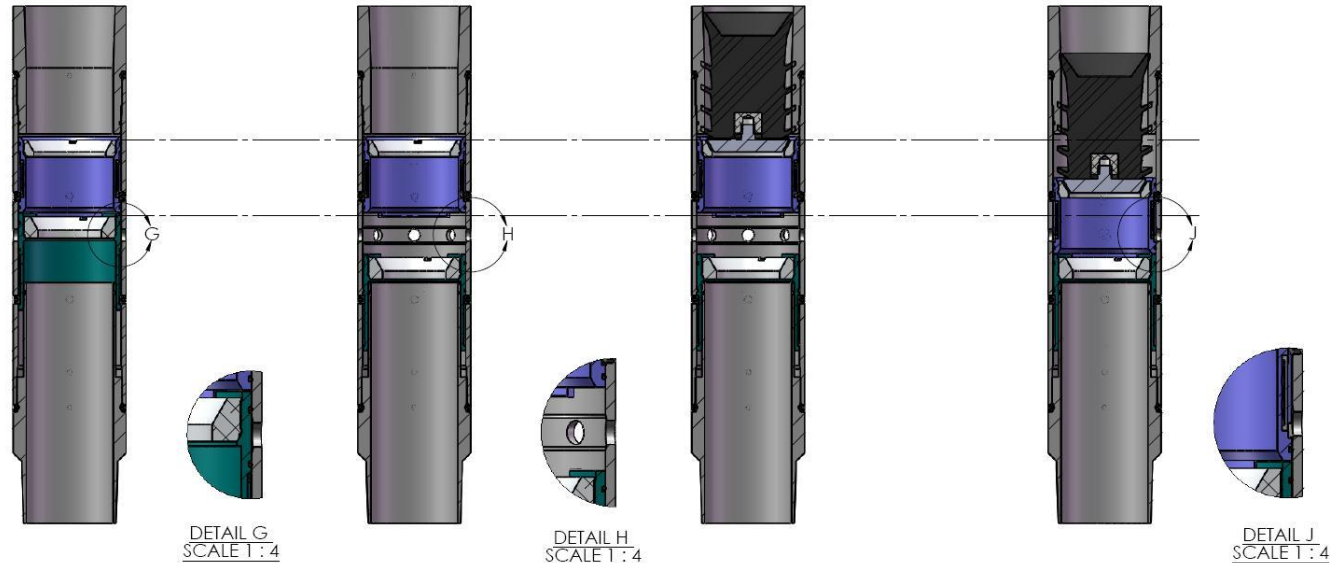
Центратор

Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка



Положение  
при спуске

Открытие  
гидравлическим  
давлением

Сброс  
закрывающей  
пробки и посадка  
на закрывающее  
седло

Под воздействием  
давления  
сдвигается  
закрывающая  
штулка – штулки  
сдвигаются вниз

Муфты ступенчатого цементирования используют при цементировании обсадных колонн большой длины, чтобы предотвратить воздействие избыточного гидростатического давления на слабые пласты.



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

Центратор

Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка



Скребки используются для обдирания глинистой корки со стенок скважины с целью улучшения сцепления цементного камня и горной породы.





# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

Центратор

Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка



Турбулизаторы используются на ответственных участках цементирования для турбулизации цементного раствора и более полного заполнения кольцевого пространства.



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

Центратор

Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка



Центраторы предназначены для центрирования обсадных колонн при их спуске и их цементировании в скважинах в условиях эксплуатации.



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

Центратор

Пакер и якорь

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка

- ПВ - перепад давления направлен вверх;
- ПН - перепад давления направлен вниз;
- ПД - перепад давления направлен вниз и вверх.



- извлекаемые
- разбуриваемые

- механические М,
- гидравлические Г
- гидромеханические ГМ
- набухающие

Пакер предназначен для герметичного перекрытия кольцевого пространства интервала испытания от остальной части ствола скважины.

Якорь предназначен для создания опоры на стенку необсаженной скважины при установке пакеров в процессе испытания нефтяных и газовых скважин.



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

Центратор

Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка



Продавочные пробки используют для очистки внутренней поверхности обсадных колонн от глины, продавки и разделения буферной жидкости и тампонажного раствора.



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

Центратор

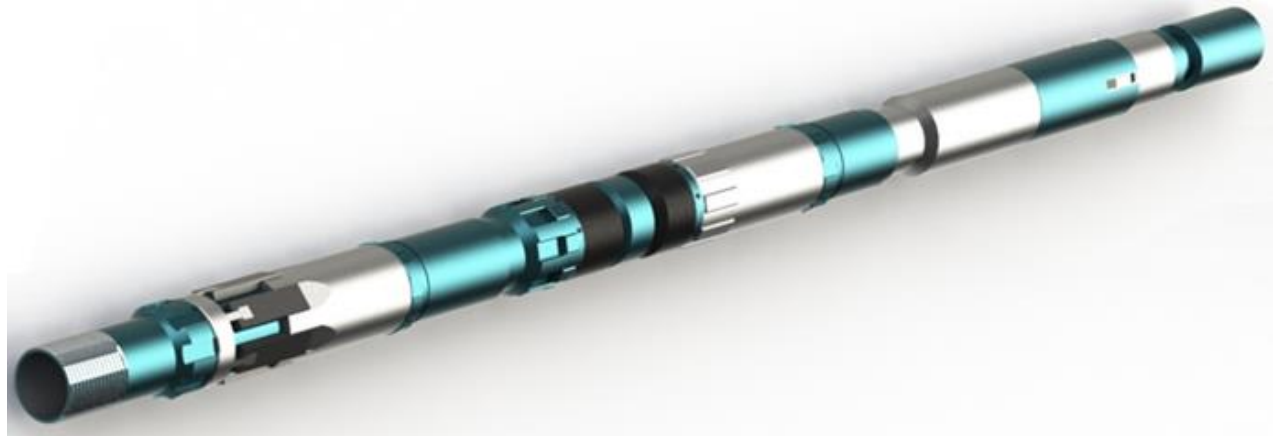
Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка

- цементируемая
- нецементируемая



Подвеска хвостовика предназначена для проведения спуска, подвески и герметизации хвостовика в скважине с цементированием, проведения технологических операций, связанных с цементированием и последовательным приведением в действие узлов якоря, пакера и автоматическим разъединением транспортировочной колонны и хвостовика и подъемом транспортировочной колонны.



# Технологическая оснастка

Башмак

Обратный клапан

Муфта ступенчатого  
цементирования

Скребок

Турбулизатор

Центратор

Пакер

Продавочные пробки

Подвеска хвостовика

Цементирующая  
головка



Головки цементирующие предназначены для обвязки устья нефтяных, газовых и геологоразведочных скважин с целью: быстроразъёмного и герметичного соединения обсадной колонны с нагнетательными линиями цементирующих агрегатов или буровых насосов; предварительного размещения, фиксирования и последующего освобождения разделительных цементирующих пробок и управляющих элементов для устройств ступенчатого и манжетного цементирования; быстрого и беспрепятственного спуска в колонну через головку падающих пробок-бомб управления движением рабочих потоков буферной жидкости, бурового и тампонажного растворов по отношению к разделительным пробкам и управляющим элементам.



## **ТЕМА 2.**

# ***Проектирование и расчет обсадной колонны и технологической оснастки для сооружения скважины***



# Нагрузки действующие на обсадную колонну

- продольные усилия растяжения от собственного веса;
- нагрузки, возникающие в связи с изменением скорости спуска;
- осевые нагрузки от трения обсадной колонны о стенки скважины при ее спуске;
- продольные нагрузки сжатия в нижней части колонны от собственного веса при разгрузке ее на забой;
- продольные нагрузки при эксплуатации вследствие продольных деформаций под воздействием изменения температурного режима;







## Нагрузки действующие на обсадную колонну

На ОК скважины действует давление со стороны кольцевого пространства, называемое  $P_H$  (наружное давление) и действует давление внутри колонны  $P_B$  (внутреннее давление).

Осевые растягивающие нагрузки от сил собственного веса достигают максимального значения в конце спуска колонны. Наружное избыточное давление достигает максимального значения в конце эксплуатации скважины. Внутренние избыточные давления достигают максимального значения в период опрессовки обсадной колонны.





# Нагрузки действующие на обсадную колонну

Виды давлений в скважине, которые могут учитываться при расчёте статических избыточных внешних и внутренних давлений.

1. Гидростатическое давление столба воды;
2. Гидростатическое давление столба БР;
3. Давление столба буферной жидкости;
4. Давление столба пластового флюида;
5. Давление столба тампонажной раствора;
6. Давление составного столба различных жидкостей;
7. Давление столба цементного камня;
8. Давление столба составного различных жидкостей и цементного камня;
9. Давление пластовое (Измеряется или прогнозируется);
10. Давление горное.



# Нагрузки действующие на обсадную колонну

Для жидких сред поз. 1 – 6 давление определяется по законам гидростатики, для позиций 1-5 по формуле:

$$P_{1-5} = \rho_{1-5} g h_{1-5}$$

а для поз. 6 по формулам (т.к. жидкость не сжимаема):

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = g (\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 + \rho_4 h_4);$$

$$\sum P = \rho_{срв} g L$$

$$\rho_{срв} = (\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 + \rho_4 h_4) : (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = L);$$

Давление столба цементного камня  $P_{цк}$  в не обсаженном предыдущей колонной интервале определяется по формуле:

$$P_{цк} = \rho_{тр} g h_{цк} (1 - k)$$

где:  $k$  – коэффициент разгрузки, связанной с твердением цементного раствора, который определяется из таблицы.

В интервале, обсаженном предыдущей колонной, давление столба цементного камня определяется как гидростатическое давление пластовой воды.

Давление составного столба цементного камня и жидкости  $P_{цк+ж}$  равно:

$$P_{цк+ж} = P_{цк} + P_{ж}$$

Пластовое давление при расчётах обсадных колонн берётся прогнозируемое, либо фактически измеренное путём определения избыточного давления на загерметизированном устье скважины в конце проводки скважины. Пластовое давление берётся среднее по интервалу и учитывается на интервале пласта  $\pm 50$  м.

Горное давление представляет опасность для обсадных колонн только со стороны текучих пород в интервале этих пород  $\pm 50$  м. Т.к. в данном разрезе текучих пород нет, следовательно горное давление не учитываем.

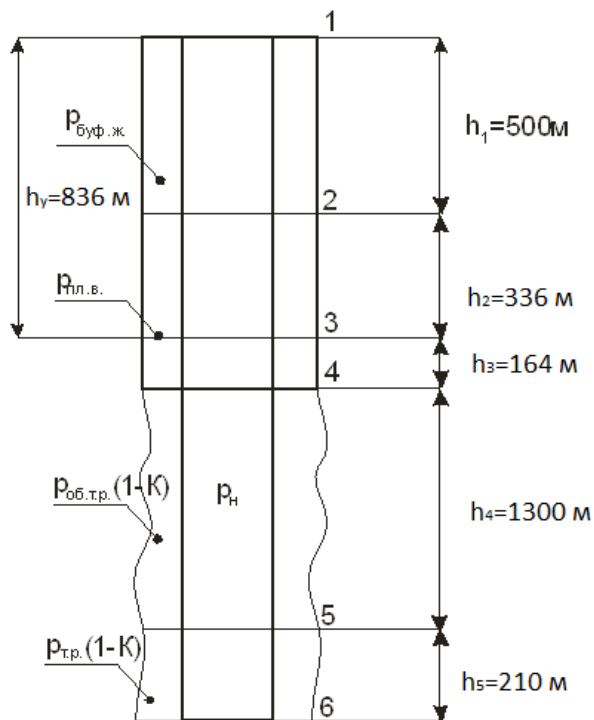


# Расчет наружных избыточных давлений

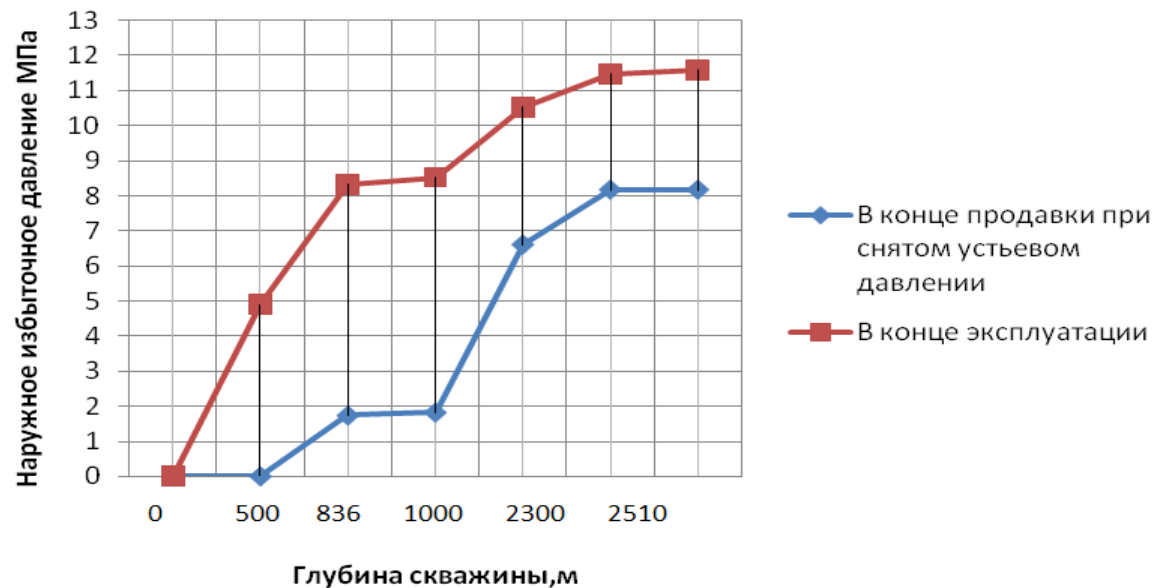
1 случай: При цементировании: в конце продавки ТС и снятом на устье давлении)

2 случай: При снижении уровня жидкости в колонне: при испытании на герметичность снижением уровня; вызов притока (в начале эксплуатации).

3 случай: Конец эксплуатации: снижение уровня флюида для нефтяных скважин, снижение давления для газовых скважин.



## Наружные избыточные давления





# Расчет внутренних избыточных давлений

1 случай: Конец продавки тампонажного раствора при посадке пробки на стоп-кольцо

Расчет давления на цементировочной головке

$$P_{цг} = \Delta P_{гс} + P_{гд} + P_{ст},$$

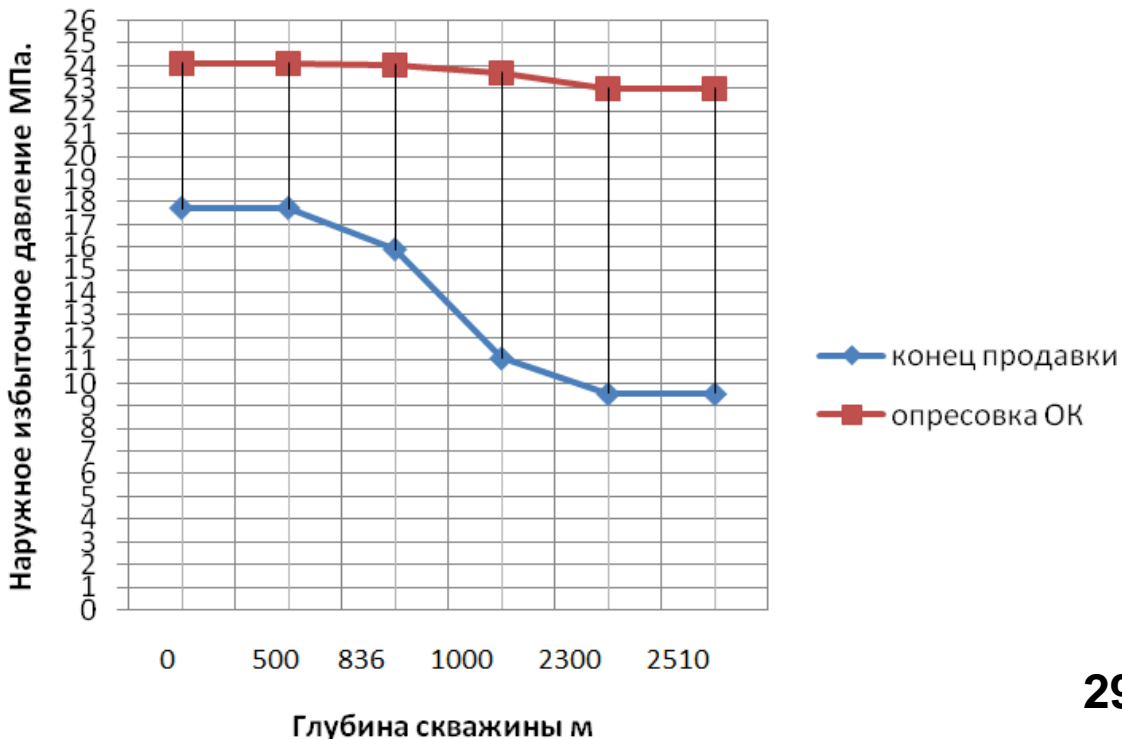
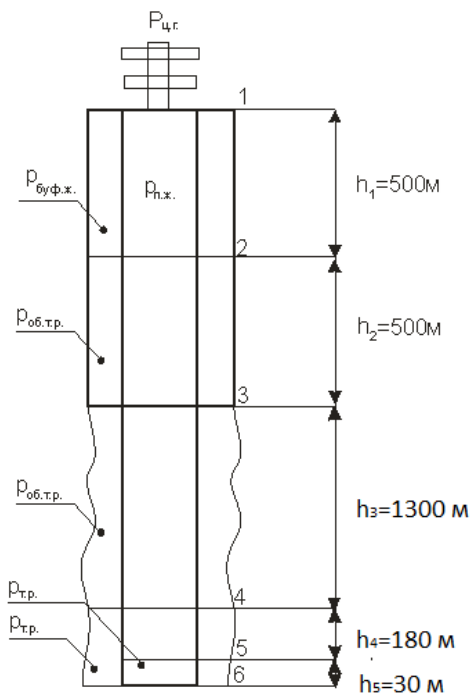
где  $\Delta P_{гс}$  – разность гидростатических давлений, возникающих из-за разности плотностей жидкости в затрубном пространстве и внутри колонны;

$P_{гд}$  – гидродинамическое давление, необходимое для преодоления гидравлических сопротивлений жидкости при движении её внутри колонны и в затрубном пространстве;

$P_{ст}$  – дополнительное давление, возникающее при получении сигнала “стоп”.

2 случай: Опрессовка обсадной колонны

## Внутренние избыточные давления





# Конструирование обсадной колонны по длине

1. Расчет начинается первоначально для труб 1 секции из группы прочности Д

2. Требуемая прочность трубы на смятие для 1-ой секции  $P^1_{см}$ , которая удовлетворяет условию

$$P^1_{см} \geq n_{см} P^1_{ни}$$

где:  $P^1_{ни}$  - величина наружного избыточного давления в начале 1-ой секции (на забое);

$n_{см}$  - коэффициент запаса на смятие внешним избыточным давлением.

3. Выбор минимальной толщины стенки обсадных труб, выдерживающих это давление

4. Глубина спуска 1 секции

$$L^1 = h_k + 50 \text{ м}$$

где  $h_k$  – глубина кровли пласта, м.

5. По эюре определяется наружное избыточное давление на верхнем конце первой секции  $P^2_{ни}$  и по таблице находят трубы с толщиной стенки  $\delta^2$ , у которых  $P^2_{см}$  больше  $P^2_{ни}$ , из которых будет состоять 2-я секция.



# Конструирование обсадной колонны по длине

6. Предварительная длина 1-ой секции  $l^1$  определяется по формуле

$$l^1 = L - L^1$$

где  $L$  – длина скважины по стволу, м;

$L^1$  – глубина спуска 1-й секции обсадных колонн, м.

7. Предварительный вес 1 секции

$$G^1 = l^1 \cdot q^1$$

где  $q^1$  - вес 1 метра обсадной колонны, кН/м.





## Конструирование обсадной колонны по длине

**8. Корректируется прочность на смятие труб для 2-ой секции с учетом двухосного нагружения от наружного избыточного давления и растяжения от веса 1-ой секции**

$$*P_{CM}^2 = P_{CM}^2 (1 - 0,3 G^1 / Q_T^2),$$

где  $*P_{CM}^2$  - прочность на смятие труб 2-ой секции при двухосном нагружении, МПа;

$P_{CM}^2$  - прочность на смятие труб 2-ой секции при радиальном нагружении;

$G^1$  - растягивающая нагрузка на 2-ю секцию, равная весу 1-ой секции;

$Q_T^2$  - растягивающая нагрузка для 2-ой секции, при которой напряжение в теле трубы достигает предела текучести.

**9. Коэффициент запаса определяется по формуле**

$$n_c = *P_{CM}^2 / P_{НИ}^2 \geq 1.$$





# Конструирование обсадной колонны по длине

**10. Предполагается, что вторая секция труб может использоваться до устья, поэтому рассчитываются коэффициенты запаса прочности:**

**10.1. На внутренне давление (берется точка на устье) по:**

$$n_p = P^2_p / P^2_{ви} \geq 1,15$$

где  $P^2_p$  - прочность труб 2-ой секции на внутреннее давление;

$P^2_{ви}$  - внутреннее избыточное давление на устье скважины.

**10.2. На страгивание в резьбовом соединении:**

$$n_{СТР} = Q^2_{СТР} / \Sigma * G > 1,30$$

где  $Q^2_{СТР}$  - прочность на страгивающие нагрузки для труб 2-ой секции

$\Sigma * G$  – общий вес обсадной колонны.

**11. Вес второй секции, проектируемой до устья, определяется**

$$G^2 = (L - L^1) * q^2$$

где  $L$  – длина скважины по стволу, м;

$L^1$  – длина 1-й секции обсадных труб, м;

$q^2$  – вес 1 метра обсадной трубы 2-й секции, кН/м.



# Конструирование обсадной колонны по длине

11. Если условия по прочности выполняются, то 2я секция проектируется до устья. В противном случае, рассчитывается максимально допустимая глубина спуска данной секции с сохранением требуемого запаса прочности и проектируется следующая секция труб, с большей толщиной стенки, либо с большей категорией прочности.

№ секции	Группа прочности	Толщина стенки, мм	Вес 1 метра, кН	Марка труб	Интервалы установки, м	Вес секции, кН
1						
2						
3						

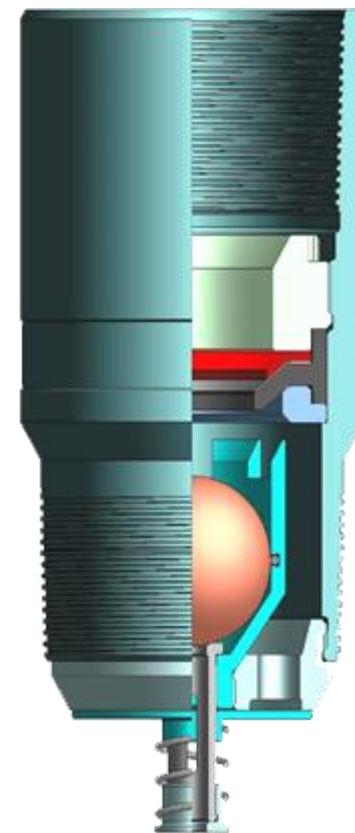
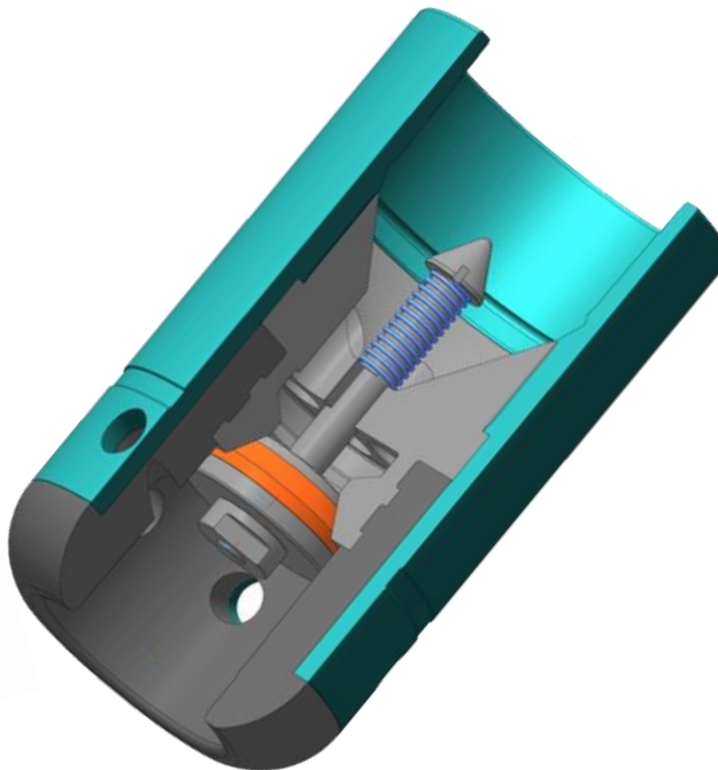


# Проектирование технологической оснастки

Типоразмер

Технические характеристики  
(рабочие давления)

Конструкция





# Проектирование технологической оснастки (центраторы)

Участок продуктивного пласта

Участки искусственного искривления

Наклонные участки ствола

Предварительные расчеты

Расчет расстояний между центраторами

Расчет количества центраторов





# Вопросы для самопроверки

1. Особенности обсадных муфтовых труб.
2. Особенности обсадных муфтовых труб с конической резьбой треугольного профиля и упрочненными концами за счет редуцирования.
3. Особенности обсадных труб с конической резьбой трапецеидального профиля (ОТТМ).
4. Особенности обсадных труб с конической резьбой трапецеидального профиля и коническими уплотнительными поясками.
5. Особенности обсадных труб ОТТМ с уплотнительным антизадирным покрытием резьб муфт.
6. Особенности обсадных труб типов ОТТМ и ОТТГ с узлом уплотнения из полимерного материала.
7. Особенности обсадных труб безмуфтовых ОГ1М.
8. Особенности обсадных труб с упорной конической резьбой трапецеидального профиля «Батресс».
9. Особенности обсадных труб электросварных с упорной конической резьбой типа «Батресс».
10. Особенности обсадных труб электросварных с резьбой типа «Батресс» и узлом уплотнения из полимерного материала.
11. Особенности труб обсадных ОТТМ безмуфтовых, толстостенные с резьбой, высокопрочные.
12. Особенности труб обсадных стальных бесшовных безмуфтовых с резьбовым соединением типа СТТ (аналог FL 4S).



# Вопросы для самопроверки

13. Типы резьбы обсадных труб.
14. Назначение колонного башмака.
15. Назначение обратного клапана.
16. Назначение муфты ступенчатого цементированния.
17. Назначение скребка колонного.
18. Назначение турбулизатора.
19. Назначение центраторов обсадных колонн.
20. Назначение пакеров.
21. Типы пакеров по механизму срабатывания.
22. Назначение якорей.
23. Назначение продавочных пробок.
24. Назначение подвески хвостовика.
25. Назначение цементировочной головки.

**Спасибо за внимание!!!**