



УДК 622.245

## УНИФИКАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ К КРЕПЛЕНИЮ СКВАЖИН В ЗОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

### UNIFICATION OF THE REQUIREMENTS FOR FIXING WELLS IN THE ZONES OF DISTRIBUTION OF FROZEN ROCKS

**Мальков Сергей Николаевич**

магистр,  
Институт геологии и нефтегазодобычи,  
Тюменский индустриальный институт  
snmalkov1@mail.ru

**Бастриков Сергей Николаевич**

доктор технических наук, профессор,  
Институт геологии и нефтегазодобычи,  
Тюменский индустриальный институт  
bastrikovsn@tyuiu

**Аннотация.** Строительство эксплуатационных скважин в климатических зонах, для которых характерно наличие в разрезе мерзлых горных пород (МГП) (больше привыкли к названию – многолетнемерзлых пород (ММП), ставят дополнительные задачи на этапе проектирования данных скважин, когда требуется учитывать дополнительные факторы, связанные с их свойствами, влияющими на прочностные характеристики обсадных колонн (ОК), группы прочности используемых материалов и стоимости.

**Ключевые слова:** мерзлые горные породы, обсадные трубы, крепление скважины, прочностные характеристики.

**Malkov Sergey Nikolaevich**

Master,  
Institute of Geology and Oil  
and Gas Production,  
Tyumen Industrial Institute  
snmalkov1@mail.ru

**Bastrikov Sergey Nikolaevich**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Institute of Geology and Oil  
and Gas Production  
Tyumen Industrial Institute  
bastrikovsn@tyuiu

**Annotation.** The construction of production wells in climatic zones, which are characterized by the presence of frozen rocks (IHL) in the section (more accustomed to the name – permafrost rocks (MMP), pose additional tasks at the design stage of these wells, when it is necessary to take into account additional factors related to their properties affecting the strength characteristics of casing columns (OK), groups of strength of the materials used and cost.

**Keywords:** frozen rocks, casing pipes, borehole fastening, strength.

Расчеты обсадных колонн производятся в соответствии с РД 00158758-207-99 [2], глубины спуска обсадных колонн определяются в соответствии с «Инструкцией ...» [1]. Исходя из геолого-технических условий рассчитываются и выбираются количество (рис. 1 и 2), диаметры обсадных колонн, толщины стенок и группа прочности стали, из которой изготовлена обсадная труба. Расчеты условий обратного промерзания в интервале МГП допускают и учитывают самые негативные факторы, которые могут развиваться при креплении скважины, а именно оставление/наличие свободной воды в кольцевом пространстве между колоннами, что, соответственно, учитывается в расчетах и влияет на прочностные характеристики последующей колонны (см. Пример № 1). При наличии нескольких промежуточных колонн в конструкции скважины данный критерий существенно влияет на последующую колонну в части прочностных характеристик (толщина стенки, группа прочности) (см. Пример № 2).

**Пример № 1.** Исходя из расчетов выбраны обсадные трубы диаметром 244,5 мм из стали группы прочности «Д» с толщиной стенки 7,9 мм. Давление предела текучести для выбранных труб составит:

$$R_{тек.к.} = K \cdot 2 \cdot n \cdot G / D, \text{ МПа,}$$

где  $K = 0,875$  – коэффициент, учитывающий отклонение толщины стенки ОК;  $G$  – напряжение предела текучести стали, МПа;  $D$  – наружный диаметр ОК, мм;  $n$  – толщина стенки ОК, мм.

$$R_{тек.к.} = 0,875 \cdot 2 \cdot 7,9 \cdot 379 / 244,5 = 21,4 \text{ Мпа.}$$

Давление гидроразрыва мерзлой горной породы рассчитывается по формуле:

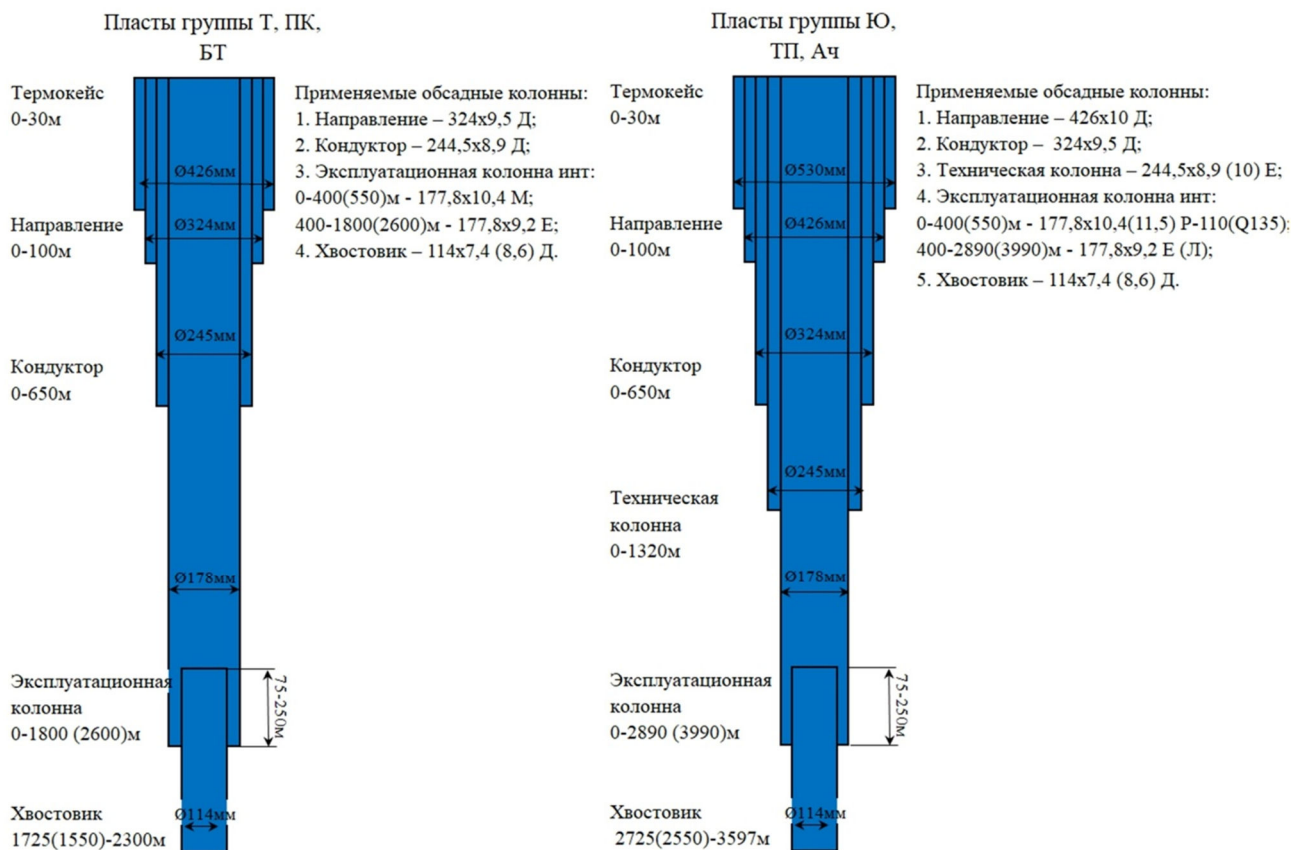
$$P_{гр.мгп} = H \cdot a_g, \text{ МПа,}$$

где  $H$  – глубина залегания МГП, м;  $a_g$  – градиент горного давления, МПа на м;

$$P_{гр.мгп} = 85 \cdot 0,0192 + 315 \cdot 0,0195 = 7,8 \text{ МПа;}$$

$$R_{тек.к.} + P_{гр.мгп} = 21,4 + 7,8 = 29,2 \text{ МПа.}$$

Этому давлению соответствуют трубы диаметром 168,3 мм из стали группы прочности «Е» с толщиной стенки 8,9 мм, для которых допустимое сминающее давление 34,4 МПа. Граничные значения для направления диаметром 323,9 мм определены в соответствии с [1]. Исходя из расчетов выбраны обсадные трубы из стали группы прочности «Д» с толщиной стенки 9,5 мм.



**Рисунок 1** – Трехколонная конструкция скважины      **Рисунок 2** – Четырехколонная конструкция скважины

Давление предела текучести для выбранных труб составит:

$$R_{тек.н} = 0,875 \cdot 2 \cdot 9,5 \cdot 379 / 323,9 = 19,5 \text{ МПа.}$$

Полученные результаты показывают что при обратном промерзании кондуктор 244,5·7,9 из стали группы прочности «Д» выдерживает возникающие нагрузки и смятие/деформация не произойдет:

$$R_{тек.к} = 21,4 \text{ МПа} > R_{тек.н} = 19,5 \text{ МПа.}$$

**Пример № 2.** Исходя из расчетов выбраны обсадные трубы диаметром 244,5 мм из стали группы прочности «N80Q/E» с толщиной стенки 7,9 мм.

Давление предела текучести для выбранных труб составит:

$$R_{тек.к} = K \cdot 2 \cdot n \cdot G / D, \text{ МПа,}$$

где  $K = 0,875$  – коэффициент, учитывающий отклонение толщины стенки ОК;  $G$  – напряжение предела текучести стали, МПа;  $D$  – наружный диаметр ОК, мм;  $n$  – толщина стенки ОК, мм.

$$R_{тек.т.к} = 0,875 \cdot 2 \cdot 7,9 \cdot 562 / 244,5 = 31,8 \text{ МПа.}$$

Давление гидроразрыва мерзлой горной породы составит:

$$P_{гр.мгп} = 0,1 \cdot H \cdot a_g, \text{ МПа,}$$

где  $H$  – глубина залегания МГП, м;  $a_g$  – градиент горного давления пород, кгс/см<sup>2</sup> на м;  $P_{гр.мгп} = 0,1 \cdot 400 \cdot 0,176 = 8,0$  МПа;  $R_{тек.к} + P_{гр.мгп} = 31,8 + 8,0 = 39,8$  МПа. Этому давлению соответствуют трубы диаметром 168,3 мм из стали группы прочности «P110/M» с толщиной стенки 8,9 мм, для которых допустимое сминающее давление 40,0 МПа больше суммы предела текучести кондуктора и гидроразрыва МГП – 39,8 МПа. Граничные значения для кондуктора 323,9 мм определены в соответствии с «Инструкцией...» [1]. Исходя из расчетов выбраны обсадные трубы из стали группы прочности «K55/Д» с толщиной стенки 8,5 мм.

Давление предела текучести для выбранных труб составит:

$$R_{тек.к} = 0,875 \cdot 2 \cdot 8,5 \cdot 387 / 323,9 = 17,8 \text{ МПа.}$$



Полученные результаты показывают что при обратном промерзании кондуктор 323,9·8,5 из стали группы прочности «Д» выдерживает возникающие нагрузки и смятие/деформация не произойдет:

$$R_{тек.т.к} = 31,8 \text{ МПа} > R_{тек.к} = 17,8 \text{ Мпа.}$$

Граничные значения для направления диаметром 426,0 мм определены в соответствии с «Инструкцией...» [1]. Исходя из расчетов выбраны обсадные трубы из стали группы прочности «K55/Д» с толщиной стенки 10,0 мм.

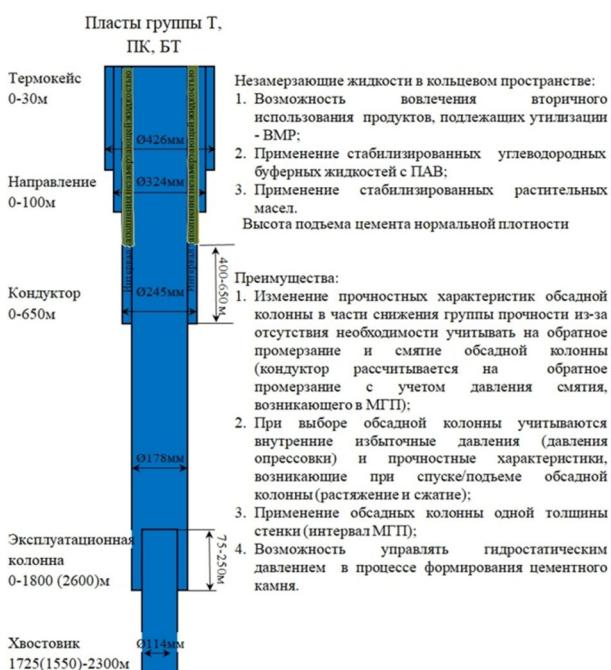
Давление предела текучести для выбранных труб составит:

$$R_{тек.н} = 0,875 \cdot 2 \cdot 11,0 \cdot 387/426,0 = 15,9 \text{ Мпа.}$$

Полученные результаты показывают что при обратном промерзании кондуктор 426,0·10 из стали группы прочности «Д» выдерживает возникающие нагрузки и смятие/деформация не произойдет]:

$$R_{тек.к} = 17,8 \text{ МПа} > R_{тек.н} = 15,9 \text{ Мпа.}$$

Для упрощения расчета прочностных характеристик последних обсадных колонн предлагается рассмотреть вариант недоподъема тампонирующей смеси при цементировании колоны до интервала МГП, а в кольцевом пространстве между колоннами – вариант оставления незамерзающей жидкости с температурой кристаллизации, превышающей температурные значения в интервале ММГП.



**Рисунок 3** – Трехколонная конструкция скважины с недоподъемом цементной смеси в интервал МГП



**Рисунок 4** – Четырехколонная конструкция скважины с недоподъемом цементной смеси в интервал МГП

Выполнение данного технологического решения позволит исключить из расчетов последней обсадной колонны условия по возникновению воздействия избыточного давления в интервале МГП, чтократно снизит требования к обсадной колонне в части наружного избыточного давления.

Реализация данного подхода к промежуточной колонне/технической колонне также позволит снизить завышенные требования к прочностным характеристикам обсадной колонны, а при создании избыточного давления в межколонном пространстве позволит компенсировать и увеличить при необходимости внутренние избыточные давления в колонне при выполнении гидравлических испытаний.

Применение данного подхода позволит унифицировать требования к конструкциям скважин и применяемым обсадным трубам при разных геологических условиях.

**Список литературы:**

1. Инструкция по расчету обсадных колонн для нефтяных и газовых скважин – М., 1997 и дополнение к ней. – М., 2000. – 99 с.
2. РД 00158758-207-99. Методика выбора конструкции скважин в зоне мерзлых пород. – Тюмень: ООО «ТюменНИИгипрогаз», 1999. – 30 с.