

# **Лекция №7**

**Обсадные колонны.**

**Характеристика обсадных труб.**

**Спуск обсадной колонны.**

# **Часть 1**

## **Обсадные трубы.**

# ОБСАДНЫЕ ТРУБЫ

Обсадные трубы служат для комплектования обсадных колонн при креплении скважин и разобщении проницаемых горизонтов. Производятся в соответствии с **ГОСТ 632-80** и разработанными на его основе техническими условиями. Номенклатура труб, разрешённая к производству ГОСТом и техническими условиями называется **сортаментом**.

Сортамент разработан на основе следующих характеристик обсадных труб:

1. Геометрические параметры
2. Тип соединения;
3. Материал труб;
4. Прочностные характеристики



# ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТРУБ

## ДИАМЕТР:

### Номинальный

(замеряется с точностью до 0,1 мм);

### Условный

(замеряется с точностью до 1 мм)

ВСЕГО 19 размеров.

Хвостовик / Экспл. колонна		Кондуктор/ Направление		
114,3	168,3	219,1	323,9	406,4
127,0	177,8	244,5	339,7	426,0
139,7	193,7	273,1	351,0	473,1
146,1		298,5	377,0	508,0

## ДЛИНА ТРУБ:

Трубы исполнений А и Б должны изготавливаться длиной **от 9,5 до 13 м**;

Для треугольной резьбой и трапецеидальной ОТТМ допускаются трубы длиной 8-9,5 м (до 20% труб) и 5-8 м (до 10%);

Для ОТТГ допускаются трубы длиной 8-9,5 м (до 20%) из литой заготовки;

Наибольшая допускаемая кривизна - 1/2000 от длины.

# ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТРУБ

## ТОЛЩИНА СТЕНКИ:

Свой набор толщин для каждого диаметра:

**(5,2-15,1 мм для ЭК);**

**(6,7-16,5 мм для конд/напр)**

Для всех диаметров и исполнений отклонения составляют **12.5%**.

Контроль производится шаблоном.

Условный диаметр трубы, мм	Длина шаблона а, мм	Диаметр шаблона а, мм
114 – 219	150	d – 3мм
245 – 340	300	d – 4мм
351 – 377	300	d – 5мм
407 - 508	300	d – 6мм

d – внутренний диаметр

## КАТЕГОРИЯ ИСПОЛНЕНИЯ:

«**А**» - повышенной точности и качества, «**Б**» - обычное.

Предельные отклонения:

**по наружному диаметру** -  $\pm 0,5-1\%$  (А);  $\pm 1-1,25\%$  (Б);

**по толщине стенки** -  $-12,5\%$ ;

**по длине муфт** –  $\pm 3,0$  мм;

**по массе** –  $[-3,5\% ; +6,5\%]$  (А);  $[-6,0\% ; +8,0\%]$  (Б).

# ТЕХ.ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ОБСАДНЫХ ТРУБ

1 Труба-заготовка (входной контроль)



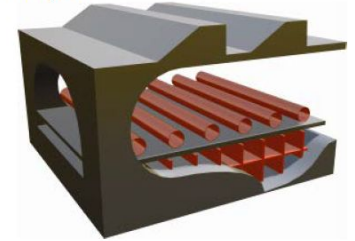
2 Термообработка при необходимости  
2.1 Нагрев



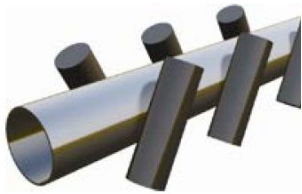
2.2 Закалка



2.3 Отпуск



2.4 Правка



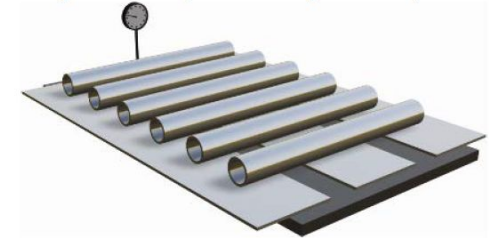
2.5 Калибрование (при необходимости)



3 Неразрушающий контроль



4 Контроль внутреннего диаметра и кривизны (шаблонирование)



5 Нарезка и контроль резьбы



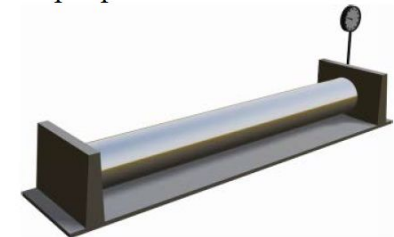
6 Навинчивание муфт



7 Гидравлические испытания



8 Взвешивание, измерение длины, маркировка



9 Навертка предохранительных деталей



10 Нанесение защитного покрытия (при необходимости маркировка)



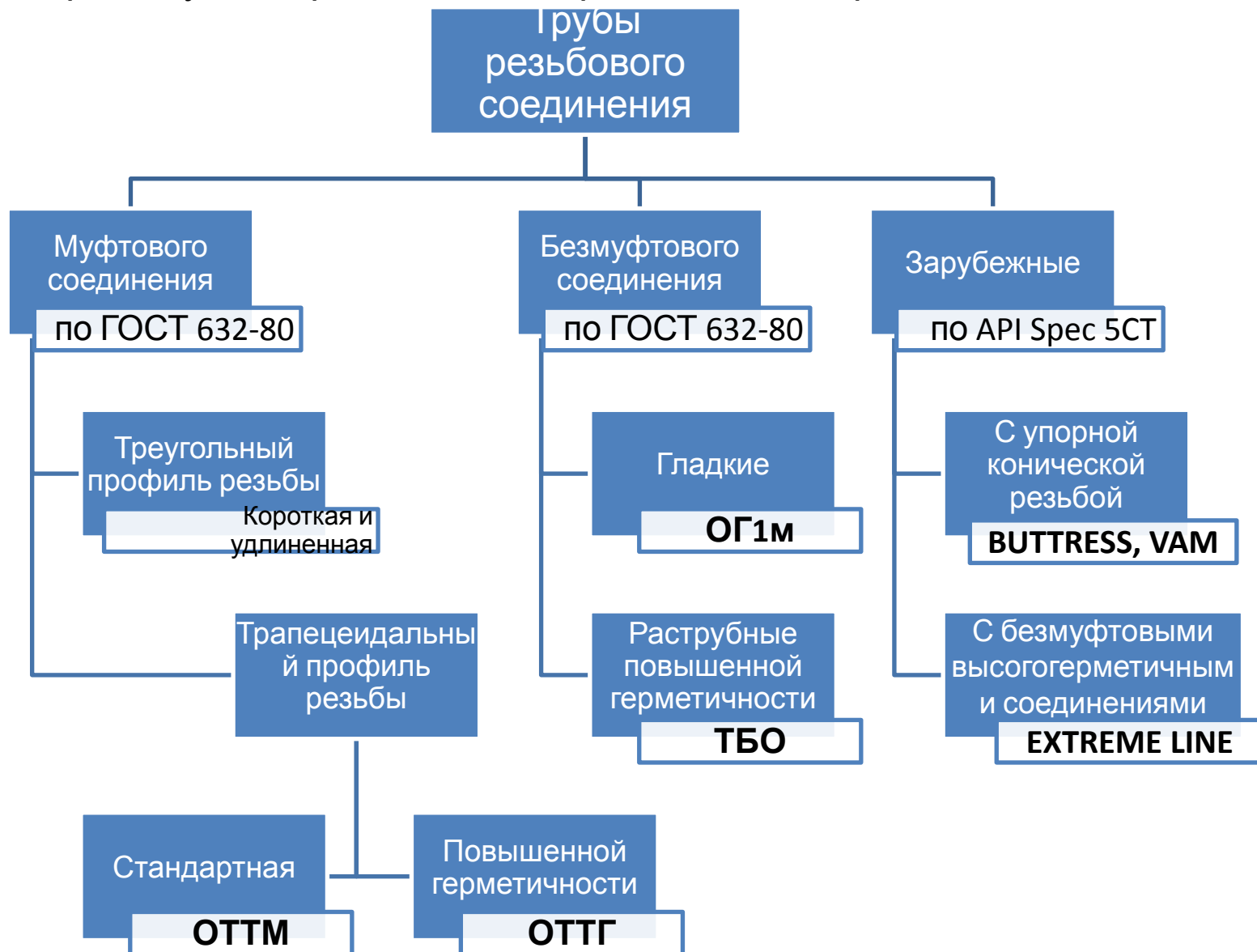
11 Упаковка, складирование



# ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

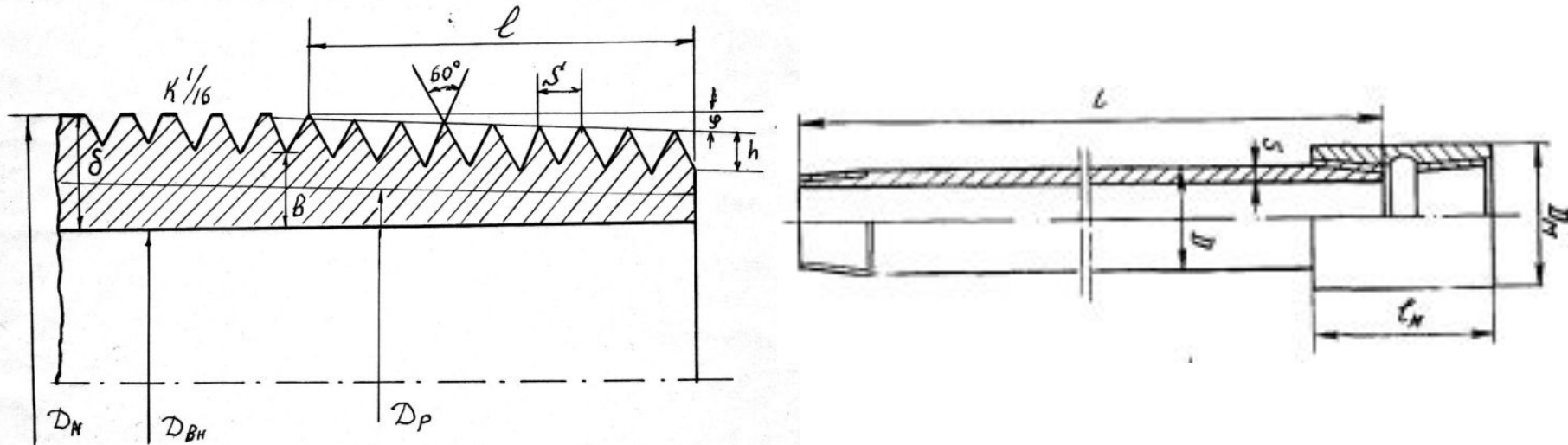
Тип соединения определяет тип обсадной трубы.

Также практикуется применение безрезьбовых (сварных) соединений.



# ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

## Резьба треугольного профиля



### Недостатки резьбы треугольного профиля:

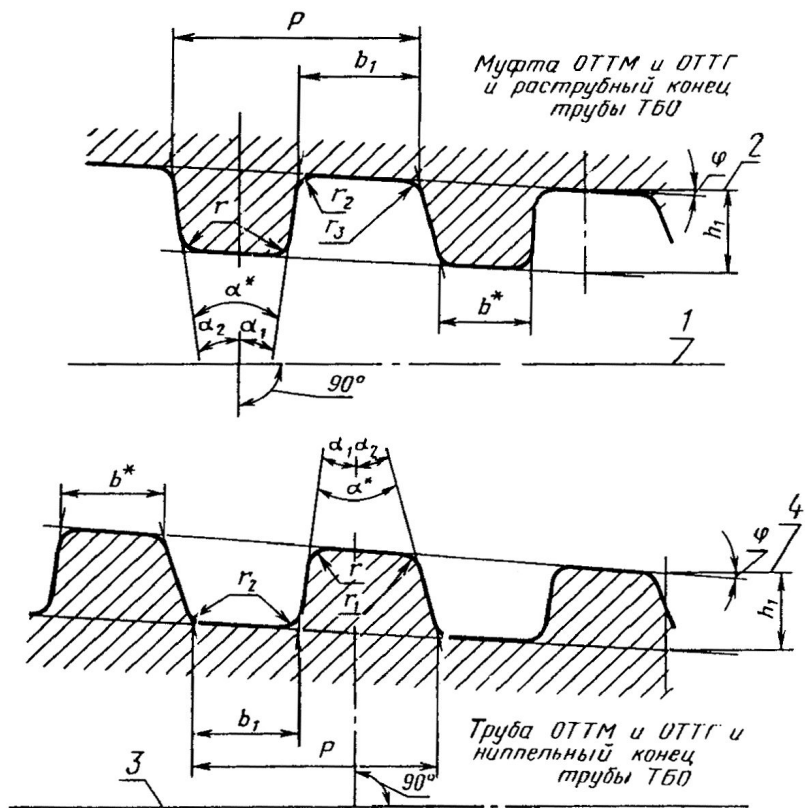
1. Прочность муфтового соединения составляет 55-70 % прочности по телу трубы;
2. Недостаточно высокая герметичность.

Трубы с такими соединениями целесообразно использовать на небольших глубинах либо в нижних участках обсадных колонн, где прочность на растяжение не является серьезным лимитирующим фактором, а избыточное внутреннее давление сравнительно невелико.



# ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

## Резьба трапецеидального профиля



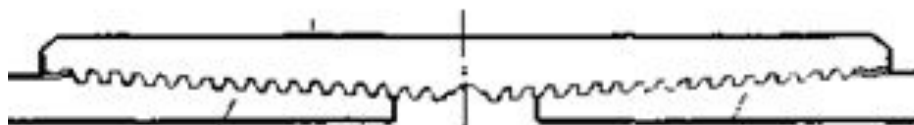
**Преимущества по сравнению с резьбой треугольного профиля:**

Прочность и герметичность трапецеидальной резьбы с малыми углами наклона боковых граней существенно выше;

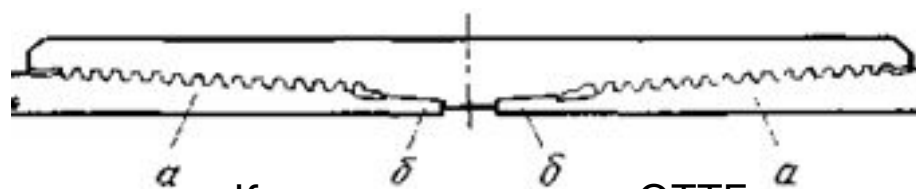
Выдерживает большую нагрузку на растяжение и сжатие в резьбовом соединении.

# ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

## Резьба трапецеидального профиля



Конструкция концов ОТТМ



Конструкция концов ОТТГ:

*а – резьбовое соединение;*

*б – уплотнительная часть соединения*

Конструктивной особенностью обсадных труб с профилем ОТТМ является высокая сопротивляемость резьбового соединения растягивающим нагрузкам (на 25÷50% выше, чем у соединений с треугольным профилем).

Профиль резьбы ОТТМ имеет вид неравнобедренной трапеции, что обеспечивает легкую посадку трубы в муфту и уменьшает заедание резьбы.

Герметичность обеспечивается давлением резьбоуплотнительной смазки в конструкционных зазорах профиля. Допускается изготовление резьбового соединения с фторопластовым уплотнительным кольцом в муфте для дополнительной герметичности.

Обсадные трубы с профилем ОТТГ снабжены резьбой такого же профиля, что и трубы ОТТМ, но с некоторыми отличиями:

- наличием уплотнительных конических поверхностей – наружной у ниппельного конца трубы и внутренней в серединной части муфты;
- резьбовое соединение закрепляется до упора торца трубы в срединный выступ муфты.

При таком закреплении создается посадка по уплотнительным коническим поверхностям, устраняется зазор между соединяемыми деталями, чем достигается более высокая герметичность (при давлении газа до 50 МПа).

# ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

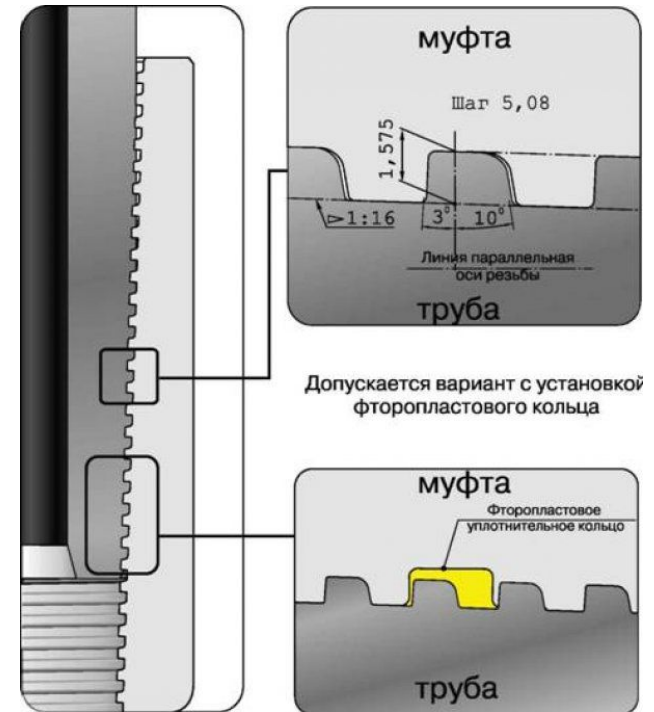
## Резьба трапецеидального профиля

**Соединение BUTTRESS** комбинирует в себе функции «ходового винта» и гидравлического уплотнения соединения, что обеспечивает хорошую надёжность соединения по сравнению с аналогами.

Конструктивной особенностью обсадных труб с резьбой BUTTRESS является высокая сопротивляемость резьбового соединения растягивающим нагрузкам. Герметичность обеспечивается давлением резьбоуплотнительной смазки в конструктивных зазорах профиля.

Допускается изготовление резьбового соединения с фторопластовым уплотнительным кольцом в муфте. Соединения OTTM и BUTTRESS совместимы, но:

- **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** соединение ниппель OTTM – муфта BUTTRESS!
- **РАЗРЕШАЕТСЯ** соединение ниппель BUTTRESS – муфта OTTM



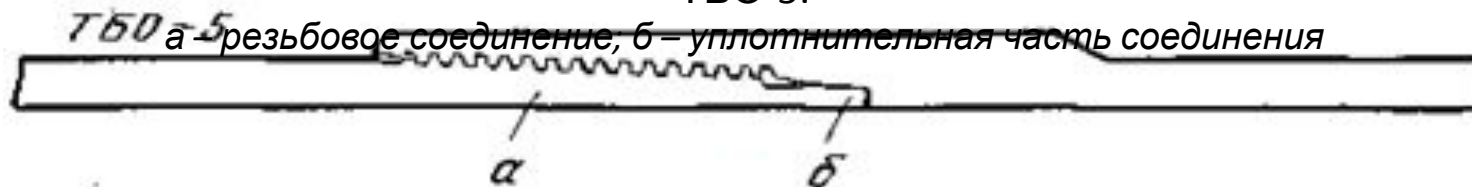
(при этом остаются свободными 6-7 ниток резьбы ниппеля)

# ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

## Резьба трапецеидального профиля (безмуфтовое соединение)



Конструкция концов безмуфтовых обсадных труб ТБО-4 и ТБО-5:



Безмуфтовые обсадные трубы **ТБО** с утолщенными концами имеют две конструкции:

- У трубы **ТБО-4** утолщены оба конца; на одном из концов нарезана наружная, а на другом – внутренняя коническая трапецеидальная резьба.
- В трубах **ТБО-5** утолщен только один конец, на котором нарезана внутренняя резьба; на другом, не утолщенном конце имеется наружная резьба.

Профиль и размеры резьб на трубах ТБО аналогичны трубам ОТТМ и ОТТГ, причем трубы ТБО и ОТТГ **совместимы друг с другом**.

Помимо высокой прочности соединений обсадные трубы ТБО под воздействием осевых нагрузок обеспечивают герметичность при давлении газа до 50 МПа.

# ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

## Резьба трапецеидального профиля (безмуфтовое соединение)

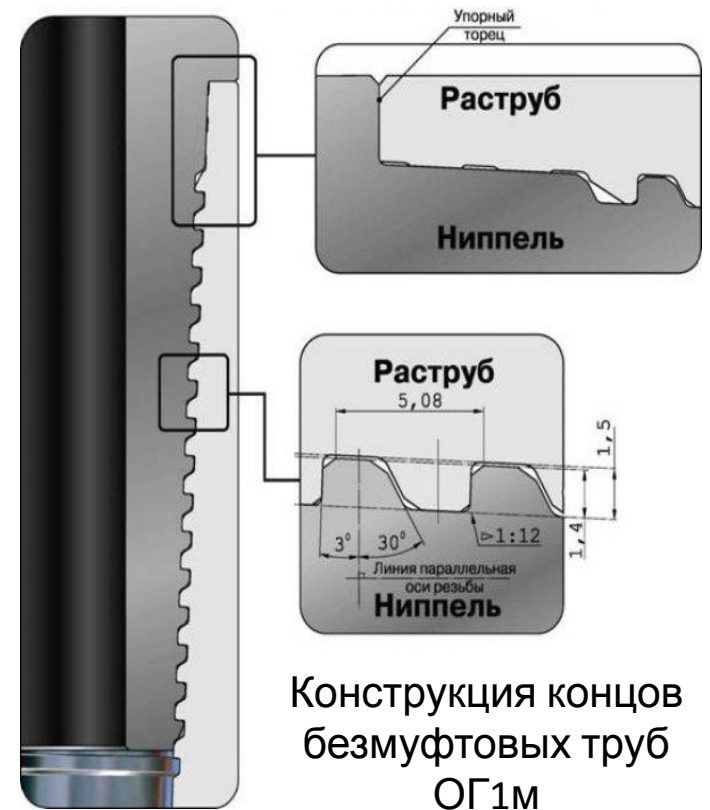
**Безмуфтовые трубы ОГ1м** с постоянной по длине толщиной стенок снабжены на одном конце (ниппель) наружной, а на другом (раструб) - внутренней конической резьбой.

Для увеличения жесткости муфтового конца предусмотрена посадка по срезанным вершинам профиля от начала сбега резьбы на ниппельном конце трубы до упорного торца.

Герметичность обеспечивается давлением резьбоуплотнительной смазки в конструкционных зазорах профиля.

Так как резьбовое соединение ОГ1м нарезается в теле трубы без высадки концов, трубы имеют гладкопроходный внутренний и наружный диаметры.

Трубы ОГ1м предназначены для хвостовиков, но также могут быть использованы для промежуточных и эксплуатационных колонн.



# Т Е Р М Е Т И Ч Н О С Т Ь Р Е З Ъ Б О В Ы Х С О Е Д И Н Е Н И Й Т Р У Б

Для снижения проницаемости контакта элементов резьбовых соединений в практике применяют различные заполнители конструкционных и технологических зазоров – **резьбовые смазки**. Резьбовые смазки кроме заполнения зазоров должны предупреждать задиры и заедания резьбовых соединений труб, поэтому к ним предъявляются следующие требования:

- хорошая смазывающая (покрывающая) способность;
- постоянство свойств смазки с течением времени и при изменении температуры в определенных пределах;
- определенная консистенция, чтобы давление жидкости или газа не смогли выдавить смазку из зазоров резьбы;
- предупреждение заеданий при свинчивании резьбовых соединений;
- защита от коррозии.

Смазку необходимо наносить по всей окружности резьбы. Всякого рода добавки для разжижения смазок, не предусмотренные инструкциями, применять **запрещается!**

Перед нанесением смазок поверхность резьб труб и муфт **должна быть очищена** от грязи и остатков других смазок, а также промыта керосином или дизельным топливом.

# ГЕРМЕТИЧНОСТЬ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ

Для повышения герметичности обсадных труб при повышенных температурах (+200 С°) и давлениях рекомендуются смазки на силиконовой основе, с кремнийорганическими соединениями – например, **Р-402**. Смазка морозоустойчива, и подходит для труб с резьбой типа ТБО, ОТТМ, ОТТГ и треугольной



Для колонн, спускаемых в газовые и газоконденсатные скважины, применяются смазки на базе эпоксидных смол с наполнителями, либо фторопластовые ленты **ФУМ**.

При уплотнении лентой ФУМ нет необходимости в применении специальных смазок, однако резьба должна быть закрыта **не менее чем на 2/3** от ее длины!

Известны случаи применения мягкого металла (алюминия, цинка, свинца и др.) для герметизации резьбовых соединений.

Разработка ООО «Полимер Сервис» - самосмазывающее фтор-полимерное сухое покрытие резьбы, нанесенное на заводе-изготовителе.

Технология обеспечивает многократное свинчивание резьб без применения смазывающих материалов в промышленных условиях и гарантирует герметичность соединения.



# ГЕРМЕТИЧНОСТЬ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ

## ФАКТОРЫ ПОТЕРИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КОЛОННЫ

### Геологические

Обвал стенок; выброс флюида; смятие колонн из-за АВПД и высоких пластовых температур; набухание породы; пробкообразование пород и продуктивных пластов; высокая сейсмическая активность.

### Технико-экономические

Не соответствующие условиям конструкция и профиль скважин; способ бурения; технология спуска и цементирования ОК, оборудования устья скважин; применяемая резьбовая смазка; освоение, эксплуатация, ПРС и КРС.

### Физико-механические

Прочность; проницаемость; пластичность тампонажного камня; прочность и стойкость материала труб; коэффициент линейного расширения труб и горных пород; свойства фильтрационной корки.

### Технологические

Нарушение организации процесса спуска обсадной колонны; подача некачественных труб; неточный расчет обсадной колонны; несвоевременный долив скважины; некачественное соединение колонны (перенатяжение, загрязнение, свинчивание не по резьбе)

по причине **некачественного соединения** звеньев колонны.

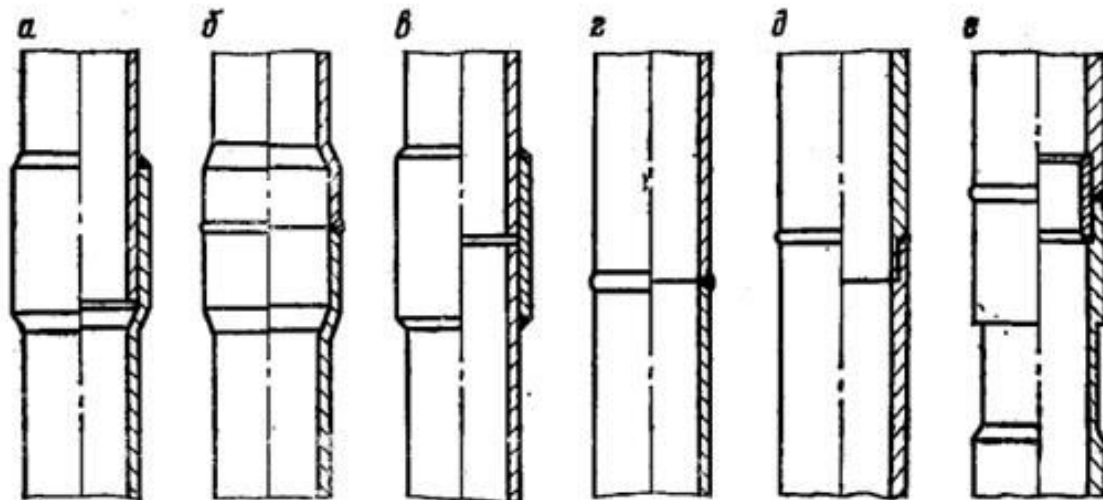


# ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

## Сварное соединение труб

Одним из наиболее эффективных способов повышения герметичности является сварное соединение обсадных труб. В основном, такой тип соединения используется для направления и кондуктора.

Прочность стыкосварного соединения близка (а в ряде случаев даже равна) к прочности тела трубы.



Сварные соединения обсадных труб:  
*а - раструбное, б - двухраструбное, в - муфтовое, г - встык, д - ниппель-раструбное, е - двухраструбное с центрирующим кольцом.*

### Преимущества:

- Облегчение конструкции скважины (за счет отсутствия муфт колонну можно спускать при меньшем диаметре скважины);
- Удешевление обсадных труб (изготовление производится без резьб).

# МАТЕРИАЛ ТРУБ

По виду используемого материала обсадные трубы подразделяют на **стальные** и **легкосплавные**.

Показатель	Группы прочности стали						
	Д	К	Е	Л	М	Р	Т
Временное сопротивление $\sigma_{п}$ , МПа, не менее	637	687	735	784	882	980	1078
Предел текучести $\sigma_{т}$ , МПа, не менее	373	490	539	637	735	882	980
Относительное удлинение $\delta$ , %, не менее	16	12	12	12	12	12	12
	12	10	10	10	10	10	10
Относительное сужение после разрыва $\psi$ , %, не менее	40	40	40	40	40	40	40
Ударная вязкость KCV, Дж/м <sup>2</sup> , не менее	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	29,4	29,4

Применение легкосплавных обсадных труб (ЛОТ) целесообразно в эксплуатационных скважинах с агрессивными пластовыми флюидами при повышенном содержании сероводорода и диоксида углерода, где использование обычных стальных труб становится невозможным, а применение импортных труб из специальных марок сталей требует значительных затрат на их приобретение.

Для изготовления экспериментальных труб ЛОТ-240/10 и ЛОТ-168/10 используется алюминиевый сплав **Д16Т**.

# ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

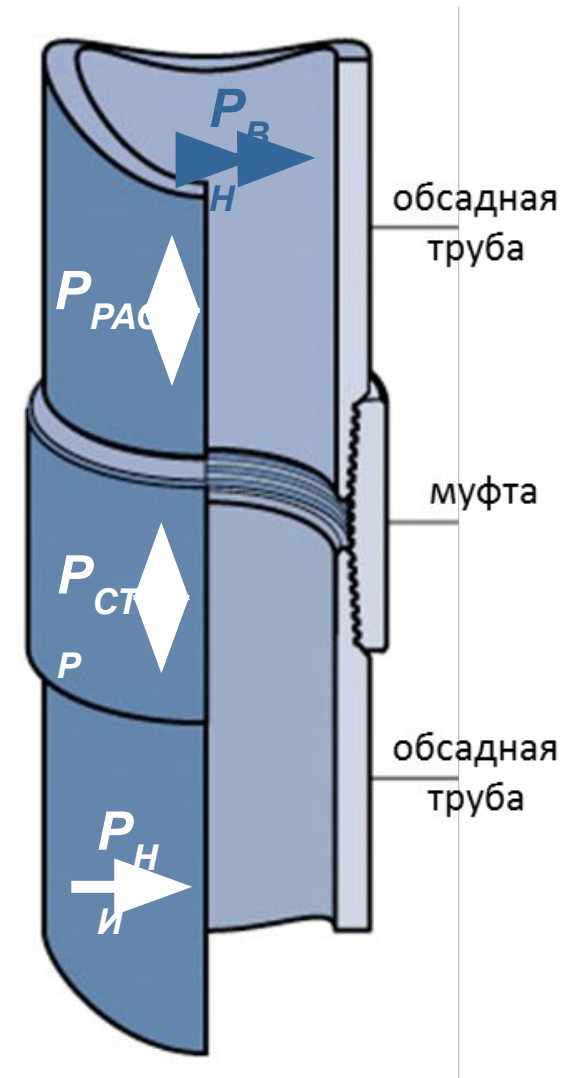
- Прочность на смятие наружным избыточным давлением (критическое давление)  $P_{НИ}$

*Характеризуется разницей между давлением в затрубном и трубном пространстве.*

- Прочность на разрыв внутренним давлением  $P_{ВН}$

*Характеризуется величиной внутреннего давления, при котором напряжение в теле трубы достигает предела текучести.*

- Прочность на растяжение по телу трубы (на пределе текучести металла)  $P_{РАСТ}$
- Прочность на разрыв в соединении обсадных труб (страгивающая нагрузка)  $P_{СТР}$



# УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ОБСАДНЫХ ТРУБ И МУФТ

**У.О. обсадных труб** должно включать тип соединения (кроме труб с короткой треугольной резьбой), условный диаметр трубы, толщину стенки, группу прочности и обозначение настоящего стандарта.

**У.О. муфт** должно включать тип соединения (кроме муфт к трубам с короткой треугольной резьбой), условный диаметр трубы, группу прочности, вид муфты (для специальных муфт к трубам ОТТМ и ОТТГ) и обозначение настоящего стандарта.

## Примеры условных обозначений:

*Группа прочности Д, условный диаметр 245 мм, толщиной стенки 10 мм:*

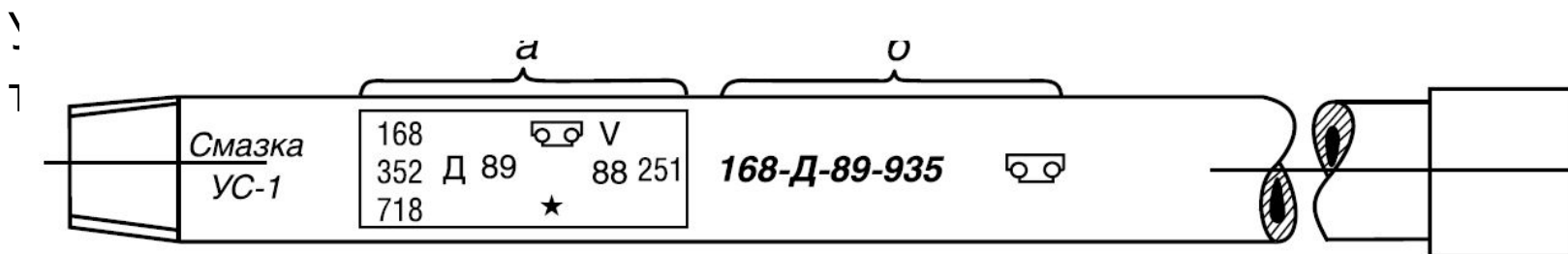
- **245-10-Д ГОСТ 632-80** – для труб с короткой треугольной резьбой;
- **245-Д ГОСТ 632-80** – для муфт к этим трубам;
- **У-245-10 Д ГОСТ 632-80** – для труб с удлиненной треугольной резьбой;
- **У-245-Д ГОСТ 632-80** – для муфт к этим трубам;
- **ОТТМ-245-10-Д ГОСТ 632-80** – для труб с трапецеидальной резьбой;
- **ОТТМ-245-Д ГОСТ 632-80** – для муфт нормальных к этим трубам;
- **ОТТМ-245-Д-С ГОСТ 632-80** – для муфт специальных (с уменьшенным наружным диаметром) к этим трубам.

# МАРКИРОВКА ОБСАДНЫХ ТРУБ

На каждой трубе на расстоянии 0,4-0,6 м от конца, свободного от муфты выбивают **клеймом** (а):

- Условный диаметр, мм (168);
- Порядковый номер в партии (352);
- Номер плавки (718);
- Группу прочности металла (Д);
- Толщину стенки, мм (без запятой) (89);
- Товарный знак завода изготовителя;
- Месяц и год выпуска (V 88);
- Номер партии термообработки (251)

Часть маркировки дублируется **светлой краской** по телу трубы (б):



# **Часть 2**

## **Спуск обсадной колонны.**

# ПОДГОТОВКА ОБСАДНЫХ ТРУБ

## Проверка труб перед спуском:

- Визуальный контроль труб (наружный осмотр, проверка резьбы);
- Снятие консервационной смазки с резьбовых соединений.
- Гидравлические испытания (опрессовка);
- Шаблонирование внутреннего диаметра (на приемных мостках или при подаче очередной трубы на роторный стол).



## На заводе-изготовителе и базе предприятия:

Предельное давление для эксплуатационных и промежуточных колонн должно превышать ожидаемое внутреннее избыточное давление на 5–20 %. Трубу выдерживают под максимальным давлением не менее 10 с. Труба признается пригодной, если не обнаруживается следов проникания влаги изнутри. У прошедшей испытания трубы на очищенные и смазанные резьбы навинчивают специальные предохранительные колпаки для их защиты от повреждения при транспортировке на буровую.

В случае отсутствия сертификата завода изготовителя с отметкой о проведении гидравлического испытания оно проводится на буровой площадке в специально оборудованном месте.

## При транспортировании труб к месту проведения работ и при перемещении на буровой:

Запрещается перетаскивать трубы волоком, перевозить их при больших пролетах между опорами. Для предохранения резьб труб применяются ниппели и предохранительные кольца. При разгрузке труб запрещается их сбрасывание. Во избежание ударов скатываемой трубы применяются деревянные подкладки.

Обсадные трубы укладываются на стеллажах по маркам стали и толщинам стенок секциями в порядке их спуска. При укладке труб на стеллажи между рядами кладутся прокладки; крайние трубы следующего ряда должны отстоять от предыдущего не менее, чем на 1 трубу. Трубы в ряду заклиниваются во избежание скатывания.

## Проверка качества изготовления обсадных труб (на буровой перед спуском):

Производится обследование наружного вида обсадных труб, проверка резьб и шаблонирование внутреннего диаметра труб. Для замены негодных труб, которые могут быть отбракованы во время спуска колонны, на буровую заранее привозятся запасные трубы максимальной прочности в количестве 5% от длины колонны.

В случае необходимости проводится опрессовка обсадных труб или дефектоскопия.

Прошедшие визуальный осмотр трубы замеряются по длине для составления плана на спуск обсадных труб – «меры».





# ПОДГОТОВКА СТВОЛА СКВАЖИНЫ

О состоянии ствола судят по посадкам/затяжкам при спуске и подъеме бурильной колонны, прохождению геофизических зондов, данным кавернометрии и инклинометрии. Заранее выделяют интервалы, **где отмечены затруднения при спуске бурильного инструмента**, зоны сужения ствола, образования уступов и т.д. В этих интервалах в подготовительный период проводят выборочную **проработку ствола** (жесткой компоновкой, либо компоновкой для бурения, но без телесистемы). Если отмечаются трудности в прохождении инструмента, его поднимают и спускают несколько раз.

После выборочной проработки ствол скважины **шаблонируют**. Для этого из обсадных труб собирают секцию длиной около 25 м и на колонне бурильных труб спускают ее в ствол скважины на всю глубину закрепляемого участка (либо то же, но КНБК с жесткостью, соответствующей жесткости обсадной колонны). Через спущенный инструмент **скважину тщательно промывают** до полного выравнивания свойств промывочной жидкости в течение двух циклов.

Во время промывки либо при бурении последних интервалов в закачиваемую промывочную жидкость могут добавить **смазочные добавки** для облегчения спуска обсадной колонны, либо **вязкоупругие составы (ВУСы) / кольматанты** для укрепления стенок скважины с целью минимизация вероятности прихвата обсадной колонны.

В практике известен вариант **расширения осложненного интервала с**

# ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ПЕРСОНАЛА

За 2-3 дня на буровую завозятся запасной буровой рукав, инструмент для спуска, расходные материалы (смазка) и мелкий инструмент.

Подготавливают рабочее место на роторной площадке: убирают инструмент, который не понадобится при спуске колонны, очищают пол буровой, спускают и готовят к работе ключ для свинчивания обсадной колонны с моментомером, готовят сварочный аппарат. Обеспечивается запас раствора и технической воды.

**Заблаговременно подвергаются проверке узлы и детали буровой:**

- соединения и узлы вышки, ее центричность;
- шахтовые брусья, подвышечные фундаменты;
- талевая система, талевый канат (может потребоваться перетяжка);
- превентор (при необходимости заменяются плашки превентора);
- индикатор веса (при необходимости ставится новая диаграмма);
- буровые насосы (при необходимости заменяют изношенные детали).

**Составляется акт готовности БУ к спуску.** Проводится инструктаж членов буровой бригады по ТБ и технологии спуска (под роспись).

Тампонажный флот за сутки готовит **необходимое количество тампонажных материалов и техники** согласно программе цементирования.

# СПУСК ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ

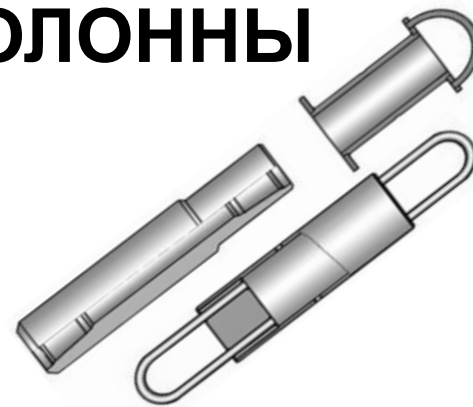
При подаче очередной трубы на роторный стол для навинчивания через нее спускается жесткий **шаблон** для проверки отсутствия загрязнения или внутренних дефектов труб.

После подъема трубы на роторный стол производится **откручивание** предохранительного колпачка и **смазывание** резьбовых соединений.

Обсадные колонны **свинчиваются** с помощью специального ключа с моментомером (**Weatherford** или **ГКШ**).

Муфтовые соединения низа колонны, а также последующие 5–10 муфт после закрепления их **обвариваются** (во избежание откручивания их при спуске либо при разбурировании цементного стакана).

**Скорость спуска** колонны поддерживают в пределах 0,3–0,8 м/с, снижая по мере спуска башмака (во избежания посадок и гидроразрыва пласта).



# СПУСК ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ

Если колонна не оснащена самозаполняющимся обратным клапаном, не реже чем через 50-100 м **доливают промывочную жидкость** внутрь колонны, чтобы не допустить смятия труб наружным избыточным давлением.

По мере необходимости проводят **промежуточные промывки с расхаживанием** для удаления шлама и сальников и предупреждения аномального роста давления при заключительной промывке.

Для предупреждения прихвата обсадной колонны нельзя в течение длительного времени **оставлять ее в скважине без движения и циркуляции**.

В случае падения уровня жидкости в затрубном пространстве **необходимо заполнять его буровым раствором** для предупреждения ГНВП.

Колонна обсадных труб на забой **не ставится**, после ее цементирования сохраняется в напряженном состоянии под натягом.

По окончании спуска проводится **заключительная промывка скважины** для последующего цементирования. В это время расставляется и обвязывается цементировочная техника.



# Аварии с обсадными колоннами

## Аварии со спускаемыми обсадными колоннами:

1. **Прихваты обсадных колонн** в связи с некачественной подготовкой ствола скважины перед спуском, недостаточным количеством смазочных добавок в буровом растворе, наличием в стволе резких изменений кривизны и азимута, длительными остановками во время спуска ОК (также возможен дифференциальный прихват).
2. **Падение обсадных труб** в связи с неисправностями оборудования спуско-подъемного комплекса буровой установки (элеваторов, клиньев и т.д.), наличием уступов в стволе скважины, что приводит к открытию элеватора, некачественной нарезкой резьб на обсадных трубах, свинчиванием резьбовых соединений с перекосом их осей, приложением растягивающих нагрузок выше допустимых, сильным или слабым скручиванием труб, неправильным сопряжением резьб трубы и муфты.
3. **Смятие обсадных труб** в связи с несвоевременным доливом жидкости в обсадную колонну, чрезмерной разрузкой обсадной колонны на забой скважины.

## Ликвидация аварий:

1. При **прихвате обсадной колонны** пытаются восстановить циркуляцию промывочной жидкости и одновременно расхаживать обсадную колонну. Если нет результатов, то пытаются освободить колонну при помощи ванны или сплошной промывки нефтью или кислотами. В случае прихвата обсадной колонны без циркуляции бурового раствора ее пытаются восстановить благодаря отверстиям, простреленным в обсадной колонны выше прихваченной области. Если нет результата проводится либо ликвидация скважины, либо цементирование колонны в данном положении с последующим бурением под нижеследующую колонну, либо прихваченную обсадную колонну извлекают (сначала обрезают/откручивают неприхваченный участок, потом труборезкой разрезают прихваченные трубы на части и поднимают их с помощью труболовки; возможен вариант срезания колонны с предварительным ее обурированием).
2. При **падении обсадных труб** их извлекают ловителем и труболовкой.
3. При **отсоединении нижних труб обсадной колонны при ее спуске** необходимо поднять колонну, извлечь отсоединенный участок, продолжить спуск колонны. Также можно попытаться соединить эти части путем спуска направляющего конуса с последующим вращением и спуском верхней секции на нижнюю.
4. В случае **смятия обсадной колонны** необходимо поднять обсадную колонну, заменить

# СПУСК ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ

## Карта процесса (ротаторный стол)



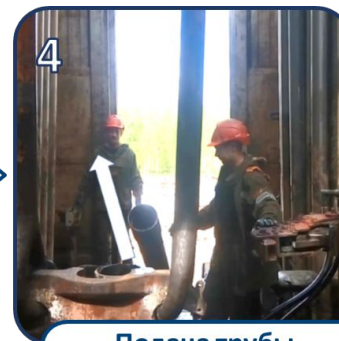
1  
Спуск колонны/  
Смазывание резьбы  
**28 с / 23 с**  
Бурильщик, 3 п/бур



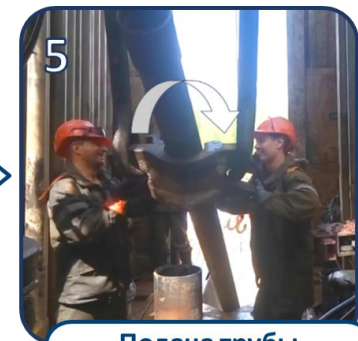
2  
Установка колонны  
в клинья  
**3 с / 2 с**  
Бурильщик



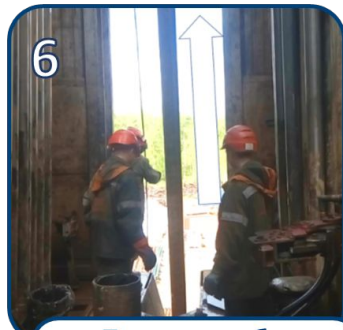
3  
Освобождение  
элеватора  
**3 с / 2 с**  
1 п/бур



4  
Подача трубы  
с козырька  
**4 с / 3 с**  
3 п/бур



5  
Подача трубы  
в элеватор  
**3 с / 2 с**  
1 и 3 п/бур



6  
Подъем трубы  
с козырька  
**17 с / 16 с**  
Бур-к, 1 и 3 п/бур



7  
Снятие защитного  
колпачка с ниппеля  
**10 с / 6 с**  
3 п/бур



8  
Установка трубы  
в муфту  
**5 с / 4 с**  
1 п/бур



9  
Свинчивание замка  
II Пуск шаблона  
**49 с / 34 с**  
1 п/бур II 3 п/бур

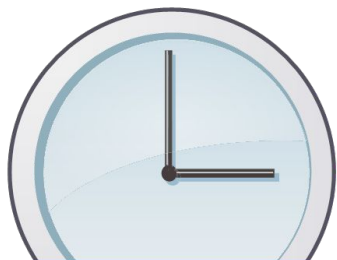


10  
Снятие колонны  
с клиньев  
**5 с / 4 с**  
Бурильщик

\* **Операция**  
**Время**  
**среднее/лучшее**  
Исполнитель

# СПУСК ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ

## Карта процесса (приемные мостки)



Ожидание спуска  
стропы (1) с козырька  
**60 с / 46 с**



**1**  
Прием и подготовка  
стропы (1)  
**7 с / 5 с**  
2 п/бур



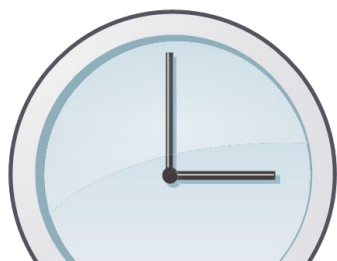
Ожидание спуска  
якоря вспом. лебедки  
с козырька  
**5 с / 3 с**



**2**  
Подвод якоря вспом.  
лебедки к стропе (2)  
**10 с / 7 с**  
2 и 3 п/бур



**3**  
Зацепление стропы  
(2) за якорь  
**3 с / 2 с**  
2 п/бур



Ожидание подъема  
трубы с приемных  
мостков на козырек  
**17 с / 16 с**



**4**  
Укладка стропы (1)  
на приемный мост  
**3 с / 2 с**  
2 п/бур



**5**  
Подача трубы  
на приемные мостки  
**15 с / 10 с**  
2 п/бур



**6**  
Закрепление  
стропы (1) на трубе  
**7 с / 5 с**  
2 п/бур

**\* Операция**  
**Время**  
**среднее/лучшее**  
*Исполнитель*

# СПУСК ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ

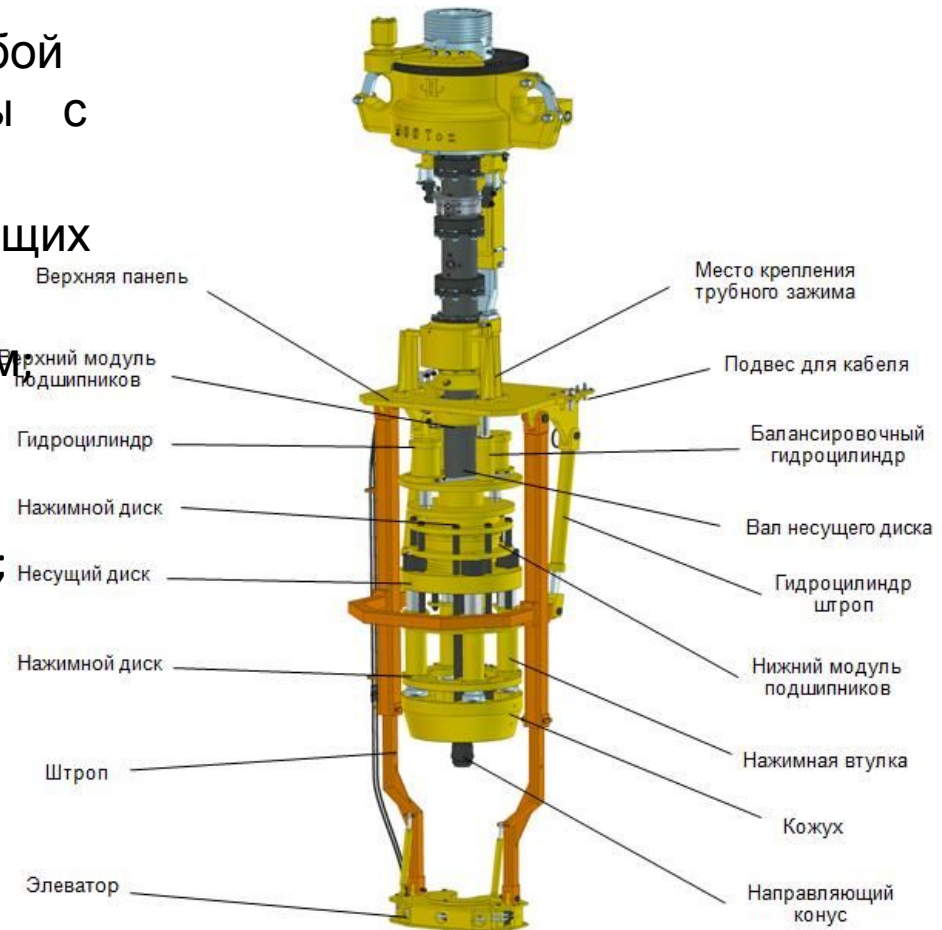
## Система спуска обсадных колонн (ССОК)

**ССОК** представляет собой комплексную систему для работы с обсадными колоннами.

ССОК состоит из следующих элементов:

- Управляемые штропы с элеватором;
- Специальный клиновый захват;
- Гидравлическая система (15 МПа);
- Система поддержания равновесия;
- **ССОК обеспечивает захват и удержание обсадных труб, одновременное вращение и расхаживание обсадной колонны, циркуляцию бурового раствора в любой момент времени.**

ССОК работает в широком диапазоне температур, универсальна, применяется совместно с СВП; она значительно упрощает процесс спуска ОК, снижает количество производимых операций, НПВ и риски.





## **Часть 3**

# **Расчет обсадных колонн на прочность**

# НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОБСАДНУЮ КОЛОННУ

Осевое растяжение

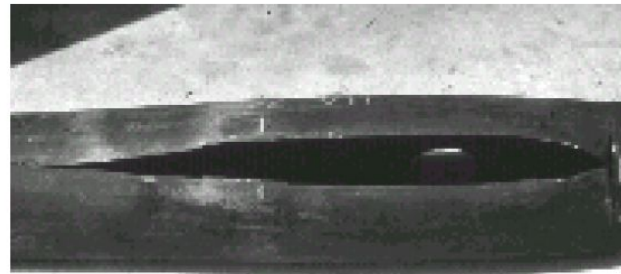
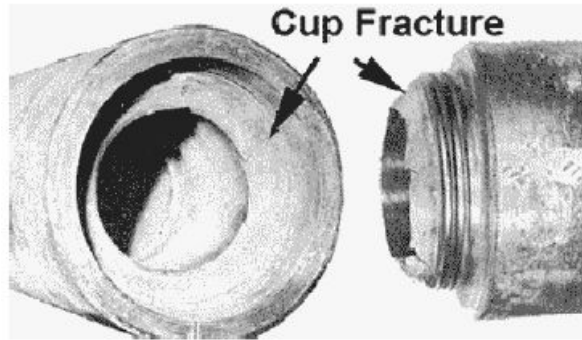


Радиальное растяжение

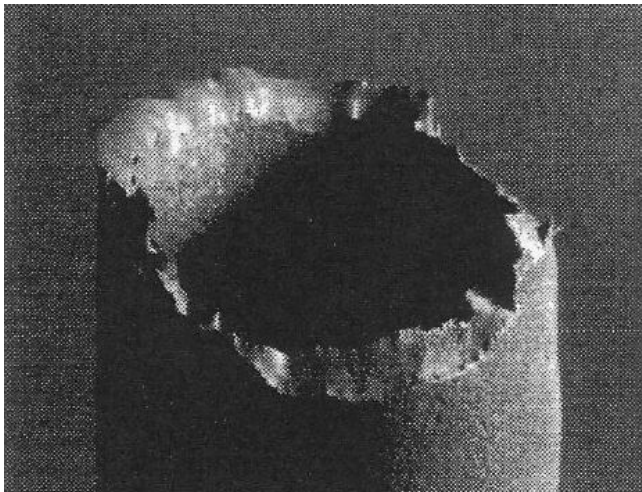


Радиальное смятие

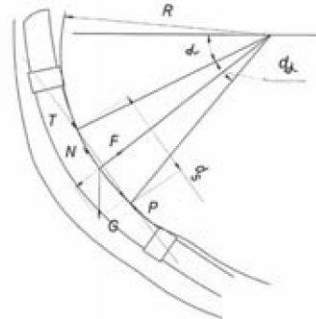
Осевое сжатие



скручивание



Изгиб



$\alpha$  – текущий угол от горизонтали;  
 $d\alpha$  – приращение угла;  
 $R$  – радиус кривизны;  
 $ds$  – участок обсадной колонны;  
 $G$  – вес участка обсадной колонны;  
 $N$  – сила сопротивления движению;  
 $F$  – нормальная составляющая прижимающего усилия;  
 $P$  – сила трения;  
 $T$  – усилие спуска.



# НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОБСАДНУЮ КОЛОННУ

В процессе спуска колонны, цементирования, заключительных работ, испытания, освоения обсадные колонны испытывают целую серию нагрузок.

## **Нагрузки различаются:**

- по виду,
- по источнику нагружения.

## **Нагрузки изменяются:**

- по величине,
- по длине колонны,
- по времени.

## **Основная задача расчёта сводится к:**

1. выбору главных нагрузок;
2. определению периода времени, когда эти нагрузки достигают максимальных значений;
3. Расчёту величины этих нагрузок;
4. Подбору обсадных труб и оснастки с соответствующими прочностными характеристиками.

В конечном итоге, ОК в любом сечении по длине должна соответствовать действующим нагрузкам с требуемым запасом.

Расчёт ОК производится в соответствии с действующей инструкцией по расчёту обсадных колонн от 1997 года.

## НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОБСАДНУЮ КОЛОННУ

**Спуск ОК** (в процессе спуска обсадная колонна периодически подвешивается в клиновом захвате для наращивания очередной трубы, проводятся промежуточные промывки заколонного пространства, долив колонны с незаполняющимся обратным клапаном, расхаживание и вращение колонны в местах посадок):

- осевое растяжение под действием собственного веса, при расхаживании за счёт сил инерции и трения, от внутреннего гидродинамического давления при промывках;
- осевое сжатие (за счёт выталкивающей силы и веса колонны при посадках);
- радиальное смятие (клиновой захват, наружное избыточное давление при незаполненной колонне);
- кручение (при свинчивании труб и вращении колонны);
- радиальное растяжение за счёт внутренних избыточных гидростатических давлений и гидродинамических давлений (при промывках);
- изгиб (за счёт профиля, веса колонны при посадках и за счёт выталкивающей силы).

## НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОБСАДНУЮ КОЛОННУ

**Процесс цементирования** (заключается в закачке в обсадную колонну тампонажной смеси и продавке её в затрубное пространство. При этом обсадная колонна может подвешиваться на талевой системе буровой установки и для повышения качества цементирования расхаживаться):

- осевое растяжение от собственного веса, от гидродинамических внутренних давлений и от сил инерции и трения при расхаживании;
- осевое сжатие (от действия выталкивающей силы)
- изгиб (за счёт профиля и действия выталкивающей силы);
- радиальное смятие (за счёт наружных избыточных гидростатических и гидродинамических давлений);
- радиальное растяжение (за счёт внутренних избыточных и гидростатических и гидродинамических давлений).

## **НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОБСАДНУЮ КОЛОННУ**

**Контроль качества цементирования** *(на этапе заключительных работ по цементированию обсадная колонна подвешивается в колонной головке с последующим контролем качества цементирования проверкой герметичности.*

*Герметичность проверяется двумя способами: опрессовкой и снижением уровня):*

- осевое растяжение (после ОЗЦ колонна натягивается и закрепляется в колонной головке натяжением);
- радиальное растяжение (избыточное внутреннее давление при опрессовке);
- радиальное смятие (наружное избыточное давление при проверке герметичности снижением уровня).

## **НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОБСАДНУЮ КОЛОННУ**

**Испытание и освоение** (*скважина законченная бурением и креплением подлежит испытанию и освоению. При испытании разведочных скважин или освоении добывающих производится перфорация колонны в интервале продуктивного пласта и вызов притока снижением давления в скважине*):

- радиальное смятие (при вызове притока возникает избыточное наружное давление);
- радиальное растяжение (внутреннее избыточное давление после заполнения колонны пластовым флюидом и закрытом устье).

## НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОБСАДНУЮ КОЛОННУ

*Эксплуатация (в процессе эксплуатации скважины давление пластового флюида постоянно снижается, достигая минимума в конце эксплуатации. Для интенсификации притока в добывающей скважине могут проводиться работы по воздействию на призабойную зону пласта, например гидроразрыв, закачка цементного раствора при ремонтных работах, возможен также перевод добывающей скважины на нагнетательную):*

- радиальное смятие (за счёт избыточного наружного давления при снижении уровня флюида или давления газа в колонне в конце эксплуатации);
- радиальное растяжение (за счёт избыточного внутреннего давления при гидроразрыве пород, переводе скважины в нагнетательную и ремонтных работах).



## НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОБСАДНУЮ КОЛОННУ

Анализ всех рассмотренных выше нагрузок, проведённых специалистами с применением теоретических расчётов и в экспериментах, показал, что наиболее опасными для обсадных колонн являются нагрузки от действия статических **избыточных наружных и внутренних давлений** и **осевые растягивающие (сжимающие) нагрузки** от собственного веса. На эти виды нагрузок производится расчёт обсадных колонн и выбор труб для них с учётом коэффициентов запаса, которые даны в инструкции по расчёту обсадных колонн. Здесь же, на все эти виды нагрузок, даны критические значения для различных типов труб по ГОСТ 632-80.

## РАСЧЕТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ПРОЧНОСТЬ

В разные периоды времени **наружное избыточное давление** достигает наибольших значений.

Имеются **три таких случая**:

- при цементировании в конце продавки тампонажного раствора и снятом на устье давлении;
- при снижении уровня жидкости в колонне при испытании на герметичность и при вызове притока (в начале эксплуатации);
- в конце эксплуатации за счет снижения уровня флюида для нефтяных скважин и снижения давления для газовых скважин.

# РАСЧЕТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ПРОЧНОСТЬ

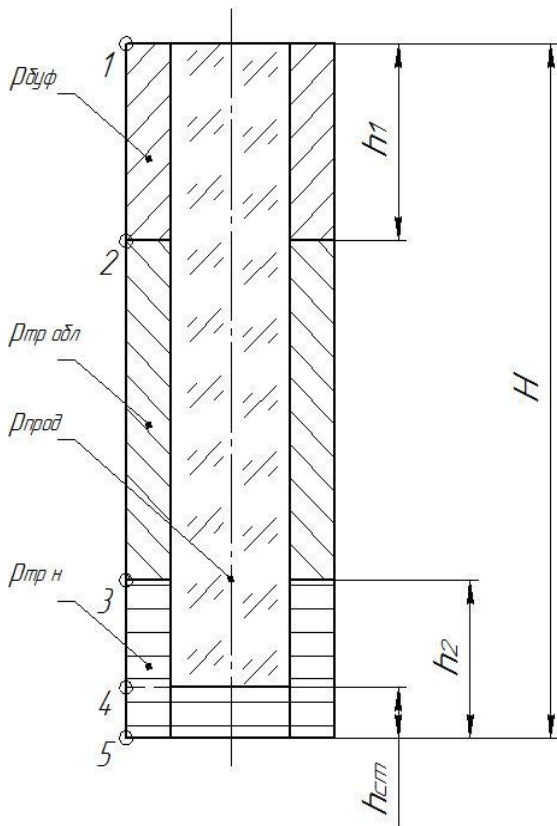


Схема расположения жидкостей в конце продавки тампонажного раствора при снятом устьевом давлении:

$\rho_{прод}$  — плотность продавочной жидкости;  $\rho_{буф}$  — плотность буферной жидкости;  $\rho_{тр обл}$  — плотность облегченного тампонажного раствора;  $\rho_{тр н}$  — плотность тампонажного раствора нормальной плотности;  $h_1$  — высота столба буферной жидкости;  $h_2$  — высота столба тампонажного раствора нормальной плотности;  $h_{см}$  — высота цементного стакана

Точка 1 (устье скважины).

$$P_{н1} = 0;$$

$$P_{в1} = 0;$$

$$P_{ни1} = 0.$$

Точка 2 (граница изменения жидкости за колонной).

$$P_{н2} = \rho_{буф} \cdot g \cdot h_1;$$

$$P_{в2} = \rho_{прод} \cdot g \cdot h_1;$$

$$P_{ни2} = (\rho_{буф} - \rho_{прод}) \cdot g \cdot h_1.$$

Точка 3 (граница изменения жидкости за колонной).

$$P_{н3} = g \cdot (\rho_{буф} \cdot h_1 + \rho_{тр обл} \cdot (H - h_1 - h_2));$$

$$P_{в3} = \rho_{прод} \cdot g \cdot (H - h_2);$$

$$P_{ни3} = P_{н3} - P_{в3}.$$

Точка 4 (граница изменения жидкости в колонне).

$$P_{н4} = g \cdot (\rho_{буф} \cdot h_1 + \rho_{тр обл} \cdot (H - h_1 - h_2) + \rho_{тр н} \cdot (h_2 - h_{см}));$$

$$P_{в4} = \rho_{прод} \cdot g \cdot (H - h_{см});$$

$$P_{ни4} = P_{н4} - P_{в4}.$$

Точка 5 (забой скважины).

$$P_{н5} = g \cdot (\rho_{буф} \cdot h_1 + \rho_{тр обл} \cdot (H - h_1 - h_2) + \rho_{тр н} \cdot h_2);$$

$$P_{в5} = \rho_{прод} \cdot g \cdot (H - h_{см}) + \rho_{тр н} \cdot g \cdot h_{см};$$

$$P_{ни5} = P_{н5} - P_{в5}.$$

# РАСЧЕТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ПРОЧНОСТЬ

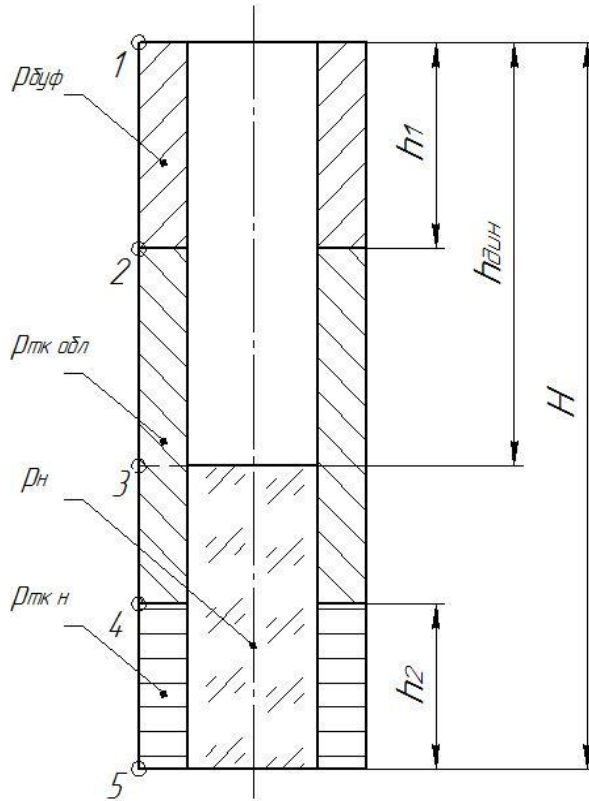
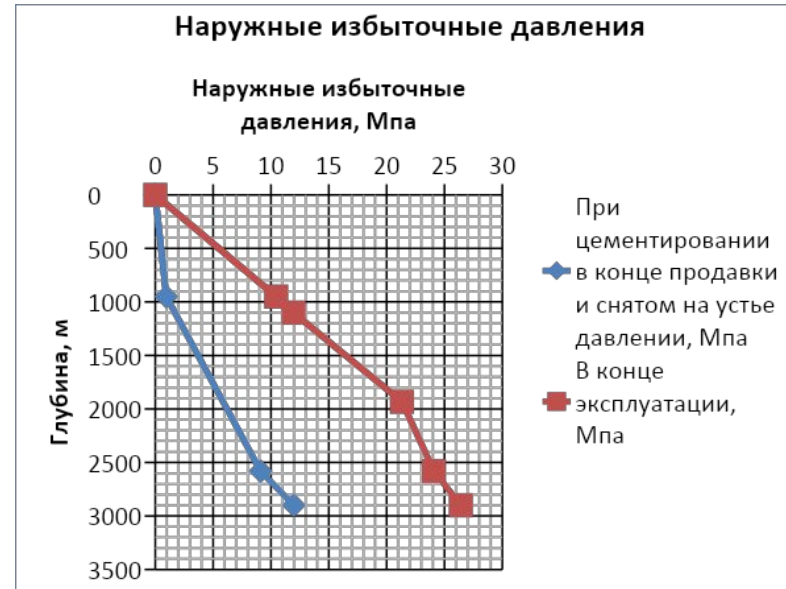


Схема расположения жидкостей в конце эксплуатации нефтяной скважины:

$\rho_n$  – плотность нефти;  $\rho_{буф}$  – плотность буферной жидкости;  
 $\rho_{тк обл}$  – плотность облегченного тампонажного камня;  $\rho_{тк н}$  – плотность тампонажного камня нормальной плотности;  $h_1$  – высота столба буферной жидкости;  $h_{дин}$  – динамический уровень скважины;  $h_2$  – высота столба тампонажного камня нормальной плотности



Эпюра наружных избыточных давлений

## РАСЧЕТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ПРОЧНОСТЬ

Расчёт ***внутренних избыточных давлений*** производится, как и для наружных избыточных давлений для периода времени, когда они достигают максимальных давлений.

Имеются ***два таких случая***.

1. при цементировании в конце продавки тампонажной смеси, когда давление на цементировочной головке достигает максимального значения.
2. при опрессовке колонны с целью проверки её герметичности.

# РАСЧЕТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ПРОЧНОСТЬ

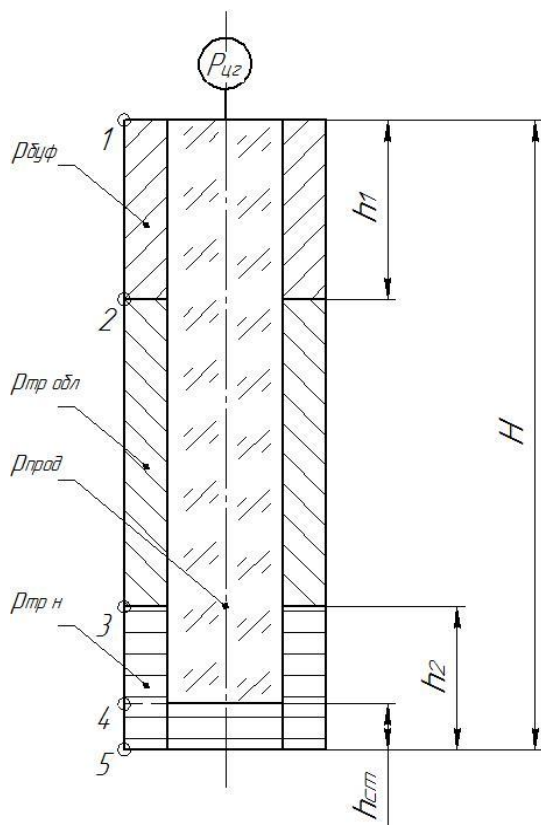


Схема расположения жидкостей в конце продавки тампонажного раствора, когда давление на цементировочной головке достигает максимального значения:

$P_{цз}$  — давление на цементировочной головке;  $\rho_{прод}$  — плотность продавочной жидкости;  $\rho_{буф}$  — плотность буферной жидкости;  $\rho_{тр обл}$  — плотность облепченного тампонажного раствора;  $\rho_{тр н}$  — плотность тампонажного раствора нормальной плотности;  $h_1$  — высота столба буферной жидкости;  $h_2$  — высота столба тампонажного раствора нормальной плотности;  $h_{ст}$  — высота цементного стакана

Точка 1 (устье скважины).

$$P_{в1} = P_{цз};$$

$$P_{н1} = 0;$$

$$P_{ви1} = P_{цз};$$

Точка 2 (граница изменения жидкости за колонной).

$$P_{в2} = P_{цз} + \rho_{прод} \cdot g \cdot h_1;$$

$$P_{н2} = \rho_{буф} \cdot g \cdot h_1;$$

$$P_{ви2} = P_{цз} + (\rho_{прод} - \rho_{буф}) \cdot g \cdot h_1.$$

Точка 3 (граница изменения жидкости за колонной).

$$P_{в3} = P_{цз} + \rho_{прод} \cdot g \cdot (H - h_2);$$

$$P_{н3} = g \cdot (\rho_{буф} \cdot h_1 + \rho_{тр обл} \cdot (H - h_1 - h_2));$$

$$P_{ви3} = P_{в3} - P_{н3};$$

Точка 4 (граница изменения жидкости в колонне).

$$P_{в4} = P_{цз} + \rho_{прод} \cdot g \cdot (H - h_{ст});$$

$$P_{н4} = g \cdot (\rho_{буф} \cdot h_1 + \rho_{тр обл} \cdot (H - h_1 - h_2) + \rho_{тр н} \cdot (h_2 - h_{ст}));$$

$$P_{ви4} = P_{в4} - P_{н4};$$

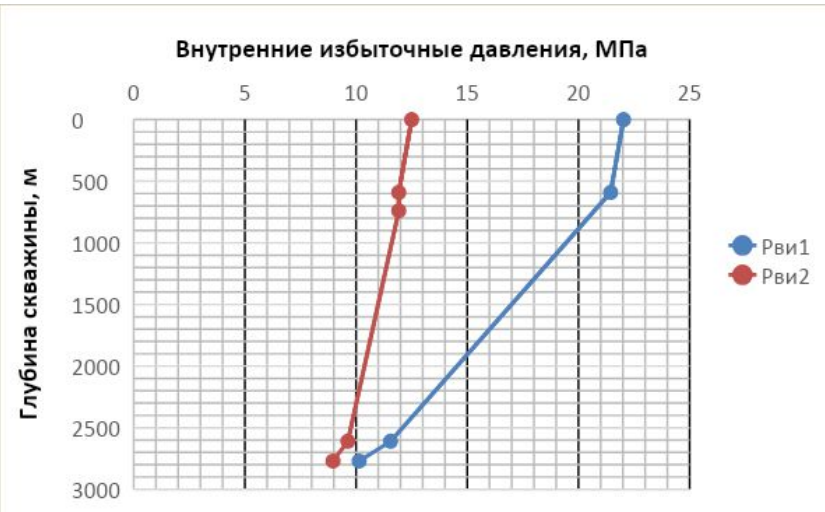
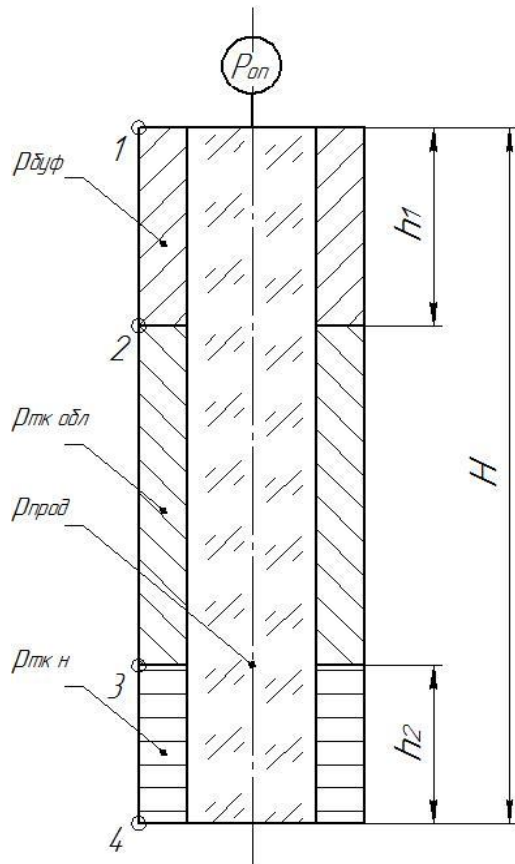
Точка 5 (забой скважины).

$$P_{в5} = P_{цз} + \rho_{прод} \cdot g \cdot (H - h_{ст}) + \rho_{тр н} \cdot h_{ст};$$

$$P_{н5} = g \cdot (\rho_{буф} \cdot h_1 + \rho_{тр обл} \cdot (H - h_1 - h_2) + \rho_{тр н} \cdot h_2);$$

$$P_{ви5} = P_{в5} - P_{н5};$$

# РАСЧЕТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ПРОЧНОСТЬ



Эпюра внутренних избыточных давлений

Схема расположения жидкостей при опрессовке обсадной колонны:  
 $P_{оп}$  – давление опрессовки;  $\rho_{прод}$  – плотность продажной жидкости;  
 $\rho_{буф}$  – плотность буферной жидкости;  $\rho_{тк обл}$  – плотность облегченного тампонажного раствора;  $\rho_{тк н}$  – плотность тампонажного раствора нормальной плотности;  $h_1$  – высота столба буферной жидкости;  
 $h_2$  – высота столба тампонажного камня нормальной плотности

## РАСЧЕТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ПРОЧНОСТЬ

### ***Прочностные характеристики обсадных труб:***

1 – Прочность на смятие наружным давлением или критическое давление  $P_{кр}$ .

2 – Прочность на разрыв внутренним давлением  $P_{вн}$ .

Характеризуется величиной внутреннего давления, при котором напряжение в теле трубы достигает предела текучести.

3 – Прочность на растяжение по телу трубы (на пределе текучести металла)  $P_{раст}$ .

4 – Прочность на разрыв в соединении обсадных труб или срагивающая нагрузка  $P_{стр}$ .



# РАСЧЕТ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НА ПРОЧНОСТЬ

## Характеристика обсадной колонны по ее длине

№ секций	Группа прочности	Толщина стенки, мм	Длина, м	Вес, кг			Интервал установки, м
				трубы	секции	суммарный	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Д	7,4	130	19,788	2572,44	2572,44	3280 – 3150
2	Д	6,4	650	17,238	11204,7	13777,14	3150 – 2500
3	Д	5,7	2500	15,606	39015	52792,14	2500 – 0