**1 Обоснование и расчет конструкции скважины и плотности бурового**

**раствора**

**1.1 Определение совместимых интервалов бурения**

Определяем давление столба воды на глубине замера соответствующих давлений:



где *ρв* – плотность воды, *g* – ускорение свободного падения, *z* – глубина замера.

Определяем относительное пластовое давление :



Определяем минимально допустимую плотность  бурового раствора, рассчитанную по пластовому давлению:



Определяем максимально допустимую плотность бурового раствора, рассчитанную по максимально допустимому давлению в скважине из условий гидроразрыва или экологических требований по предупреждению загрязнения буровым раствором пластов пресной воды и продуктивных пластов.



Экологические требования предусматривают ограничение избыточного статического давления бурового раствора на пласты с пресной водой и продуктивные пласты величиной *Δp*:



Все вычисления занести в таблицу 1.1

Таблица 1.1 – Результаты расчета плотности бурового раствора

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ инт.* | *pв,**МПа* | *p’п* | *k* | *ρ0min* | *ρ0max* | *Δp* | *ρ0maэx* | *Выбор**ρ0* |
| 1 | 4,41 | 1,13 | 1,1 | 1,24 | 1,94 | 1,5 | 1,47 | 1,24 |
| 2 | 8,62 | 1,04 | 1,1 | 1,14 | 1,65 | - | - | 1,14 |
| 3 | 11,76 | 0,94 | 1,05 | 0,99 | 1,86 | - | - | 1,14 |
| 4 | 15,68 | 1,65 | 1,04 | 1,72 | 2,24 | - | - | 1,72 |
| 5Изм.Лист№ докум.ПодписьДатаЛист2 | 26,36 | 1,10 | 1,04 | 1,14 | 1,26 | - | - | 1,14 |
| 6 | 27,44 | 0,94 | 1,04 | 0,98 | 1,35 | 3,5 | 1,07 | 1,05 |
| 7 | 27,93 | 1,07 | 1,04 | 1,11 | 1,29 | - | - | Не вскрывать |

 Строим совмещенные графики относительных плотностей бурового раствора

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

3

Рисунок 1.1 – Зависимости относительных предельных плотностей бурового раствора от глубины бурения и схема конструкции скважины

**1.2 Расчет диаметров долот и обсадных колонн**

По заданию диаметр обсадной колонны d=146 *мм*.

Расчет начинается с определения диаметра долота *D* для бурения последнего интервала с учетом диаметра муфты обсадных труб последней колонны *dм* и зазора между стенкой скважины и муфтой *∆н*:



Расчет диаметра предыдущей колонны и долота для бурения первого интервала:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

4

Расчет диаметра кондуктора и долота под кондуктор:



 

**2 Расчет равнопрочной обсадной колонны**

**2.1 Виды расчетов обсадной колонны**

Обсадная колонна рассчитывается на растяжение от собственного веса, на смятие наружным избыточным давлением и на разрыв под действием внутреннего избыточного давления. Чтобы получить колонну наименьшего веса, запас прочности по длине колонны должен быть близким к допустимому. Для выполнения расчета дополнительно задаются глубина уровня жидкости в колонне *Н*, плотность пластового флюида *ρф* и плотность цементного раствора *ρц*.



2.2. Прочностные характеристики стальных обсадных труб

**и условия прочности**

Условие предупреждения разрыва трубы внутренним избыточным давлением *рви* имеет вид  где *рвп* - предельное для трубы внутреннее давление; *[kв]* - допустимый запас прочности при действии внутреннего давления.

*[kв] =* 1,15 для трубы диаметром меньше 219,1;

*[kв] =* 1,45 для трубы диаметром больше 219,1.

При растяжении колонны ее слабым элементом является резьбовое соединение. Условие предупреждения расстройства резьбового соединения

*Fc > [kc]ΣFi*, где *Fc* - нагрузка, страгивающая резьбовое соединение; *[kc] -* допустимый запас прочности резьбового соединения; *ΣF* - суммарный вес труб, расположенных ниже расчетного резьбового соединения.

Для обсадной колонны принимаем значение *[kc] =* 1,15.

**2.3 Расчет колонны на внутреннее избыточное давление**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

Целью расчета является определение давления опрессовки обсадной колонны и выбор соответствующих ему толщин стенки труб. Опрессовка проводится сразу после окончания продавки цементного раствора, когда цементный раствор еще жидкий.

 **2.3.1. Определение внутреннего давления**

 

Из условия равенства давлений наружного и внутреннего столбов жидкостей на забое скважины (z = zк) определяется величина давления на устье *руц* в конце цементирования:



Давление опрессовки *pопр.ц* во всех случаях принимается на 10 % выше максимального устьевого давления, т.е.



**2.3.2 Определение внутреннего давления в конце испытания**

Скважина путем перфорации гидравлически сообщена с продуктивным пластом и с пластовым давлением *рп*, измеренным на глубине замера *zз*. Это давление уравновешивается давлением столба нефти в колонне и устьевым давлением *руи*. Из этого условия определяем *руи*:



Тогда давление опрессовки составит:



Полученные величины *ропр.ц*  и *ропр.и* сопоставим с нормативными *ропр.н.* Для колонны с диаметром 146 *мм* *ропр.н*=12,5 *МПа.* В качестве расчетной выбираем наибольшую, т.е. *ропр.ц* =15,84 *МПа*.

**2.3.3 Распределение внутреннего избыточного давления в колонне**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

6

Распределение внутреннего избыточного давления в колонне по глубине скважины при опрессовке давлением *ропр* находим из условия , где *рви –* внутреннее избыточное давление;  *рв –* внутреннее давление в колонне; *рн* –наружное давление жидкостей на колонну. Определение глубин спуска труб с разной толщиной стенки будет проведено графическим методом. Поэтому величины *рви* рассчитываются для характерных глубин и строится соответствующая зависимость *рви* от *z*.

Для этого введем систему координат: влево откладываем значение внутреннего давления, вправо – наружное. На оси *рв* отложим величину выбранного давления опрессовки *ропр.ц* =15,4 *МПа*. К давлению опрессовки прибавляем величину давления, создаваемого весом промывочной жидкости в колонне.



В результате чего получим прямую, показывающую изменения внутреннего давления в колонне с глубиной.

На правой стороне графика построим зависимость наружного давления *рн* от глубины.



Внутреннее избыточное давление определяется путем вычитания графика *рн* от *z* из графика *рв* от *z*, в результате чего получится зависимость *рви* от *z*.

Определение интервалов спуска труб с разной толщиной стенки проводим следующим образом. Из точки с ординатой *z* =2810 *м* проводим ось допустимых внутренних давлений в обсадных трубах. Начиная с минимальной толщины стенки труб, рассчитываем величины допустимого для них внутреннего давления [*рв*]*i*:



 где *рв*п*1* - предельное внутреннее давление для трубы с *1-*ой толщиной стенки; *[kв]* - допустимый запас прочности при действии внутреннего давления. От оси [*рв*] проводим вертикальные прямые [*рв*]1 (сплошные тонкие линии) до пересечения с графиком *рви* от *z*.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

7



Рисунок 2.1 – К расчету обсадной колонны на внутреннее избыточное давление

**2.4. Конструирование равнопрочной обсадной колонны**

После расчета обсадной колонны на внутреннее избыточное давление производится ее расчет на смятие наружным избыточным давлением и на растяжение. Поскольку из условия предупреждения смятия наибольшая толщина стенки труб получается в нижней части колонны, то расчет производится снизу вверх на смятие с учетом растяжения и результатов расчета на внутреннее давление. Отличительными особенностями расчета является то, что колонна заполнена жидкостью лишь частично, а за колонной в интервал цементирования находится цементный камень.

**2.4.1 Расчет наружного избыточного давления на обсадную колонну**

Наружное избыточное давление  *рни* равно:

 где *рвф* – давление пластового флюида в колонне.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

8

Последовательность расчета следующая. На график наносим зависимость давления воды от глубины *z* по данным табл. 1.1. Затем наносим давление бурового раствора в интервале от 0 до *z1*.



Ниже ординаты *z1* наружное давление на колонну будет определяться величинами порового давления в цементном камне и пластовым давлением.

Для построения зависимости порового давления от глубины необходимо рассчитать его величину на глубине *zк* по формуле:



где ρж – плотность поровой жидкости (принять ρп.ж. *=* 1100 кг/м3). Полученную величину *рн2* откладываем на глубине *zк* ипровести прямую от этой точки до точки *рн1*.

Далее делается проверка на наличие аномалий пластовых давлений в интервалах перекрытых рассчитываемой колонной. Для этого на график наносим точки с координатами пластовое давление-глубина замера.

Далее рассчитываем внутреннее давление *рвф* на глубине *zк*, создаваемое столбом пластового флюида в колонне:



Эксплуатационная колонна перекрывает продуктивный пласт. Поэтому при расчете *рни* следует учесть коэффициент разгрузки *kp*:



Против продуктивного пласта и выше на 50 м необходимо взять повышенный запас прочности на смятие. Поэтому:



В результате преобразований получаем конечный график, выделенный толстой линией.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

9

Рисунок 2.2 – К расчету обсадной колонны на наружное избыточное давление

**2.4.2 Конструирование равнопрочной обсадной колонны**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

10

Конструирование равнопрочной обсадной колонны проводится с графическим определением предельных глубин спуска труб с разной толщиной стенки.

Диаметр эксплуатационной колонны – d = 146 мм.

Толщину стенки труб первой секции выбираем, сопоставив величину наибольшего *рнир* = 22,3 МПа с величинами *рсм*. Давлению 22,3 МПа соответствуют ближайшие трубы с толщиной стенки δ*1* = 7,7 мм (*рсм1* = 24,0 МПа). Вторая секция будет составлена из труб с δ*2* = 7,0 мм (*рсм2* = 20,1 МПа). По точке пересечения с графиком *рни* от *z* находим предварительную глубину спуска второй секции труб:

*z2' =* 1860 м.

Проверка на соответствие внутреннему избыточному давлению.



Расчеты показали, что давления опрессовки *ропр.ц* =21,46 *МПа,*

*ропр.н*=12,5 *МПа, ропр.и*=0,56 *МПа.* Наибольшее давление опрессовки 21,46<25,2 МПа для минимальной толщины стенки труб. Поэтому при формировании первой и последующих секций колонны уточнение конструкции с учетом внутреннего давления не требуется.

Предварительная длина первой секции:



Предварительный вес первой секции:



где *f1* - вес погонного метра трубы первой секции, Н/м.

Проведем уточнение *рсм2* :



Уточняем глубину спуска второй трубы с помощью графика: *z2 =* 1750 м. Соответственно уточняем длину и вес первой секции:



Трубы на границе секций надо проверить на страгивание резьбы:



где *Fc2* – предельная страгивающая нагрузка,

 [*kc*] – допустимый запас прочности на страгивание.

**Формирование второй секции.**



Предварительная длина второй секции:



Предварительный вес второй секции:



Уточним сминающее давление для трубы третьей секции



Уточняем глубину спуска третьей трубы с помощью графика: *z3 =* 1500 м. Уточняем длину и вес второй секции:



Трубы на границе секций надо проверить на страгивание резьбы:

 т.е. трубы второй секции выдержали проверку на страгивание.

**Формирование третьей секции.**



Из условия *kc* = [*kc*] = 1,15 вычисляем возможную длину третьей секции.



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

11

Вес третьей колонны:



Глубина, на которой заканчивается пятая секция:

 

**Формирование четвертой секции.**



Из условия *kc* = [*kc*] = 1,15 вычисляем возможную длину четвёртой секции.



Вес третьей колонны:



Глубина, на которой заканчивается пятая секция:

 

**Формирование пятой секции.**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

12

Из условия *kc* = [*kc*] = 1,15 вычисляем возможную длину пятой секции.





Вес пятой колонны:



Глубина, на которой заканчивается шестая секция:

 

**Формирование шестой секции.**

*kc* = [*kc*] = 1,15



Т.к. длина шестой секции меньше длины пятой, то рассчитаем ее вес и сделаем проверку на страгивание:





Результаты вычислений занесем в таблицу.

Таблица 1.1 – Параметры обсадной колонны

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер****секции** | **Группа прочности стали** | **Толщина стенки, мм** | **Длина** **секции, м** | **Вес секции, кН** | **Общий вес колонны, кН** |
| 1 | D | 7,7 | 1060 | 281 | - |
| 2 | D | 7,0 | 250 | 61 | - |
| 3 | D | 6,5 | 928 | 203 | - |
| 4 | D | 7,0 | 248 | 60 | - |
| 5 | D | 7,7 | 257 | 68 | - |
| 6 | D | 8,5 | 67 | 19 | - |
| Итого | - | - | 2810 | 692 | 692 |

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

13

**3 Выбор долота для заданного интервала бурения**

**3.1 Предварительный выбор долота и расчет мощности**

Определяем среднюю арифметическую твердости горных пород по штампу:



Далее определяем среднее квадратическое *sш* отклонение величин *pш*:



Наибольшее значение величин *Hв*:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

14



С помощью номограмм выбираем долото первого класса типа Т, альтернативное долото второго класса – долото типа СЗ.

Рисунок 3.1 – Номограммы для выбора типов долот:

а – для долот первого класса, б – для долот второго класса

Согласно заданию, частота вращения долота *nд* = 460 об/мин, поэтому из предложенных типов опор целесообразно выбрать опору типа В, предназначенную для частоты вращения в диапазоне 450 –600 об/мин.

Система промывки у долот с опорами типа В и типа Т, СЗ: центральная.

Полный шифр выбранных долот по ГОСТ:

190,5Т-ЦВ, 190,5СЗ-ГН.

Шифр выбранных долот по коду МАБП (code IADC):

code 311,code 621.

Рассчитаем крутящий момент *Мд* и мощность *N* на долоте:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист



где *m0* – удельный момент, необходимый для вращения при единичной нагрузке долота единичного диаметра, *Gп* – предельная осевая нагрузка на долото, *nд* – частота вращения долота.

**3.2 Оценка долговечности вооружения и опор шарошек и решение о классе долота**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

Долото для четвертого интервала бурения должно удовлетворять следующим условиям:

1. соответствовать твердости горных пород;
2. обеспечивать наиболее высокую область разрушения пород по сравнению с альтернативными долотами;
3. вооружение шарошечного долота первого класса должно обеспечивать использование ресурса опоры.

Проведем расчет долговечности долота первого класса 190,5Т-ГН. Литология четвёртого интервала – доломиты. Доломиты относятся к кристалическим горным породам, соответственно, для него уравнение для определения времени *Т* изнашивания будет иметь следующий вид:



где *b0* – начальное притупление зубьев, *h* – износ зуба по высоте, *γ* – половина угла при вершине зуба, *A* и *k* – параметры зависимости *a* от *Nуд*, *a –* скорость изнашивания вооружения по высоте, *Ni* – интенсивность мощности трения.

 Зависимость *a* от *Nуд* для кристаллических пород имеет вид:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

15

Определяем значение половины угла при вершине зуба:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

16



Расчет интенсивности мощности:



где *Ас* – доля мощности, реализуемая долотом на трение-скалывание породы; *k*0 – коэффициент формы зуба долота (принять *k*0 *=* 1,4); *l* – средняя взвешенная длина рабочей поверхности зуба, ∑*z* - суммарное число зубьев на шарожках.

Для 190,5Т-ЦВ



Вооружение долота считается изношенным, если



Подставив все вычисления в формулу, получим:



Определяем величину стойкости опоры:



 значит предпочтительным является долото первого класса, как более дешевое.

**4 Обоснование промывки скважины**

**4.1 Выбор расхода промывочной жидкости**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

Промывка скважины должна обеспечивать полное и своевременное удаление шлама с забоя и из скважины, а также обеспечивать работу гидравлических забойных двигателей. Расход бурового раствора предварительно подбирается из двух условий:

1. Из условия очистки забоя определяется расход *Q1*:

 где *qуд* – удельный расход бурового раствора, м/с; *Fз* – площадь забоя скважины.



Для кристаллических горных пород *qуд* = 0,57 м/с.



2. Из условия подъема шлама в кольцевом зазоре между бурильными трубами и стенкой скважины определяется расход *Q2*:

 где *u* – необходимая скорость восходящего потока жидкости, м/с; *Fk* – площадь кольцевого зазора.



Значение *u* выбираем для забойного двигателя и глинистого раствора:

 *u* = 0,55м/с.



Выбираем 

**5 Выбор буровой установки**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

17

Выбор буровой установки ведется по двум параметрам – по допустимой нагрузке на крюке и по условной глубине бурения. Поскольку в задании предусмотрено расчет обсадной колонны, условно принимаем, что эксплуатационная колонна самая тяжелая.



Из двенадцати классов буровой установки выбираем установку 5 класса. Ее характеристики: *Pкр* = 2000 *кН*, условная глубина бурения 3200 метров.