

# **ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ "ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ«**

Утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.03.2013 N 101, изменения внесены Приказом от 12.01.2015 № 1

## **XII. Требования к конструкции скважин**

117. Конструкция скважины в части надежности, технологичности и безопасности должна обеспечивать:

- максимальное использование пластовой энергии продуктивных горизонтов в процессе эксплуатации за счет выбора оптимального диаметра эксплуатационной колонны и возможности достижения проектного уровня гидродинамической связи продуктивных отложений со стволом скважины;
- применение эффективного оборудования, оптимальных способов и режимов эксплуатации, поддержания пластового давления, теплового воздействия и других методов повышения нефтегазоотдачи пластов;
- условия безопасного ведения работ без аварий и осложнений на всех этапах производства буровых работ и эксплуатации скважины;
- получение необходимой горно-геологической информации по вскрываемому разрезу;
- условия безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами и охраны окружающей среды, в первую очередь за счет прочности и долговечности крепления скважины, герметичности обсадных колонн и кольцевых пространств, а также изоляции флюидосодержащих горизонтов друг от друга, от проницаемых пород и пространства вокруг устья скважины.

123. Конструкция скважины должна предусматривать возможность капитального ремонта крепления скважины, в том числе путем забурирования и проводки нового ствола скважины.

# Методы вскрытия продуктивного пласта

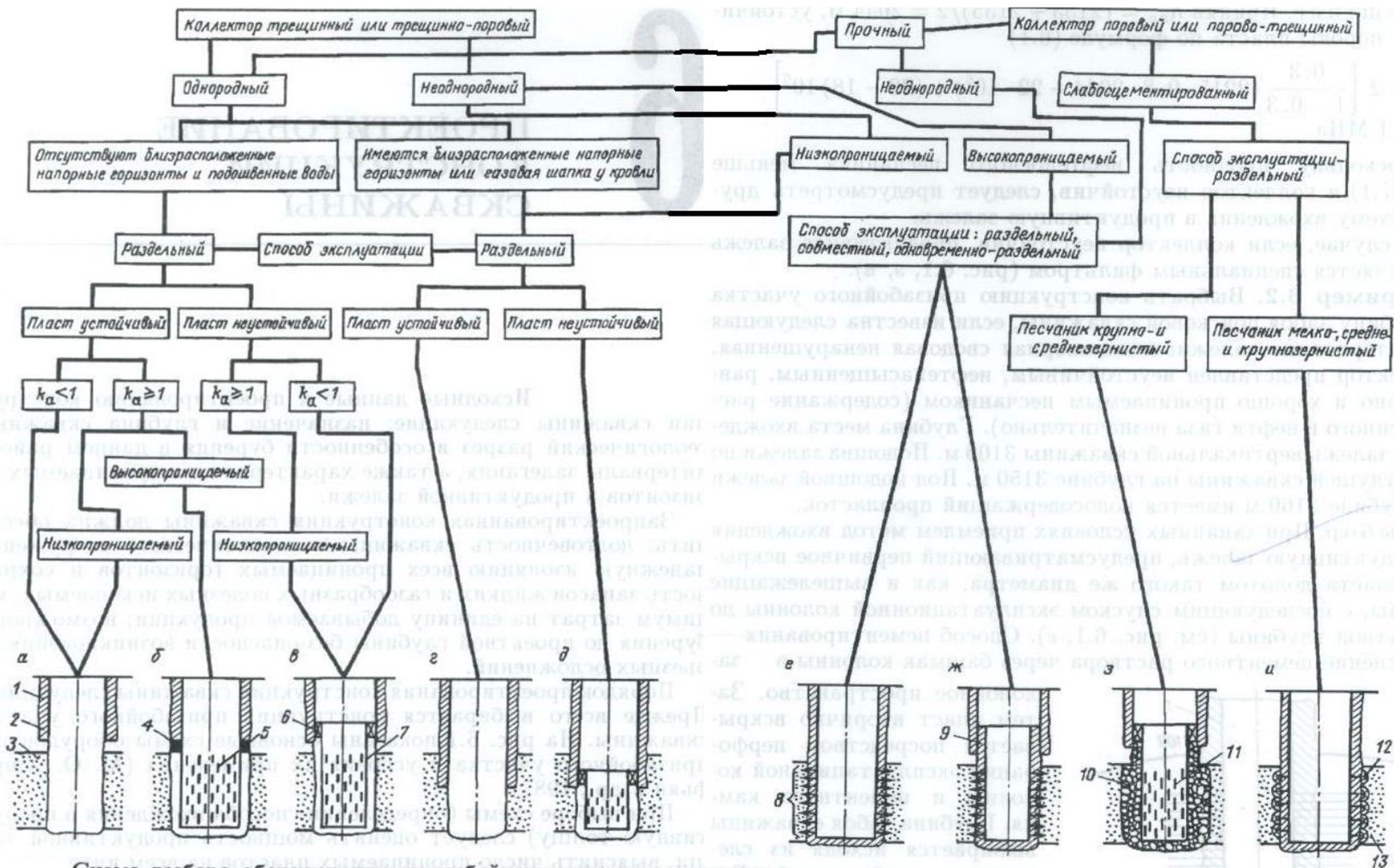


Схема выбора оборудования призабойного участка скважины:

1 — цементный камень; 2 — эксплуатационная колонна; 3 — открытый ствол скважины; 4 — пакер; 5 — фильтр; 6 — пакет или устройство для подвески фильтра; 7 — потайная обсадная колонна-фильтр; 8 — перфорационные отверстия; 9 — потайная обсадная колонна; 10 — гравийный фильтр; 11 — корпус гравийного фильтра; 12 — проницаемый тампонажный материал; 13 — продуктивный пласт

# Характеристики горных пород используемые при выборе метода вскрытия продуктивного пласта (конструкции забоя)

Порода пласта считается устойчивой, если прочность ее при одноосном сжатии удовлетворяет условию

$$\sigma_{сж} > \left[ \frac{\mu}{1 - \mu} (\rho_{п} g h_{пл} - p_{пл}) + (p_{пл} - p_{заб}) \right],$$

где  $\mu$  — коэффициент Пуассона для породы коллектора;  $\rho_{п}$  — см. формулу (2.1);  $p_{заб}$  — забойное давление в скважине при эксплуатации (нагнетании), Па.

## Коэффициент Пуассона $\mu$ :

- песчаник	0,09-0,13;	<u>Песчаники</u>
- глины плотные	0,15-0,35;	<u>мелкозернистые</u>
- глины пластичные	0,38-0,45;	0,1<dср<0,25 мм
- известняк	0,28-0,33;	<u>Песчаники</u>
- соль	0,44	<u>среднезернистые</u>
		0,25<dср<0,5 мм

## Песчаники

## Высокопроницаемые пласты: Классы      крупнозернистые      пластовое давление:

- К (порový) > 0,1 мкм <sup>2</sup>	проницаемость < 1 мм	- высокое $K_a > 1$ (кг/см <sup>2</sup> ) / 10 м;
- Кт (трещиный) $\geq 0,01$ мкм <sup>2</sup>	1. $K > 1$ мкм <sup>2</sup>	- нормальное $K_a > 1$ (кг/см <sup>2</sup> ) / 10 м;
	2. $K = 0,5-0,1$ мкм <sup>2</sup>	- низкое $K_a > 1$ (кг/см <sup>2</sup> ) / 10 м.
	3. $K = 0,1-0,5$ мкм <sup>2</sup>	
	4. $K = 0,05-0,1$ мкм <sup>2</sup>	
	5. $K = 0,01-0,05$ мкм <sup>2</sup>	
	6. $K = 0,001-0,01$ мкм <sup>2</sup>	

# **ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

## **"ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ«**

Утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.03.2013 N 101, изменения внесены Приказом от 12.01.2015 № 1

### XII. Требования к конструкции скважин

118. Оптимальное число обсадных колонн и глубины установки их башмаков при проектировании конструкции скважин определяются количеством зон с несовместимыми условиями проводки ствола по градиентам пластовых (поровых) давлений, гидроразрыва (поглощения) пластов, прочности и устойчивости пород.

Башмак обсадной колонны, перекрывающий породы, склонные к текучести, следует устанавливать ниже их подошвы или в плотных пропластках.

До вскрытия продуктивных и напорных водоносных горизонтов должен предусматриваться спуск минимум одной промежуточной колонны или кондуктора до глубины, исключающей возможность разрыва пород после полного замещения бурового раствора в скважине пластовым флюидом или смесью флюидов различных горизонтов и герметизации устья скважины.

XXIV. Дополнительные требования безопасности к производству буровых работ в зонах многолетнемерзлых пород

317. Кондуктор должен перекрывать толщу неустойчивых при протаивании пород - криолитозоны. Башмак необходимо располагать ниже этих пород (не менее чем на 50м) в устойчивых отложениях.

**График изменения градиентов пластового давления и давления гидроразрыва пород (совмещенный графидавлений)**

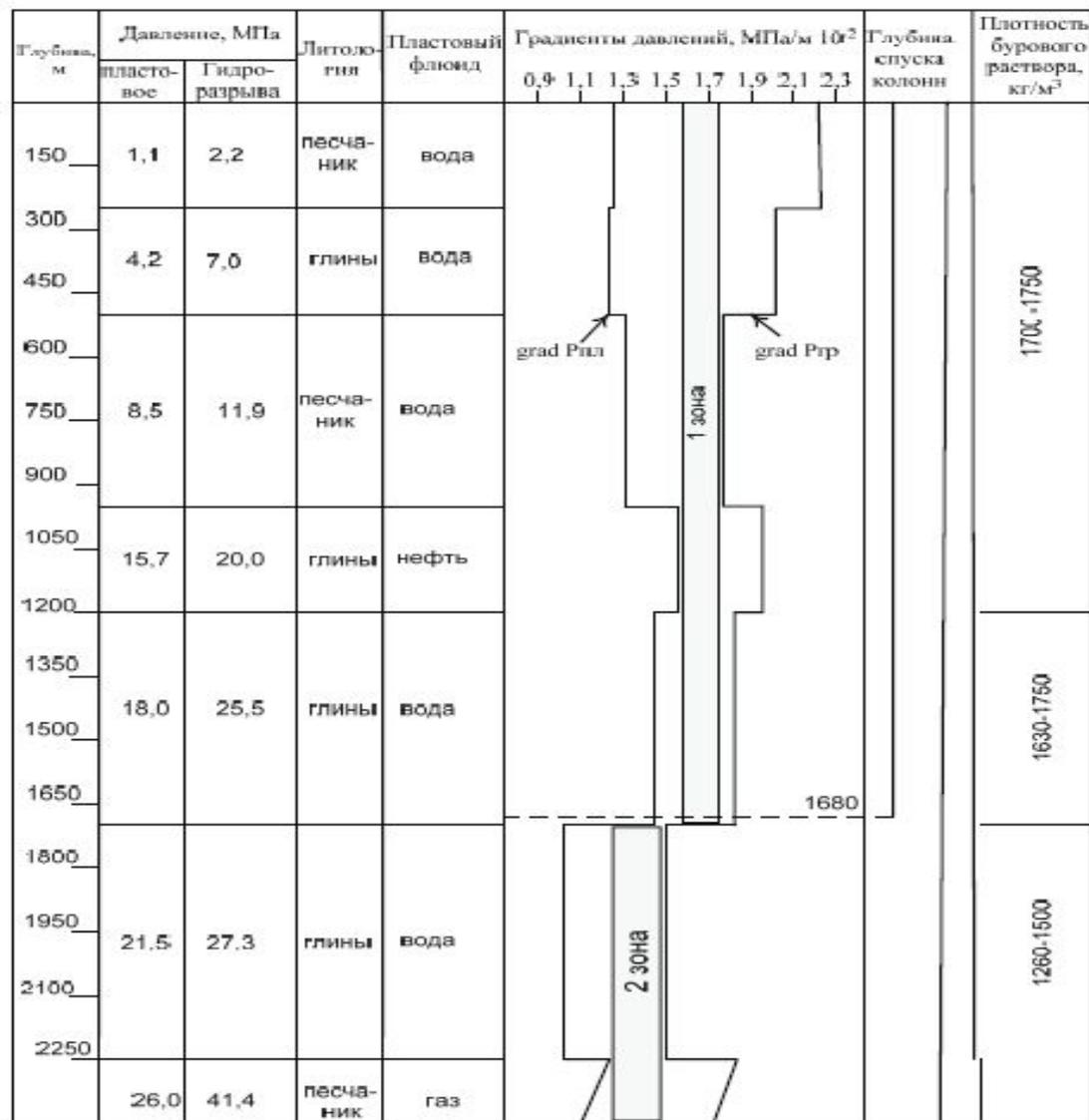


График изменения градиентов пластового давления и давления гидроразрыва горных пород с глубиной скважины

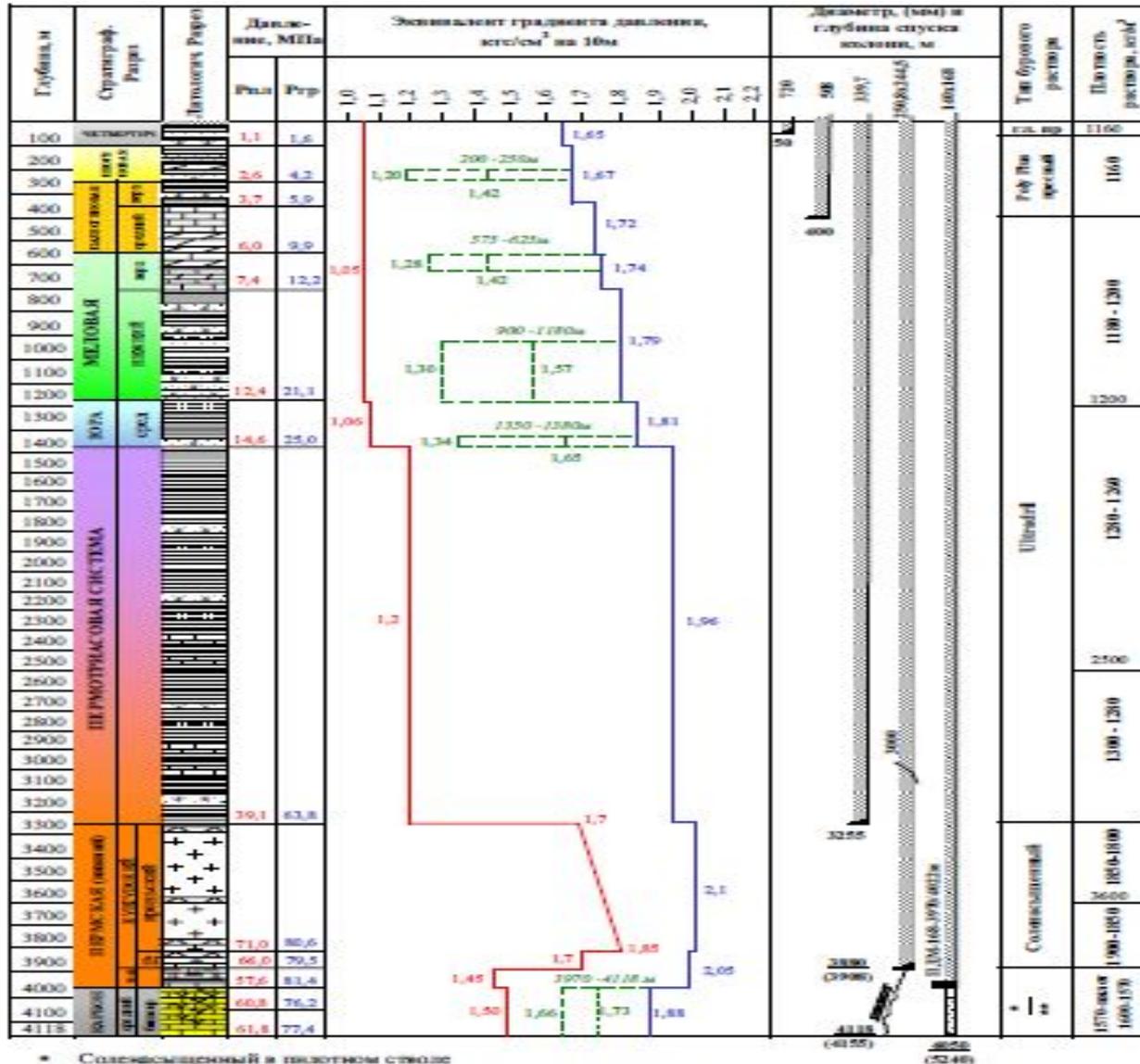


Обоснование выбранной конструкции скважины

Наименование колонн	Диаметр, мм	Интервал спуска по вертикали, м		Назначение колонны
		от	до	
		3	4	
1	2	3	4	5
Направление	530	0	30	Крепления верхнего слоя многолетнемерзлых пород. Предотвращение размыва приустьевой части ствола скважины и отсыпки. Обвязка устья с циркуляционной системой. Направление цементируется путем предварительного заполнения ствола скважины тампонажным раствором.
Кондуктор	426	0	250	Крепление зоны распространения ММП, легко размываемых и неустойчивых пород четвертичных отложений и верхней части отложений $P_2kz+t$ Установка колонной головки и ПВО. ПВО устанавливается для: - обеспечения безопасных условий опробования скважины ИПТ в случае выявления в отложениях $P_2kz+t$ потенциально-продуктивных объектов; - герметизации устья при проведении работ по изоляции поглощения. Кондуктор цементируется с подъемом тампонажного раствора до устья.
Промежуточная	324	0	1670	Крепление слабоустойчивых отложений $P_2kz+t$ и $P_2u$ , изоляция интервалов поглощений, обеспечение условий вскрытия и опробования в процессе бурения потенциально-продуктивных интервалов в отложениях $P_1k$ . Установка колонной головки и ПВО. Для уменьшения гидродинамических нагрузок на вскрытые породы и в связи с большим объемом тампонажного раствора колонна цементируется в 2 ступени с подъемом тампонажного раствора до устья.

1	2	3	4	5
Промежуточная	245	0	2930	<p>Крепление слабоустойчивых отложений <math>P_{1k}</math> и <math>P_{1ar}</math>, изоляция возможно-продуктивного объекта в отложениях <math>P_{1k}</math>.</p> <p>Обеспечение условий вскрытия и опробования в процессе бурения потенциально-продуктивных и поглощающих пластов в отложениях <math>C_2m+nb</math>, <math>C_1s_1</math>, <math>C_1ks-C_1t</math>, <math>D_3el+dz</math>.</p> <p>Уменьшение выхода открытым стволом при бурении под эксплуатационную колонну.</p> <p>Установка колонной головки и ПВО.</p> <p>С учетом прогнозного содержания <math>H_2S</math> в пластовых флюидах колонна комплектуется из коррозионно-стойких труб L-80.</p> <p>Для уменьшения гидродинамических нагрузок на вскрытые пласты колонна цементируется в 2 ступени с подъемом тампонажного раствора до устья.</p>
Эксплуатационная	178	0	4200	<p>Разобщение поглощающих и возможно-продуктивных горизонтов <math>C_2m+nb</math>, <math>C_1s_1</math>, <math>C_1ks-C_1t</math> и <math>D_3el+dz</math>, раздельное испытание перспективных объектов и обеспечение условий их эксплуатации при получении промышленных притоков.</p> <p>Обеспечение условий вскрытия и опробования в процессе бурения потенциально-продуктивных объектов отложениях <math>D_3dm</math>, <math>D_1op+sk</math> и <math>S_1sd</math>.</p> <p>С учетом прогнозного содержания <math>H_2S</math> в пластовых флюидах колонна комплектуется из коррозионно-стойких труб L-80.</p> <p>Для уменьшения гидродинамических нагрузок на вскрытые пласты колонна цементируется в 2 ступени с подъемом тампонажного раствора до устья.</p>
Эксплуатационный хвостовик	127	4000	5300	<p>Разобщение вскрытой части разреза, включающей возможно-продуктивные горизонты в отложениях <math>D_3dm</math>, <math>D_1op+sk</math> и <math>S_1sd</math>.</p> <p>Раздельное опробование и испытание выделенных по результатам исследований объектов, обеспечение условий их эксплуатации при получении промышленных притоков</p> <p>С учетом прогнозного содержания <math>H_2S</math> в пластовых флюидах колонна комплектуется из безмуфтовых коррозионно-стойких труб L-80.</p> <p>Колонна цементируется на всю длину.</p>

# ЦАГКМ (эксплуатация)



\* Соленосодержимый и плотный ствол  
 \*\* Подморской ствол соленосодержимый и основной ствол

Рис. 5.1. График совмещенных давлений, скважина № 3 Центрально-Астраханская

Номер колонны в порядке спуска	Название колонны (направление, кондуктор первая и последующие промежуточные, заменяющая надставка, эксплуатационная) или открытый ствол	Интервал по стволу скважины (установка колонны или открытый ствол), м		Номинальн. диаметр ствола скважины (долота) в интервале, мм	Расстояние от устья скважины до уровня подъема тампонажного раствора за колонной, м	Количество раздельно спускаемой части в порядке спуска	Номер раздельно спускаемой части в порядке спуска	Интервал установки раздельно спускаемой части, м		Необходимость (причина) спуска колонны (в том числе) в один прием или секциями, установки надставки, смены или поворота секции
		от (верх)	до (низ)					от (верх)	до (низ)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Удлиненное направление 720 мм	0	50	790	0	1	1	0	50	Перекрытие неустойчивых супесей, песков и суглинков четвертичных отложений. Предупреждение размыва устья скважины. Башмак колонны устанавливается в плотные глины на глубину 50м.
2	Кондуктор 508 мм	0	400	660,4	0	1	1	0	400	Перекрытие неустойчивых четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложений склоновых к интенсивным осыпям и обвалам. Изоляция водоносных горизонтов. Башмак колонны устанавливается в плотные известняки зоцена на глубину 400м.

1	2	3		5	6	7	8	9		10	11
		от (верх)	до (низ)					от (верх)	до (низ)		
Номер колонны в порядке спуска	Название колонны (направление, кондуктор первая и последующие промежуточные, заменяющая надставка, эксплуатационная) или открытый ствол	Интервал по стволу скважины (установка колонны или открытый ствол), м		Номинальн. диаметр ствола скважины (долота) в интервале, мм	Расстояние от устья скважины до уровня подъема тампонажного раствора за колонной, м	Количество отдельно спускаемой части в порядке спуска	Номер отдельно спускаемой части в порядке спуска	Интервал установки отдельно спускаемой части, м		Необходимость (причина) спуска колонны (в том числе) в один прием или секциями, установки надставки, смены или поворота секции	
3	I-я промежуточная 339,7 мм	0	3255	444,5	0	1	1	0	3255	Перекрытие неустойчивых, склонных к осыпям и обвалам меловых, юрских и пермотриасовых отложений. Изоляция поглощений нижнего мела. Создание надежной крепи перед вскрытием рапоносных пластов кунгурского яруса (иреньский горизонт). Башмак устанавливается в кровлю кунгурского яруса на глубину 3255 м.	
4	II-я промежуточная 244,5 x 250,8 мм	0	<u>3880</u> 3908	311,15	0	1	1	0	<u>3880</u> 3908	Перекрытие текучих солей кунгурского яруса. Создание надежной крепи перед вскрытием продуктивных отложений. Башмак колонны устанавливается в плотные доломиты артинско-ассельского яруса на глубину 3908 м (по стволу).	
	Пилотный ствол 215,9 мм	<u>3880</u> 3908	<u>4118</u> 4155	215,9	3880 (при ликвидации ствола)	1	1	<u>3880</u> 3908	<u>4118</u> 4155	Для детальных геолого-геофизических исследований. Сплошной отбор керна и ИП.	

Номер колонны в порядке спуска	Название колонны (направление, кондуктор первая и последующие промежуточные, заменяющая надставка, эксплуатационная) или открытый ствол	Интервал по стволу скважины (установка колонны или открытый ствол), м		Номинальн. диаметр ствола скважины (долота) в интервале, мм	Расстояние от устья скважины до уровня подъема тампонажного раствора за колонной, м	Количество отдельно спускаемой части в порядке спуска	Номер отдельно спускаемой части в порядке спуска	Интервал установки отдельно спускаемой части, м		Необходимость (причина) спуска колонны (в том числе) в один прием или секциями, установки надставки, смены или поворота секции
		от (верх)	до (низ)					от (верх)	до (низ)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	Эксплуатационная 168,3 x 139,7 мм	0	<u>4050</u> 5240	215,9	<u>3970</u> 4022	1	1	0	<u>4050</u> 5240	Проведение испытания скважины на продуктивность. В горизонтальной части ствола устанавливается перфорированный фильтр диаметром 139,7мм. Цементируется в интервале 0-4022 м с помощью ПДМ-168. В фильтровой части колонны устанавливаются саморазбухающие пакера (вода-газ).

**Примечание:**

1. Глубина спуска I-ой промежуточной колонны определена из условия недопущения гидроразрыва пород (и грифонообразования) под башмаком при рапопроявлении и закрытом устье.
2. Глубина спуска II-ой промежуточной колонны определена из условия недопущения гидроразрыва пород (и грифонообразования) под башмаком при ГНВП и закрытом устье.
3. 3880/3908 м - глубина спуска обсадных колонн в числителе по вертикали, в знаменателе - по стволу.

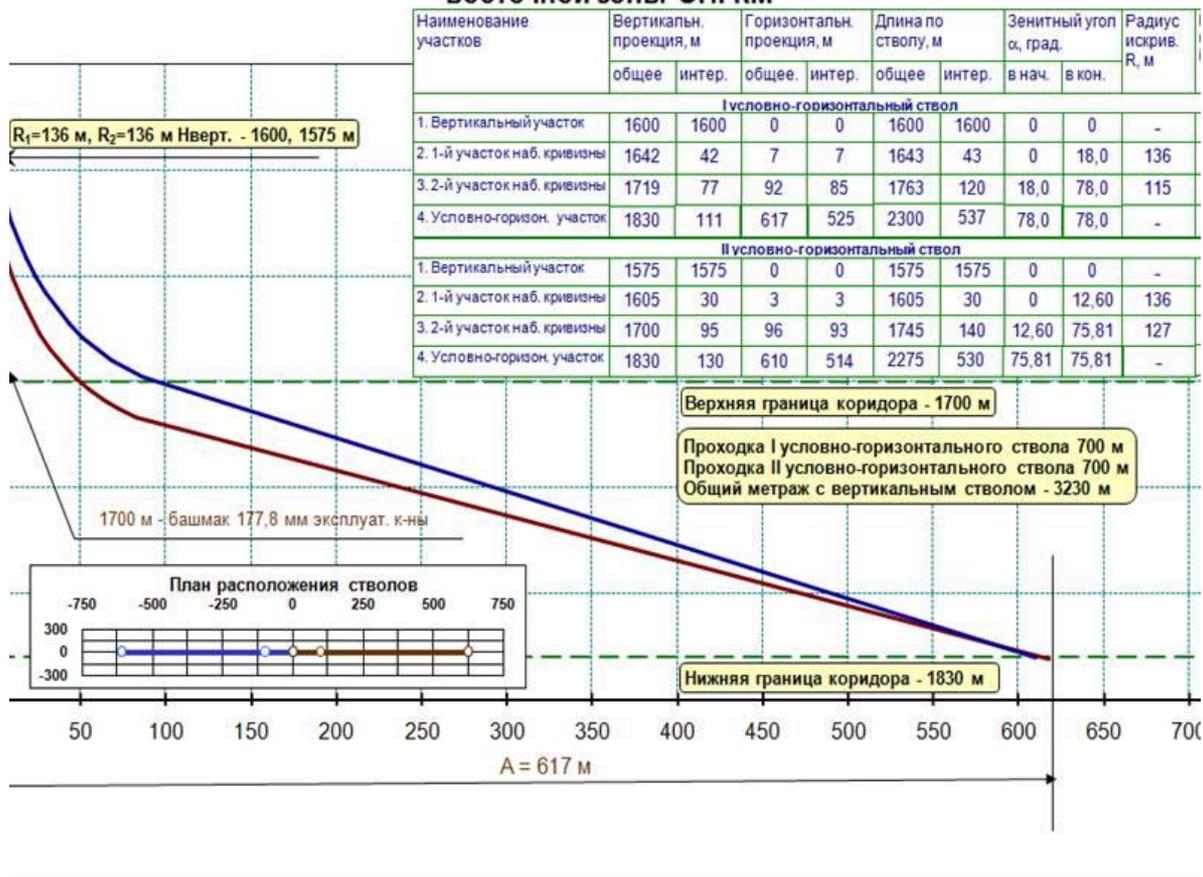


## Обоснование конструкции

Наименование колонн	Диаметр, колонн, мм	Глубина спуска, м	Назначение обсадных колонн, обоснование выбора секционности, глубины спуска колонны и способа цементирования
1	2	3	4
Направление	630	10	Спускается для предупреждения размыва устья при забурировании скважины и вывода циркуляции в заводскую циркуляционную систему. Цементируется в интервале 10-6 м.
Кондуктор	324	150	Спускается с целью перекрытия четвертичных и верхнепермских отложений. Цементируется до устья. Устье скважины оборудуется колонной головкой и ПВО.
Промежуточная колонна	245	850	Спускается с целью перекрытия пермских терригенных и солевых отложений с установкой башмака колонны в плотные породы иренского горизонта; обеспечения надежной крепи скважины при бурении под эксплуатационную колонну. Колонна цементируется в одну ступень с подъемом цемента до устья скважины. Устье скважины оборудуется колонной головкой и ПВО.
Эксплуатационная колонна	177,8	1700	Спускается с целью перекрытия филипповских газоносных отложений, обеспечения зарезки и проводки по продуктивной толще артинских отложений горизонтальных стволов. Колонна цементируется в две ступени с подъемом цемента до устья скважины. Глубина установки МСЦ- 1320 м. Устье скважины оборудуется колонной головкой и ПВО.
Открытый вертикальный ствол	155,6 (диаметр долота)	1700 – 1830	Для обеспечения увеличения дебита скважины.
Открытая часть I условно-горизонтального ствола	155,6 (диаметр долота)	1600 – <u>1830</u> 2300	Для обеспечения увеличения дебита скважины.
Открытая часть II условно-горизонтального ствола	155,6 (диаметр долота)	1575 – <u>1830</u> 2275	Для обеспечения увеличения дебита скважины.

Примечание: При строительстве каждой конкретной скважины ее конструкция, количество стволов (от нуля до трех), их расположение в азимутальном направлении, глубина их забурирования, траектория ствола уточняется по фактическим данным бурения и результатам геофизических исследований.

## Общий вид эксплуатационных многоствольных горизонтальных скважин восточной зоны ОНГКМ





Глубина спуска и характеристика обсадных колонн

Таблица 5.2

Номер колонны в порядке спуска	Название колонны (направление, кондуктор, первая и последующие, промежуточные, заменяющая, надставка, эксплуатационная) или открытый ствол	Интервал по вертикали/ по стволу скважины (установка колонны или открытый ствол), м		Номинальный диаметр ствола скважины (длина) в интервале, мм	Расстояние от устья скважины до уровня подъема тампонажного раствора за катанной, м	Количество раздельно спускаемых частей колонны, шт.	Номер раздельно спускаемой части в порядке спуска	Интервал установки раздельно спускаемой части, м		Необходимость (причина) спуска колонны (в т.ч. в один прием или секциями), установки надставки, смены или поворота секции
		от (верх)	до (низ)					от (верх)	до (низ)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Кондуктор Ø 426,0 мм	0	200/200	426,0	0	1	1	0	200/200	Кондуктором перекрываются неустойчивые породы четвертичных отложений с целью предупреждения их осыпей, обвалов и поглощений бурового раствора; предупреждения размыва устья и изоляции верхних водоносных горизонтов от загрязнения. Обязана желобной системой. - для установки противовыбросового оборудования при бурении под первую промежуточную колонну. Кондуктор
2	I Промежуточная Ø 323,9 мм	0	1500/1500	323,9	0	1	1	0	1500	Перекрытие водопроводящих отложений верхнего отдела Пермской системы Татарского яруса и для предупреждения осложнений, связанных с устойчивостью пород при дальнейшем углублении ствола скважины под эксплуатационную колонну 177,8мм
3	II Промежуточная Ø 244,5 мм	0	4060	244,5	1350	1	1	0	4060	Спускается с целью перекрытия высокопластичного мощного разреза каменной соли с прослоями калийной соли, монтажа ПВО.
4	Эксплуатационная Ø 177,8 мм	0	4875/4983	177,8	1000	1	1	1000	4875/4983	Установка башмака в кровлю продуктивного горизонта. Освоение, испытание и добыча нефти.

Примечание. В графах 4 и 10 указаны глубины спуска: в числителе - по вертикали, в знаменателе - по стволу.

**Ямбургское НГКМ**  
**эксплуатационная скважина № 32503**

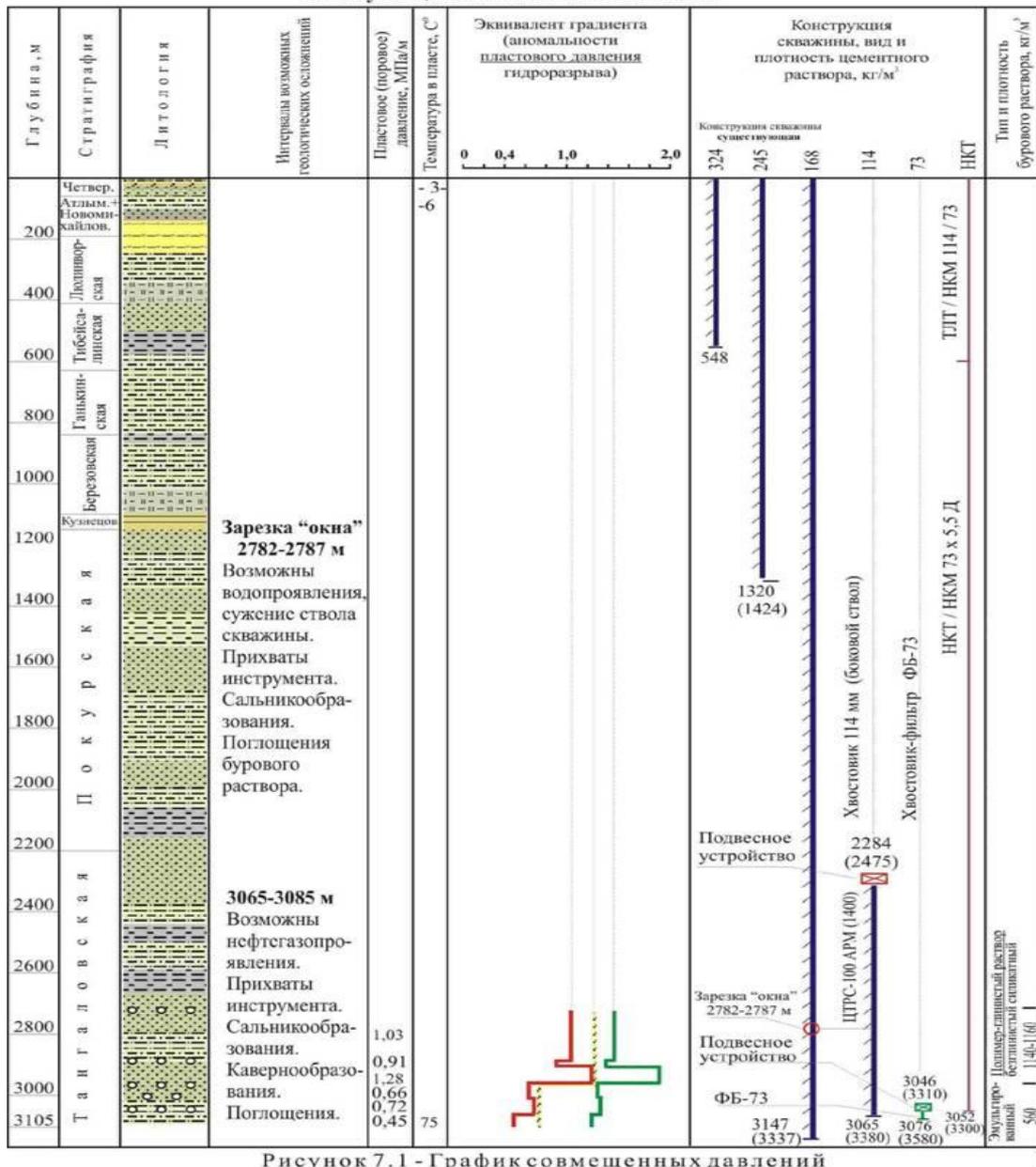


Рисунок 7.1 - График совмещенных давлений

### Обоснование конструкции скважины

Таблица 7.1 - Обоснование конструкции скважины

№ сква- жины	Наименование колонн	Диаметр колонн, мм	Глубина спуска по вертикали м	Глубина зарезки по вертикали, м	Назначение обсадных колонн; обоснование выбора диаметра, секционности, глубины спуска колонн и способа цементирования
1	2	3	4	5	6
<b>Существующая конструкция скважины</b>					
20804 30103 30104 30305 31203 31204 31709 32503 32504	Эксплуатационная колонна, существующая	168	3176/3368 3081/3408 3093/3093 2987/2987 3060/3167 3066/3179 2785/3399 3147/3337 3149/3243	-	Спущена с целью эксплуатации продуктивного горизонта. Зацементирована с подъемом тампонажного раствора до устья.
<b>Зарезка бокового ствола</b>					
20804 30103 30104 30305 31203 31204 31709 32503 32504	Хвостовик 114 мм	114	3062-2345 3014-2231 3029-2100 2925-2000 2978-2169 2984-2183 2998-2224 3065-2284 3050-2248	2792 2724 2600 2500 2668 2677 2700 2782 2741	Спускается с целью разобщения зоны АВПД (шоколадные глины) $K_{пор}$ равным 1,3 и зоны продуктивных пластов БУ <sub>8-2</sub> , БУ <sub>8-3</sub> с коэффициентами аномальности $K_a$ от 0,4 (БУ <sub>8-2</sub> ) до 0,46 (БУ <sub>8-3</sub> ); Цементируется в интервале от башмака до «головы» хвостовика. В состав хвостовика 114 включается комплекс устройств для цементирования подвески и герметизации хвостовика ПХЦЗ. 114/168 (завод изготовитель ОАО «Тяжпрессмаш») с установкой заколонного гидравлического пакера ППП 114А в кровлю БУ <sub>8-0</sub> .
20804 30103 30104 30305 31203 31204 31709 32503 32504	Хвостовик- фильтр ФБ-73	73	3071-3062 3024-3014 3041-3029 2935-2925 2990-2978 2996-2984 3009-2998 3076-3065 3059-3050		Хвостовик-фильтр ФБ-73 спускается с целью эксплуатации пластов БУ <sub>8-2</sub> , БУ <sub>8-3</sub> Не цементируется.

## Соотношения дебитов скважин и обсадных колонн применяемые на практике

### Нефтяные скважины

Суммарный дебит, $\text{м}^3/\text{сут}$	<40	0-100	100-150	150-300	>300
Диаметр эксплуатационной колонны, мм	114	127-140	140-146	168-178	178-194

### Газовые скважины

Суммарный дебит, $\text{м}^3/\text{сут} \cdot 10^3$	<75	<250	<500	<1000	<5000
Диаметр эксплуатационной колонны, мм	114	114-146	146-168	168-219	219-273

## Диаметры промежуточных колонн

Диаметры промежуточных колонн и кондукторов, а также диаметры долот для бурения под каждую колонну ( $d_d$ ) находят из следующих соотношений

- диаметр ствола скважины под обсадную колонну с наружным диаметром по муфте ( $d_m$ )

$$d_d = d_m + \Delta_n, \text{ мм}$$

- наружный диаметр предыдущей обсадной колонны [ $(d_n)_{\text{пред}}$ ]

$$(d_n)_{\text{пред}} = d_d + 2(\Delta_v + \delta), \text{ мм}$$

где  $\Delta_n$  - разность диаметров между муфтой обсадной колонны и стенкой ствола скважины;

$\Delta_v$  - радиальный зазор между долотом и внутренней поверхностью той колонны, через которую оно должно проходить при бурении скважины (от 5 до 10 мм);

$\delta$  - наибольшая возможная толщина стенки труб данной колонны.

# РД 39-00147001-767-2000

Минимально допустимая разность диаметров муфт обсадных труб и скважин

Номинальный диаметр обсадных труб, дн, мм				
114	140	168	273	324
127	146	178	299	340
		194		351
		219		377
		245		426
Разность диаметров*, Δн, мм				
15	20	25	35	39 - 45
* Отклонение от указанных величин должны быть обоснованы в проекте				

## Основные сочетания типоразмеров обсадных колонн и долот

Условный диаметр обсадной колонны	Наружный диаметр труб, мм	Диаметр , мм	
		муфт	долота
1	2	3	4
508	508,0	533,4	550
473	473,1	508,0	550
426	426,0	451	490
406	406,4	431,8	490
377	377,0	402,0	444,5
351	351,0	376,0	444,5
340	339,7	365,1	393,7; 444,5
324	323,9	351	393,7
273	273,1	298,5	349,2
245	244,5	269,9	295,3; 311,1
219	219,1	244,5	269,9
194	193,7	215,9	250,8
178	177,8	194,5 (198,0)	222,3
168	168,3	187,7	215,9;
146	146,1	166,0	190,5; 215,9; 195*; 212*
140	139,7	153,7 (159,0)	190,5; 188,9*
127	127,0	141,3 (146,0)	158,7; 161,0; 190,5
114	114,3	127,0 (133,0)	146; 138,1*

Примечания: Размеры в круглых скобках приведены для труб исполнения Б  
\* - долота выпускаемые ООО НПП "БУРИНТЕХ" (БИТ)