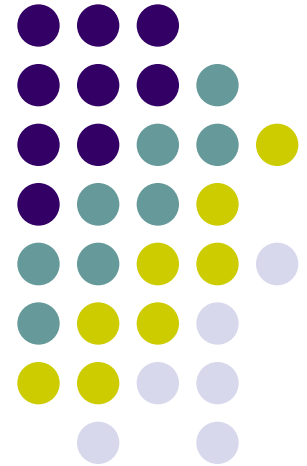


# *Проектирование конструкции скважины по промышленным данным*

---

*Виды и назначение обсадных колонн.  
Выбор конструкции скважины.  
Определение глубин спуска обсадных  
колонн и интервалов цементирования*



# Конструкция скважины



Очередной процесс строительства скважины состоит в одновременном закреплении ствола и изоляции пластов друг от друга и от дневной поверхности. Он включает следующие виды работ: подготовку ствола под спуск обсадной колонны и ее цементирование, т.е. заполнение заколонного пространства цементным раствором.

**Конструкция** скважины – это ступенчатый ствол скважины, созданный буровыми долотами и ее техническое оснащение обсадными колоннами, зацементированными в стволе.

Конструкцию скважины характеризуют число спущенных в нее обсадных колонн, их диаметр, глубина спуска, диаметр ствола (диаметр долота) под каждую колонну, и высота интервала цементирования.

# Виды обсадных колонн (ОК) и их назначение



1. **Направление** – колонна труб или одна труба, предназначенная для закрепления приустьевой скважины от размыва потоком восходящего раствора и обрушения, а также для того, чтобы поток промывочной жидкости направить в очистную систему. Обычно его спускают в заранее подготовленную шахту (глубиной 3-5 м), пространство между направлением и стенкой шахты бетонируют по всей длине. Максимальная глубина спуска направления до 30м. Оно всегда одно.
2. **Кондуктор** – колонна обсадных труб, предназначенных для разобщения верхнего интервала разреза, изоляции пресноводных горизонтов от загрязнения, монтажа ПВО и подвески последующих ОК. Он всегда один. Глубина спуска до 350-500 м (иногда, в ММП до 750 м). Цементируется всегда по всей длине.
3. **Промежуточная** - служит для разобщения несовместимых по условиям бурения зон при углублении скважины до полученных глубин. Их количество (0-4 штук) зависит от глубины и условий бурения скважины. Диаметр долота для бурения ствола под данную колонну должен быть больше наибольшего наружного диаметра рассматриваемой колонны. За наибольший наружный диаметр принимают наружный диаметр муфт, посредством которых обсадные трубы соединяются друг с другом.

# Виды обсадных колонн (ОК) и их назначение



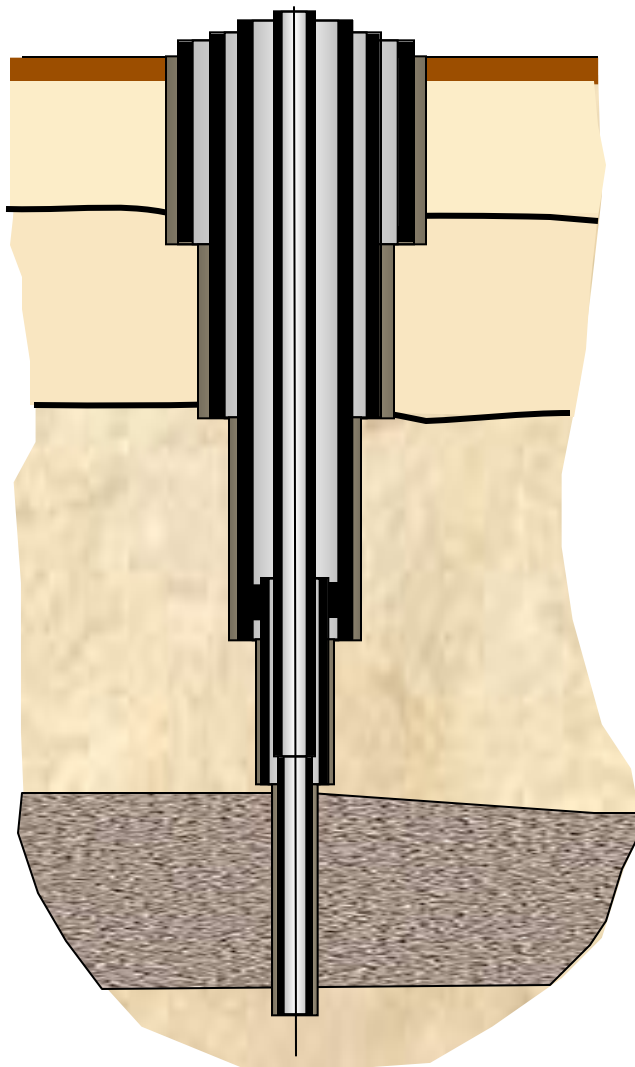
**Промежуточные колонны** могут быть нескольких видов:

- **сплошные** – перекрывающие весь ствол скважины от забоя до ее устья независимо от крепления предыдущего интервала;
- **хвостовики** – для крепления только необсаженного интервала скважины с перекрытием предыдущей ОК на некоторую величину. Его спускают на бурильных трубах.;
- **потайные колонны** – специальные промежуточные ОК, служащие только для перекрытия интервалов осложнений и не имеющие связи с предыдущими или последующими ОК

Секционный спуск обсадных колонн и крепление хвостовиками возникли как решение проблемы спуска тяжелых ОК, и как решение по упрощению конструкции скважины, уменьшение диаметра обсадных колонн, снижение расхода цементного расхода, увеличение скорости бурения и снижение стоимости бурения.

4. **Эксплуатационная колонна** – последняя колонна обсадных труб, которой крепят скважину для разобщения продуктивных горизонтов от всех остальных пород и извлечения из скважины нефти и газа, или наоборот, нагнетания в пласты жидкости и газа. Иногда в качестве эксплуатационной колонны может быть использован хвостовик.

# Типы обсадных колонн



*Направление*

*Кондуктор*

*Промежуточная  
колонна*

*Потайная колонна*

*Эксплуатационная  
колонна*

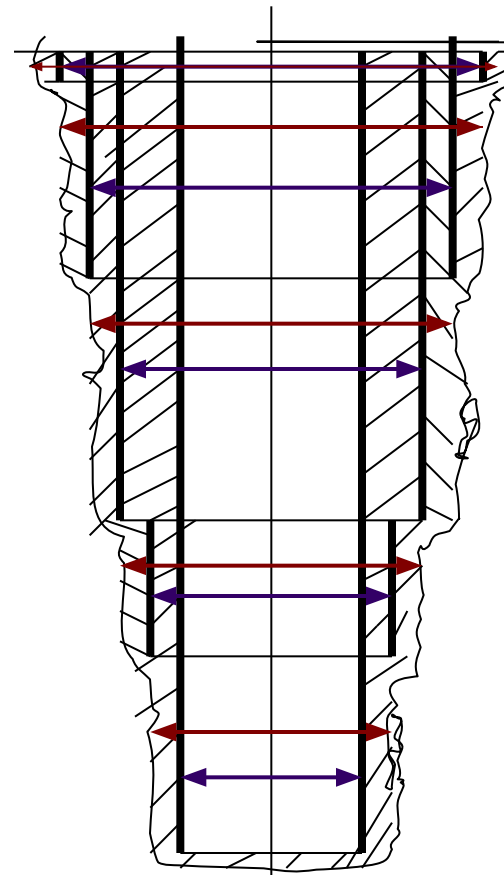
## Понятие конструкции скважины

В процессе бурения возникает необходимость закрепления стенок скважины в интервалах неустойчивых пород, предотвращения межпластовых перетоков пластовых флюидов и т. д.

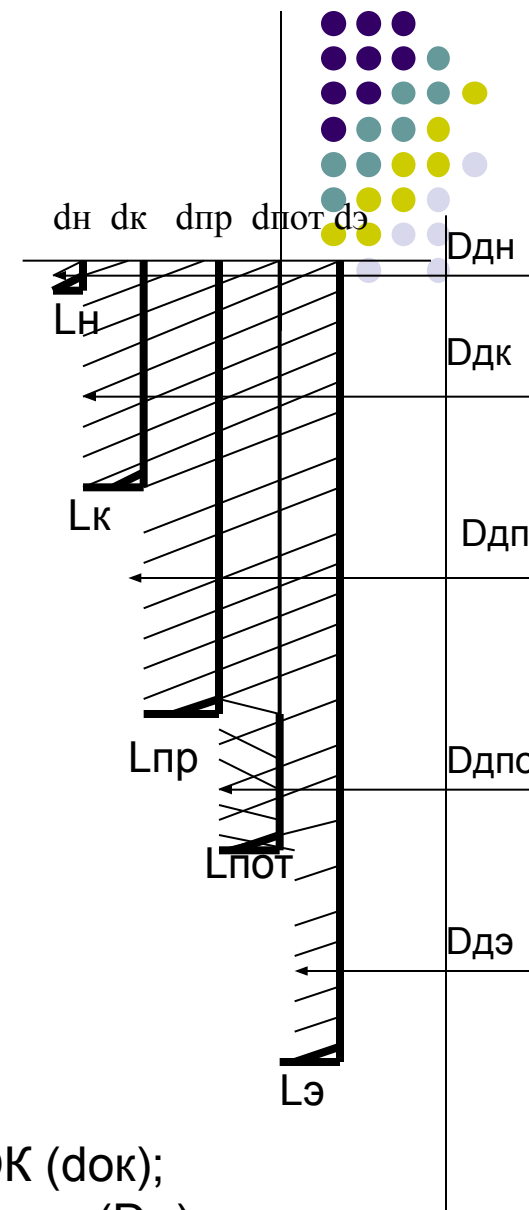
Если углубление следующего участка ствола скважины без крепления предыдущего интервала ОК становится невозможным, то эти участки ствола скважины называют **интервалами с несовместимыми условиями бурения**.

**Понятие конструкции скважины** включает следующие характеристики её горной и технической составляющих:

- глубина (протяжённость) скважины;
- число ОК спускаемых в скважину; глубина их спуска, номинальный диаметр ОК и интервалы их цементирования;
- диаметр ствола скважины под каждую ОК.



- ↔ - Диаметр ОК (dок);
- ↔ - Диаметр долота (Dд);



# Проектирование конструкции скважины



Разработка конструкции скважины базируется на следующих основных геологических и технико-экономических факторах:

- 1) Геологические особенности залегания горных пород, их физико-механическая характеристика, наличие флюидсодержащих горизонтов, пластовые температуры и давления, а также давление гидроразрыва проходимых пород;
- 2) Назначение и цель бурения скважин;
- 3) Уровень организации техники, технологии бурения и геологическая изученность района буровых работ;
- 4) Уровень квалификации буровой бригады;
- 5) Способ бурения скважины, эксплуатации и ее ремонта.

Геологические факторы являются определяющими принцип проектирования конструкции скважины такие как: стратиграфия, тектоника разреза, мощность пород с различной проницаемостью, прочностью, пористостью и пластовым давлением.

*Рациональной конструкцией* можно назвать такую конструкцию, которая соответствует геологическим условиям бурения, учитывает назначение скважины, создает оптимальные условия для эксплуатации пластов и создает условия для бурения интервала между креплениями в наиболее сжатые сроки.

# Проектирование конструкции скважины



Проектирование конструкции скважины начинается с построения графика совмещенных давлений  $K_a$  и  $K_p$ , а также выбора плотности БПЖ. По графику определяются зоны несовместимые по условиям бурения, и на основании этого, а также с учетом возможных осложнений и литологических особенностей по интервалу, **определяется количество спускаемых в скважину ОК и глубины их спуска.** Далее **определяются диаметральные размеры ОК и долот** для бурения под каждую ОК. Последним этапом является **определение интервала цементирования каждой ОК.**



## Выбор интервала цементирования (из ПБ)

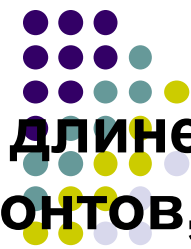


232. Направления и кондуктора цементируются до устья.

В нижележащей части стратиграфического разреза цементированию подлежат:

- продуктивные горизонты, кроме запроектированных к эксплуатации открытым забоем;
- продуктивные отложения, не подлежащие эксплуатации, в том числе с непромышленными запасами;
- истощенные горизонты;
- напорные водоносные горизонты с коэффициентом аномальности более 1,3;
- водоносные проницаемые горизонты, находящиеся или планируемые к разработке;
- горизонты вторичных (техногенных) скоплений нефти и газа;
- интервалы, сложенные пластичными породами, склонными к деформациям;
- интервалы, породы которых или продукты их насыщения способны вызывать ускоренную коррозию обсадных труб.

## Выбор интервала цементирования (из ПБ)



**233. Высота подъема тампонажного раствора по длине ствола скважины над кровлей продуктивных горизонтов, за устройством ступенчатого цементирования или узлом соединения секций обсадных колонн, а также за башмаком предыдущей обсадной колонны в нефтяных и газовых скважинах должна составлять, соответственно, не менее 150 и 500 м.**

**При включении в состав обсадных колонн межколонных герметизирующих устройств они должны располагаться на высоте не менее 75 м для нефтяных скважин и 250 м для газовых скважин выше башмака предыдущей обсадной колонны, устройства ступенчатого цементирования и узла соединения секций обсадных колонн. В таких случаях высота подъема тампонажного раствора ограничивается высотой расположения межколонного герметизирующего устройства.**

## Выбор интервала цементирования (из ПБ)



234. Разрыв сплошности цементного камня в интервалах цементирования не разрешается. Исключения составляют случаи встречного цементирования в условиях поглощения.

235. Общая проектная высота подъема тампонажного раствора за обсадными колоннами должна обеспечивать:

- превышение в процессе ожидания затвердевания цемента (ОЗЦ) гидростатических давлений составного столба бурового раствора и жидкости затворения цемента над пластовыми давлениями перекрываемых флюидосодержащих горизонтов;
- исключение гидроразрыва пород или развитие интенсивного поглощения раствора;
- возможность разгрузки обсадной колонны на цементное кольцо для установки колонной головки.

При ступенчатом цементировании, спуске колонн секциями нижние и промежуточные ступени и секции обсадных колонн должны быть зацементированы по всей длине.

## Выбор интервала цементирование (из ПБ)



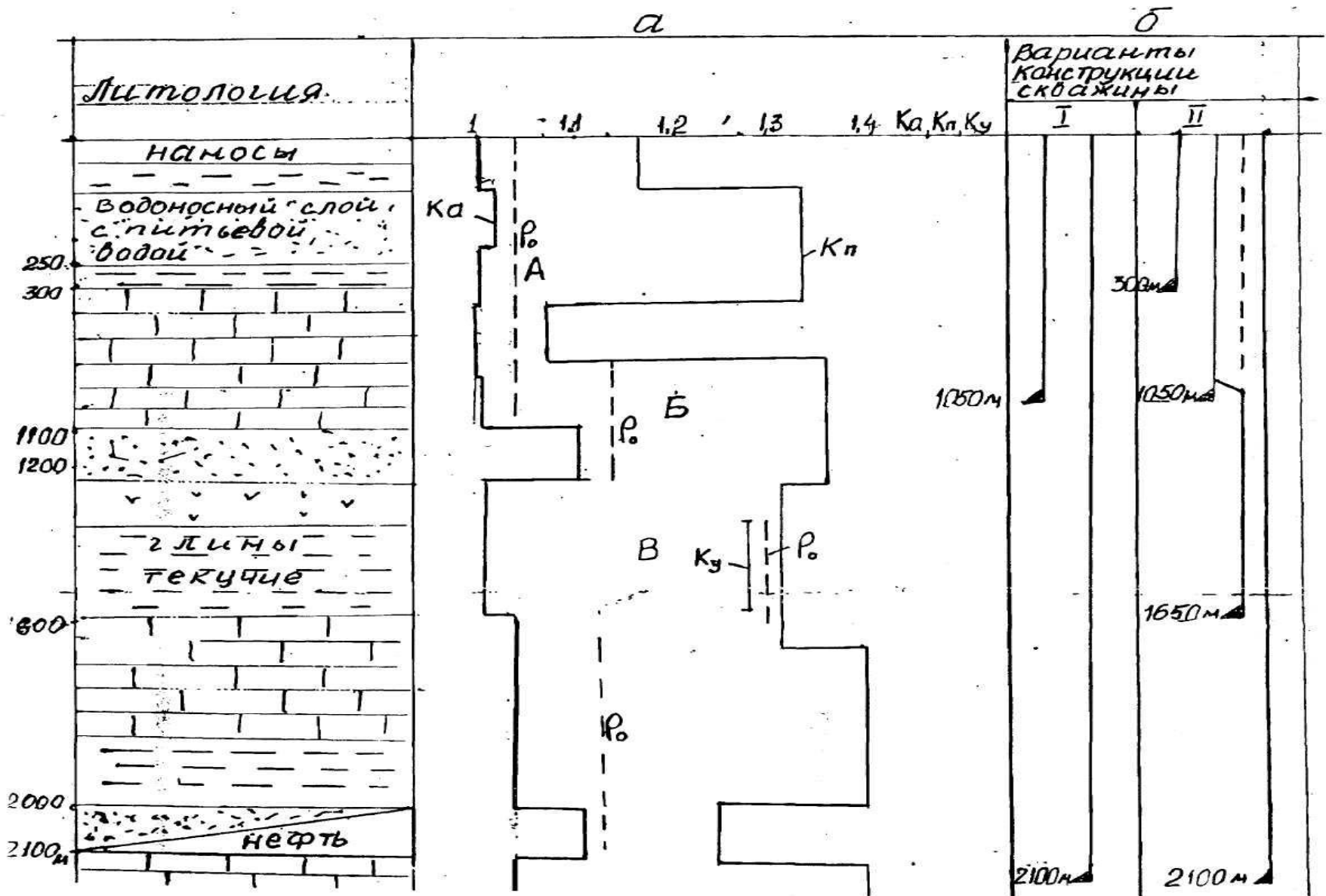
**236. При перекрытии кондуктором или промежуточной колонной зон поглощения, пройденных без выхода циркуляции, производится подъем тампонажных растворов до подошвы поглощающего пласта с последующим (после ОЗЦ) проведением встречного цементирование через межколонное пространство. Запрещается приступать к спуску технических и эксплуатационных колонн в скважину, осложненную поглощениями бурового раствора с одновременным флюидопроявлением, осыпями, обвалами, затяжками и посадками бурильной колонны, до ликвидации осложнений.**



***пример***

# ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА СОВМЕЩЕННЫХ ДАВЛЕНИЙ

График изменения  $K_a, K_n, K_y$  с глубиной скважины (а)  
и варианты конструкции скважины (б)



*Проектирование конструкции скважины.  
Построение графика совмещенных давлений*



Необходимо определить:

• безразмерные величины  $K_a$ ,  $K_p$  и относительную плотность раствора:

$$K_a = P_{пл}/P_{гс}, \quad K_p = P_p/P_{гс}, \quad \rho_o = \rho_r/\rho_{\text{воды}}, \quad P_{гс} = \rho_{\text{воды}} g H;$$

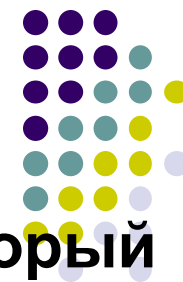
• зоны несовместимости;

• количество обсадных колонн и глубину их спуска в скважину;

• интервалы цементирования обсадных колонн;

• диаметральные размеры обсадных колонн и долот для бурения под каждую колонну.

## Обоснование диаметральных размеров конструкции скважины



Исходными для расчета являются:

- диаметр эксплуатационной колонны, который устанавливается в зависимости от ожидаемого дебита скважины или задается Заказчиком;
- конечный диаметр скважины, определяемый размером инструментов и приборов, которые будут использованы в скважине.

### Рекомендуемые диаметры эксплуатационных колонн

| Нефтяная скважина                    |                             | Газовая скважина                          |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| Суммарный дебит, м <sup>3</sup> /сут | Ориентировочный диаметр, мм | Суммарный дебит, тыс. м <sup>3</sup> /сут | Ориентировочный диаметр, мм |
| <40                                  | 114,3                       | <75                                       | 114,3                       |
| 40-100                               | 127,0; 139,7                | 75-250                                    | 114,3-146,1                 |
| 100-150                              | 139,7; 146,1                | 250-500                                   | 146,1-177,8                 |
| 150-300                              | 168,3; 177,8                | 500-1000                                  | 168,3-219,7                 |
| >300                                 | 177,7; 193,7                | 1000-1500                                 | 219,1-273,1                 |



## Обоснование диаметральных размеров конструкции скважины



Диаметры рассчитываются всегда снизу вверх в следующем порядке:

- по заданному диаметру эксплуатационной колонны  $Dэ$  по ГОСТ 632-80 находят диаметр ее соединительной муфты  $Dмэ$ ;
- вычисляют ориентировочно диаметр долота для бурения под эксплуатационную (первую снизу) колонну:

$$Dдэ = Dмэ + \delta,$$

где:  $\delta$  – минимально допустимая разность диаметров ствола скважины и муфты обсадной колонны. В соответствии с «Требованиями промышленной безопасности» величина  $\delta$  составляет:

|                                       |             |          |                                     |          |                                     |
|---------------------------------------|-------------|----------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|
| Номинальный диаметр обсадных труб, мм | 114,<br>127 | 140, 146 | 168,<br>178,<br>194,<br>219,<br>245 | 273, 299 | 324,<br>340,<br>351,<br>377,<br>426 |
| Разность диаметров $\delta$ , мм      | 15          | 20       | 25                                  | 35       | 39-45                               |

## Обоснование диаметральных размеров конструкции скважины

Диаметр долота принимают в соответствии с нормализованными размерами по ГОСТ 20692-75.

### Номенклатура выпускаемых трехшарошечных долот

Таблица 2

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 98.4  | 120.6 | 132   | 139.7 |
| 151   | 161   | 190.5 | 215.9 |
| 244.5 | 269.9 | 295.3 | 320   |
| 349.2 | 393.7 | 444.5 | 490   |

Внутренний диаметр последующей обсадной колонны (промежуточной):

$$d_{вн} = D_{дэ} + 2\Delta,$$

где:  $\Delta$  – радиальный зазор между внутренней стенкой обсадной трубы промежуточной колонны и долотом для бурения под эксплуатационную колонну ( $\Delta=5-10$  мм).

По расчетному значению внутреннего диаметра промежуточной обсадной колонны по ГОСТ подбирают ее нормализованный наружный диаметр.

В ГОСТ 632-80 нормализован наружный диаметр обсадных труб и для каждого размера установлено по несколько толщин стенки трубы, внутренний диаметр может варьироваться в широких пределах:

$$d_{вн} = d_n - 2 \delta_{тр},$$

где:  $d_{вн}$ ,  $d_n$  и  $\delta_{тр}$  – соответственно, диаметры внутренний, наружный и толщина стенки трубы.

# Обоснование диаметральных размеров конструкции скважины



Подобным образом повторяют расчет для каждой последующей колонны до самой верхней. Если строительство скважины завершается без спуска обсадной колонны на конечную глубину, исходным является диаметр долота для конечного интервала.

## Техническая характеристика обсадных труб

Таблица 1.

|                            |       |     |       |     |       |       |       |       |       |       |     |     |     |
|----------------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| Диаметр обсадной трубы, мм | 114,3 | 127 | 139,7 | 146 | 168,3 | 219,1 | 244,5 | 273,1 | 298,5 | 323,9 | 351 | 377 | 426 |
| Диаметр муфты, мм          | 133   | 146 | 159   | 166 | 188   | 245   | 270   | 299   | 324   | 351   | 376 | 402 | 451 |

# Табл.3. Сортамент обсадных труб



| усл. диаметр труб(мм) | Толщина стенки (мм) | внут. диаметр труб (мм) | нар. диаметр муфт (мм) |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| 114                   | 5.2                 | 103.9                   | 133                    |
|                       | 5.7                 | 102.9                   |                        |
|                       | 6.4                 | 101.5                   |                        |
|                       | 7.4                 | 99.5                    |                        |
|                       | 8.6                 | 97.1                    |                        |
| 127                   | 5.6                 | 115.8                   | 159                    |
|                       | 6.4                 | 114.2                   |                        |
|                       | 7.5                 | 112                     |                        |
|                       | 9.2                 | 108.6                   |                        |
| 140                   | 6.2                 | 127.3                   | 166                    |
|                       | 7                   | 125.7                   |                        |
|                       | 7.7                 | 124.3                   |                        |
|                       | 9.2                 | 121.3                   |                        |
|                       | 10.5                | 118.7                   |                        |
| 146                   | 6.5                 | 133.1                   | 187.7                  |
|                       | 7                   | 132.1                   |                        |
|                       | 7.7                 | 130.7                   |                        |
|                       | 8.5                 | 129.1                   |                        |
|                       | 9.5                 | 127.1                   |                        |
| 168                   | 10.7                | 124.7                   | 198                    |
|                       | 7.3                 | 153.7                   |                        |
|                       | 8                   | 152.3                   |                        |
|                       | 8.9                 | 150.5                   |                        |
|                       | 10.6                | 147.1                   |                        |
| 178                   | 12.1                | 144.1                   | 215.9                  |
|                       | 5.9                 | 166                     |                        |
|                       | 6.9                 | 164                     |                        |
|                       | 8.1                 | 161.6                   |                        |
|                       | 9.2                 | 158.4                   |                        |
|                       | 10.4                | 157                     |                        |
|                       | 11.5                | 154.8                   |                        |
| 194                   | 12.7                | 152.4                   | 244.5                  |
|                       | 7.6                 | 178.5                   |                        |
|                       | 8.3                 | 177.1                   |                        |
|                       | 9.5                 | 174.7                   |                        |
|                       | 10.9                | 171.9                   |                        |
| 219                   | 12.7                | 168.3                   | 269.9                  |
|                       | 6.7                 | 205.7                   |                        |
|                       | 7.7                 | 203.7                   |                        |
|                       | 8.9                 | 201.3                   |                        |
|                       | 10.2                | 198.7                   |                        |
|                       | 11.4                | 196.3                   |                        |
|                       | 12.7                | 193.7                   |                        |
| 269.9                 | 14.2                | 190.7                   |                        |
|                       | 7.9                 | 228.7                   |                        |
|                       | 8.9                 | 226.7                   |                        |
|                       | 10                  | 224.5                   |                        |
|                       | 11.1                | 222.3                   |                        |
|                       | 12                  | 220.5                   |                        |
| 13.8                  | 216.9               |                         |                        |

| усл. диаметр труб (мм) | Толщина стенки (мм) | внут. диаметр труб (мм) | нар. диаметр муфт (мм) |
|------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| 273                    | 7.1                 | 258.9                   | 298.5                  |
|                        | 8.9                 | 255.3                   |                        |
|                        | 10.2                | 252.7                   |                        |
|                        | 11.4                | 250.3                   |                        |
|                        | 12.6                | 247.9                   |                        |
|                        | 13.8                | 245.5                   |                        |
|                        | 15.1                | 242.9                   |                        |
|                        | 16.5                | 240.1                   |                        |
|                        | 8.5                 | 281.5                   |                        |
|                        | 9.5                 | 279.5                   |                        |
| 299                    | 11.1                | 276.3                   | 323.9                  |
|                        | 12.4                | 273.7                   |                        |
|                        | 14.8                | 268.9                   |                        |
|                        | 8.5                 | 306.9                   |                        |
|                        | 9.5                 | 304.9                   |                        |
| 324                    | 11                  | 301.9                   | 351                    |
|                        | 12.4                | 299.1                   |                        |
|                        | 14                  | 295.9                   |                        |
|                        | 8.4                 | 322.9                   |                        |
| 340                    | 9.7                 | 320.3                   | 365.1                  |
|                        | 10.9                | 317.9                   |                        |
|                        | 12.2                | 315.3                   |                        |
|                        | 13.1                | 313.5                   |                        |
|                        | 14                  | 311.7                   |                        |
|                        | 15.4                | 308.9                   |                        |
|                        | 9                   | 333                     |                        |
| 351                    | 10                  | 331                     | 376                    |
|                        | 11                  | 329                     |                        |
|                        | 12                  | 327                     |                        |
| 377                    | 9                   | 359                     | 402                    |
|                        | 10                  | 357                     |                        |
|                        | 11                  | 355                     |                        |
|                        | 12                  | 353                     |                        |
| 406                    | 9.5                 | 387.4                   | 431.8                  |
|                        | 11.1                | 384.2                   |                        |
|                        | 12.6                | 381.2                   |                        |
|                        | 16.7                | 373                     |                        |
|                        | 10                  | 406                     |                        |
| 426                    | 11                  | 404                     | 451                    |
|                        | 12                  | 402                     |                        |
|                        | 11.1                | 450.9                   |                        |
| 473                    | 11.1                | 485.8                   | 508                    |
| 508                    | 12.7                | 482.6                   |                        |
|                        | 16.1                | 475.8                   |                        |