

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Югорский государственный университет» (ЮГУ)**

**НИЖНЕВАРТОВСКИЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ**  
**(филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Югорский государственный университет»**  
**(ННТ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»)**

---



**МДК.04.02.**  
**ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПРИ ТЕКУЩЕМ И**  
**КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ СКВАЖИН**

**Методические указания по выполнению практических занятий**  
**для обучающихся 3 курса специальности 21.02.02**  
**Бурение нефтяных и газовых скважин**

**Часть 1**

**Нижневартовск 2017**

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Практические занятия являются частью программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) в части междисциплинарного курса МДК 04.02. Выполнение работ при текущем и капитальном ремонте скважин для обучающихся специальности 21.02.02 Бурение нефтяных и газовых скважин.

Первая часть комплекса содержит четыре работы для обучающихся 3 курса. Методические указания к каждой работе включают в себя цель, перечень образовательных результатов, заявленных во ФГОС СПО третьего поколения, порядок работы, краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме, вопросы для закрепления теоретического материала.

Целями изучения междисциплинарного курса является формирование общих и профессиональных компетенций обучающихся:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ПК. 4.2 Участвовать в технологическом процессе капитального ремонта скважин.

Практические занятия способствуют более глубокому пониманию теоретического материала междисциплинарного курса, а также развитию, формированию и становлению различных уровней составляющих профессиональной компетентности студентов.

### **Критерии оценки практических работ:**

Практическая работа считается выполненной, если обучающийся набрал проходной балл, который составляет половину максимального количества баллов.

Для оценивания работы прилагается эталон и шкала оценок.

*Оценка «5»* – работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

*Оценка «4»* – работа выполнена правильно с учетом 2-3 не существенных ошибок исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

*Оценка «3»* – работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

*Оценка «2»* – допущены две (и более) существенные ошибки в ходе работы, которые студент не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Номер п/п	Номер и наименование работы (занятия)	Количество аудиторных часов	Формируемые компетенции
1.	Практическое занятие № 1. Выбор установки для подземного ремонта скважин	4	ПК. 4.2. ОК 1, 8
2.	Практическое занятие № 2. Изучение технологии глушения скважины. Расчет глушения скважины	4	ПК. 4.2. ОК 1, 8
3.	Практическое занятие № 3. Изучение технологии прямой промывки скважины для удаления песчаных пробок. Расчет прямой промывки скважины.	4	ПК. 4.2. ОК 1, 8
4.	Практическое занятие № 4. Изучение технологии обратной промывки скважины для удаления песчаных пробок. Расчет обратной промывки скважины.	4	ПК. 4.2. ОК 1, 8

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

#### ВЫБОР УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОДЗЕМНОГО РЕМОНТА СКВАЖИН

**Цель:** ознакомление с конструкциями ремонтных агрегатов, изучение методики расчета и выбор агрегата, оборудования и талевой оснастки по результатам расчетов.

**Порядок работы:**

1. Произвести расчет грузоподъемности и выбрать подъемник (подъемную установку, комплекс подъемного оборудования) для ремонта скважины. Исходные данные по вариантам изложены в таблице 1.1 и таблице 1.2.

2. Определим максимальную, вертикальную нагрузку, действующую на вышку.

3. Произвести расчет талевой оснастки, выбрать схему и талевый канат.

4. Выбрать оснастку талевой системы, изобразить схему талевой системы.

5. Определить допустимую глубину спуска колонны НКТ с учетом выбранной оснастки.

Таблица 1.1 – Исходные данные

Вариант	Пластовое давление, МПа	Интервал продуктивного пласта, м	Ожидаемый дебит, т/сут	Проектная глубина, м
1	23,4	2230-2250	30	2300
2	25,4	2435-2450	35	2500
3	30,5	2938-2950	190	3000

4	27,4	2640-2650	110	2700
5	23,7	2280-2300	80	2350
6	26,4	2536-2550	140	2600
7	31,5	3030-3060	155	3100
8	25,8	2480-2500	170	2550
9	24,4	2325-2350	60	2400
0	28,4	2720-2750	120	2800

Таблица 1.2 – Варианты задания (исходные данные)

Вариант	Диаметр эксплуатационной колонны, мм	Диаметр НКТ, мм	Плотность раствора в скважине, кг/м <sup>3</sup>
1	114	73	1130
2	114	73	1050
3	168	89	1100
4	140	73	1070
5	127	73	1130
6	146	89	1060
7	168	89	1110
8	168	89	1155
9	127	73	1140
0	146	89	1080

Выбор необходимого наземного оборудования и инструмента для ремонта скважин производят исходя из категории и разновидности предстоящего подземного ремонта. Для ремонта скважин используют подъемные лебедки, монтируемые на самоходной транспортной базе – автомобиле или тракторе. Лебедка может монтироваться совместно с вышкой, талевой системой и другим оборудованием. В этом случае оборудование в целом называют *подъемной установкой*, а при более полной комплектации (насосом, ротором, вертлюгом и др.) – *комплексом подъемного оборудования*. Если на тракторе монтируют только лебедку, такой механизм называют *подъемником*.

В самоходных установках и подъемниках для привода лебедки и других вспомогательных механизмов, как правило, используют двигатель самой транспортной базы. Передача вращения осуществляется от механизма отбора мощности, через трансмиссию и коробку скоростей на барабан лебедки, при вращении которого наматывается или разматывается канат. Выбор установки, комплекса оборудования и инструмента зависит от глубины ремонтируемой скважины, характера и степени сложности работ. Основным критерием для выбора вышки и оборудования является их грузоподъемность.

#### **Порядок расчёта:**

1. Для начала необходимо определить максимальную, вертикальную нагрузку, действующую на мачту, которая складывается из нескольких составляющих:

$$P_{\max} = P_{кр} + P_{хк} + P_{нк} + P_{мс}, \quad (1.1)$$

где  $P_{кр}$  - максимальная нагрузка, действующая на крюк, кН;  
 $P_{хк}, P_{нк}$  - натяжение соответственно ходового и неподвижного концов талевого каната, кН;  
 $P_{мс}$  - вес талевой системы, кН.

2. Следующим этапом определяем вес колонны насосно-компрессорных труб, спускаемых в скважину по формуле:

При выполнении расчетов веса колонны НКТ вес труб и муфт необходимо перевести в  $H$ , т.к. в таблице 1.3 приложений он дан в килограммах.

3. Определить статическую нагрузку, действующую на крюк, с учетом облегчения веса труб в буровом растворе:

$$P_{кр} = K \cdot G_{к} \cdot \left( 1 - \frac{\rho_{бр}}{\rho_{м}} \right), \quad (1.3)$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий затяжки и прихват колонны ( $K = 1,25 \dots 1,30$ );  
 $G_{к}$  - вес колонны, кН;  
 $\rho_{бр}, \rho_{м}$  - плотность соответственно бурового раствора и материала труб,  $кг/м^3$ .

4. Рассчитать вес талевой системы:

5. Число рабочих струн оснастки талевой системы определяем по формуле:

$$n = P_{кр} / P_{Imm} \cdot \eta_{мс}, \quad (1.5)$$

где  $P_{Imm}$  - наибольшее тяговое усилие на набегающем конце талевого каната на I скорости (берётся характеристики выбранной установки);  
 $\eta_{мс}$  - к. п. д. талевой системы.

К. п. д. талевой системы зависит от числа шкивов, кронблока и талевого блока.

Число шкивов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
К.п.д. талевой системы	0,95	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81

Согласно расчету принимаем оснастку в соответствии с оснасткой выбранной установки.

Количество струн принимаем равным в соответствии с талевой оснасткой выбранной установки (при оснастке  $2 \times 3 - n = 4$ ; при оснастке  $3 \times 4 - n = 6$  и т.д.).

6. Определить допустимую глубину спуска колонны НКТ с учетом выбранной оснастки:

$$q' = G_{кр} / L, \quad (1.7)$$

где  $L$  - длина колонны НКТ, м;  
 $G_{кр}$  - вес колонны насосно-компрессорных труб, спускаемых в скважину, рассчитанный по формуле (1.2).

6.1. По результатам расчёта и выбранной оснастке **необходимо сделать вывод**, можно ли проводить работы в скважине с насосно-компрессорными трубами, которые заданы (по условию задания) на проектную глубину.

7. Определить натяжение ходового и неподвижного концов, а также натяжение рабочих струн талевого каната. При подъеме колонны труб наибольшее натяжение возникает в *ходовом* конце талевого каната, наименьшее – в *неподвижном*.

7.1. Зарисовать схему распределения усилий в струнах талевого каната.

8. При подъеме колонны натяжение ходового конца талевого каната определяют по формуле:

9. Определить натяжение неподвижного конца талевого каната по формуле:

$$P_{нк} = (P_{кр} + P_{об}) \cdot \frac{\beta - 1}{\beta(\beta^n - 1)} \kappa H \quad (1.9)$$

10. Подставляя полученные цифровые значения в формулу (1.1), получим:

$$P_{max} = P_{кр} + P_{хк} + P_{нк} + P_{тс},$$

11. Принимаем  $P_{max}$  (округляя до целого числа) и делаем заключение (соответствует или нет выбранная предварительно установка заданным условиям).

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУШЕНИЯ СКВАЖИНЫ. РАСЧЕТ ГЛУШЕНИЯ СКВАЖИНЫ

**Цель:** изучение методики глушения и расчета глушения скважины.

**Порядок работы:**

1. Изучить краткие теоретические сведения. Записать:
  - 1.1. Способы глушения скважин.
  - 1.2. Технология прямой промывки.
  - 1.3. Технология обратной промывки: самостоятельно (по аналогии с данными п. 1.2.) записать:
    - суть способа;
    - схема (заполнить указанные составляющие схемы);
    - технология проведения работ.
2. Произвести расчет глушения скважины. Исходные данные приведены в таблице 2.1.
3. Сделать вывод по работе.
4. По контрольным вопросам подготовиться к защите практической работы.

**Контрольные вопросы:**

1. В чем заключается подготовка скважины к подземному ремонту?
2. Какие требования предъявляют при выборе способа глушения и жидкости глушения?
3. В чем сущность способа глушения скважины с полной заменой скважинной жидкости?
4. В чем сущность способа глушения скважины с частичной заменой скважинной жидкости?
5. Какие типы жидкости глушения Вы знаете?
6. Каков порядок демонтажа арматуры устья?

**Краткие теоретические сведения:**

Основными требованиями при выборе способа и жидкости для глушения являются обеспечение необходимого противодействия на забой скважины и предупреждение ухудшения проницаемости призабойной зоны. В зависимости от величины пластового давления, литологии и коллекторских свойств пласта, вида спущенного в скважину оборудования, вида применяемой жидкости глушение может производиться следующим образом:

- полной заменой скважинной жидкости;
- частичной заменой скважинной жидкости с оставлением на забое отстоявшейся воды.

Глушение с полной заменой скважинной жидкости производится, если:

- колонна НКТ или хвостовик спущены до продуктивного пласта;
- башмак колонны НКТ или насос находятся выше пласта, но пласт имеет хорошую приемистость и поднасосная жидкость может быть продавлена в пласт без ухудшения проницаемости призабойной зоны (например, при отсутствии глин в продуктивном пласте).

Глушение с частичной заменой скважинной жидкости (без продавки в пласт) рекомендуется в случаях низкой приемистости или опасности засорения пласта продавливаемой загрязненной жидкостью.

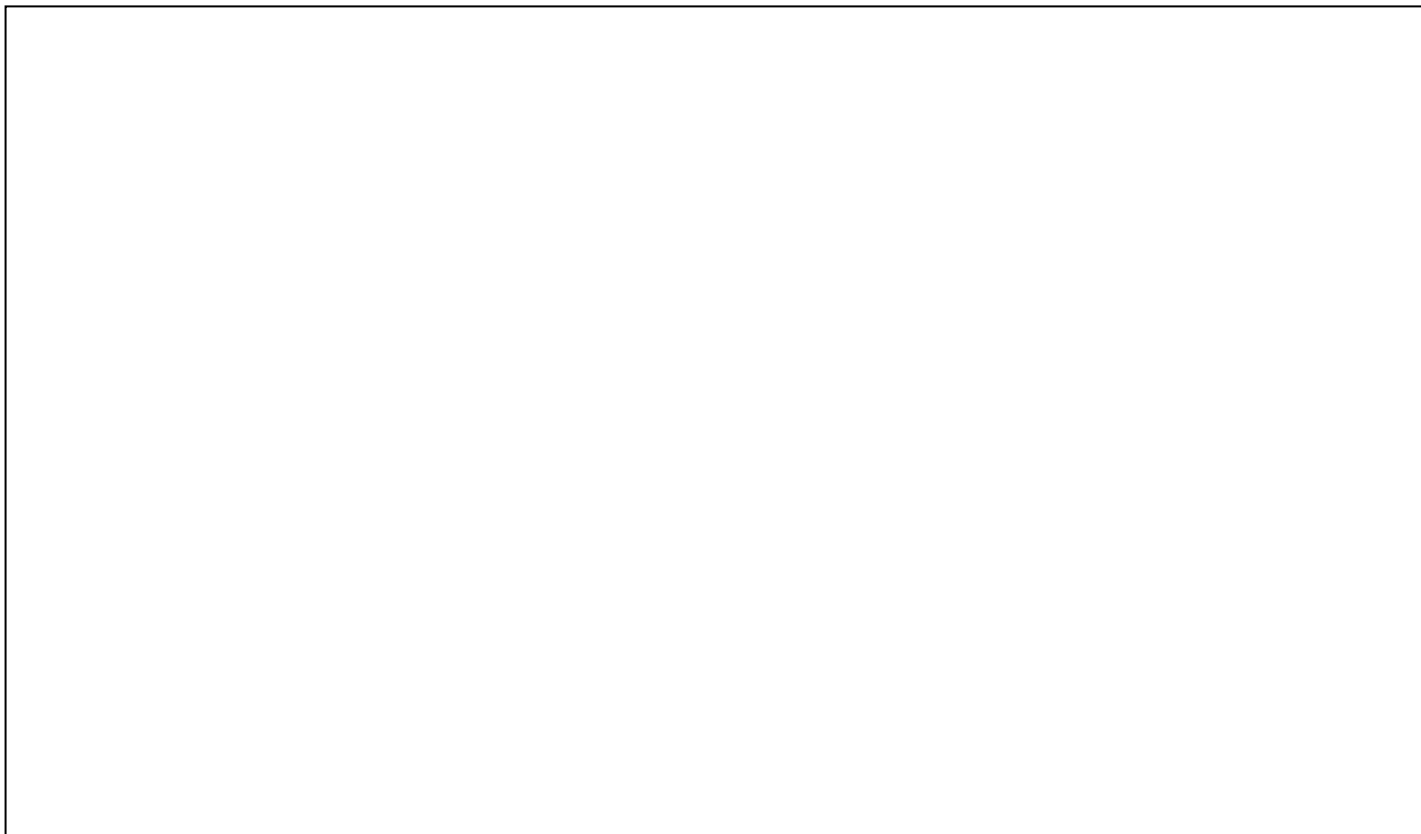


Рисунок 2.1. – Классификация методов глушения скважин

Глушение методом прямой промывки:

Методом прямой промывки глушат фонтанные скважины, оборудованные УЭЦН, скважины ППД.

Суть способа:

- ↓ Жидкость глушения подаётся в скважину через буферную задвижку по колонне насосно-компрессорных труб (НКТ) через открытый спускной клапан.
- ↓ Вытеснение скважинной жидкости осуществляется по межтрубному кольцевому пространству между эксплуатационной колонной и колонной НКТ.





Рисунок 2.2. – Глушение методом прямой промывки

**Технология проведения работ:**

- ✓ Получение задания.
- ✓ Подготовительные работы.
- ✓ Расстановка спецтехники.
- ✓ Сборка нагнетательной линии.
- ✓ Опрессовка НКТ. Отключение нагнетательной линии.
- ✓ Сбивание спускного клапана УЭЦН.
- ✓ Подключение нагнетательной линии. Проведение глушения.
- ✓ Разборка нагнетательной линии.
- ✓ Заключительные работы.

Глушение методом обратной промывки:

Методом обратной промывки глушат скважины оборудованные ШГН, скважины, где не открылся спускной клапан УЭЦН.

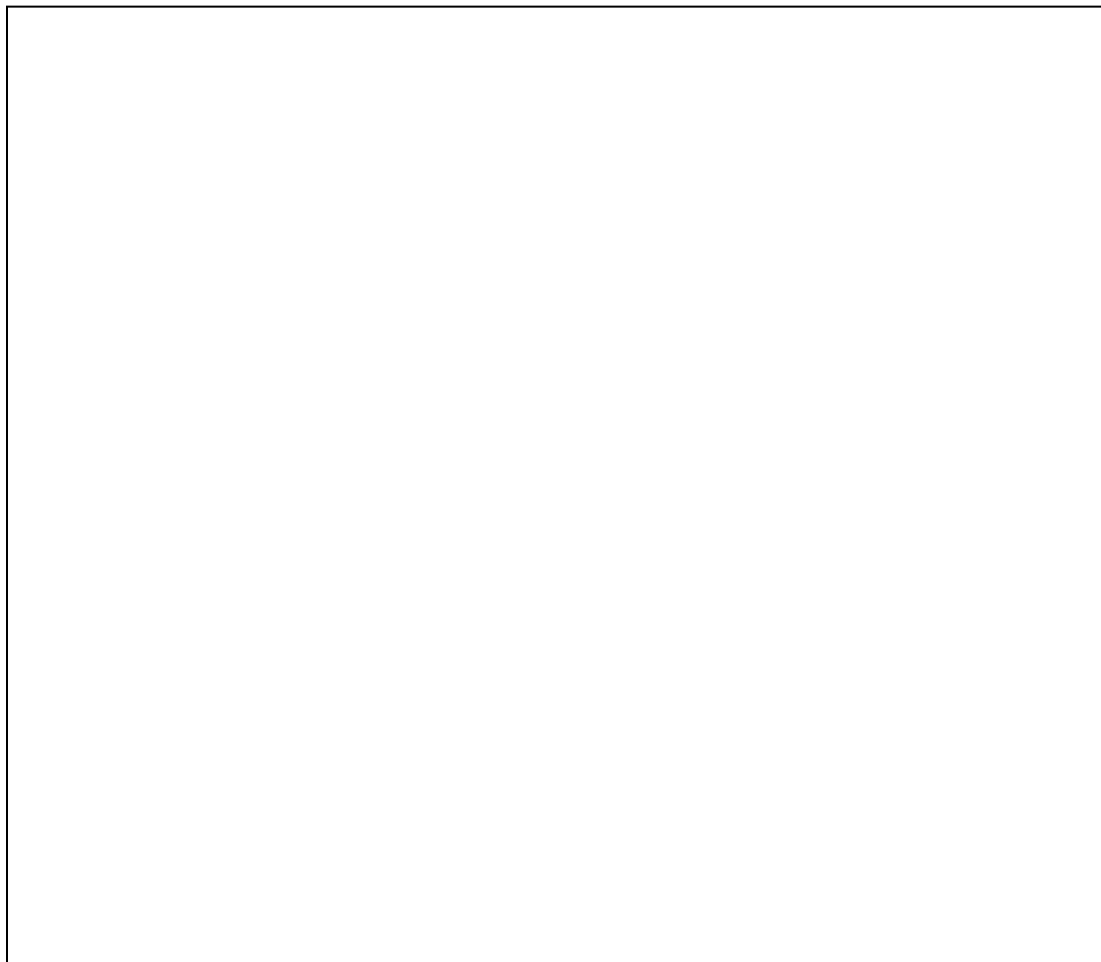


Рисунок 2.3. – Глушение методом обратной промывки

Таблица 2.1 – Исходные данные

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расстояние от устья до верхних отв. фильтра $H_{\phi}$ , м	1875	1915	1810	1910	1830	1850	1925	1800	1850	1800
Пластовое давление $P_{пл}$ , Мпа	21,4	22,5	18,6	19,9	19,2	21,4	22,5	18,6	19,9	19,2
Способ эксплуатации	фонт	УЭЦН	УЭЦН	УШГН	УШГН	фонт	УЭЦН	УЭЦН	УШГН	УШГН
Проницаемость пласта*	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-
Длина колонны труб $L$ , м	1875	1906	1100	1170	1140	1850	1906	1550	1705	1340
Глубина спуска насоса $L_{н}$ , м	-	1900	1100	1160	1130	-	1900	1100	1160	1130
Плотность смеси $\rho_{см}$ , кг/м <sup>3</sup>	800	800	850	850	860	810	820	830	840	850
Плотность воды $\rho_{в}$ , кг/м <sup>3</sup>	1100	1100	1120	1120	1115	1100	1100	1110	1110	1115

Внутренний диаметр ЭК D <sub>в</sub> , мм	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Плотность утяжелителя ρ <sub>ут</sub> , г/см <sup>3</sup>	2,2	2,3	2,4	2,5	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,2
Внутренний диаметр НКТ d <sub>в</sub> , мм	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3

\* + высокая; – низкая.

Продолжение табл. 2.1

Параметры	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Расстояние от устья до верхних отв. фильтра Н <sub>ф</sub> , м	1875	1915	1810	1910	1830	1850	1925	1800	1850	1800
Пластовое давление Р <sub>пл</sub> , МПа	21,4	22,5	18,6	19,9	19,2	21,4	22,5	18,6	19,9	19,2
Способ эксплуатации	фонт	УЭЦН	УЭЦН	УШГН	УШГН	фонт	УЭЦН	УЭЦН	УШГН	УШГН
Проницаемость пласта*	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+
Длина колонны труб L, м	1875	1906	1100	1170	1140	1850	1906	1550	1705	1340
Глубина спуска насоса L <sub>н</sub> , м	-	1900	1100	1160	1130	-	1900	1100	1160	1130
Плотность смеси ρ <sub>см</sub> , кг/м <sup>3</sup>	800	800	850	850	860	810	820	830	840	850
Плотность воды ρ <sub>в</sub> , кг/м <sup>3</sup>	1050	1150	1150	1150	1125	1150	1150	1150	1150	1125
Внутренний диаметр ЭК D <sub>в</sub> , мм	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Плотность утяжелителя ρ <sub>ут</sub> , г/см <sup>3</sup>	2,2	2,3	2,4	2,5	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,2
Внутренний диаметр НКТ d <sub>в</sub> , мм	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3

### Порядок расчёта:

1 Плотность жидкости глушения из условия обеспечения превышения забойного давления над пластом в 1,5 МПа определяют при полной замене скважинной жидкости по формуле:

$$\rho_{\pi} = \frac{10^6 (P_{\pi} + 1,5)}{L \cdot g}, \text{ кг/м}^3 \quad (2.1)$$

при частичной замене с оставлением в скважине всей поднасосной жидкости по формуле:

$$\rho_{\pi} = \frac{10^6 (P_{\pi\pi} + 1,5) - \rho_{\text{см}} \cdot g \cdot H_{\phi}}{L \cdot g}, \text{ кг/м}^3 \quad (2.2)$$

где  $P_{\pi\pi}$  – пластовое давление, МПа;  
 $\rho_{\text{см}}$  – плотность смеси, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}^2$ ;  
 $L$  – длина колонны труб, м;  
 $H_{\phi}$  – расстояние от устья до верхних отверстий фильтра, м.

## 2 Выбор жидкости глушения.

3. Количество жидкости глушения определяют при полной замене скважинной жидкости по формуле:

$$V_p = 0,785 \cdot \kappa \cdot D_{\text{в}}^2 \cdot L, \text{ м}^3 \quad (2.3)$$

при частичной замене с оставлением скважинной жидкости ниже приема насоса по формуле:

$$V_p = 0,785 \cdot \kappa \cdot D_{\text{в}}^2 \cdot L_{\text{н}}, \text{ м}^3 \quad (2.4)$$

где  $\kappa$  – коэффициент запаса количества жидкости глушения,  $\kappa = 1,05 \div 1,1$ ;  
 $L_{\text{н}}$  – глубина спуска насоса, м;  
 $D_{\text{в}}$  – внутренний диаметр эксплуатационной колонны, м.

4. Количество материалов для приготовления раствора или глинистого раствора (при необходимости их приготовления). Количество утяжелителя ( $\text{CaCl}_2$  или глины) определяют по формуле:

5. Объем воды определяют по формуле:

$$V_{\text{в}} = \frac{V_p \cdot \rho_{\pi} - M_{\text{ут}}}{\rho_{\text{в}}}, \text{ м}^3 \quad (2.6)$$

6. Объем жидкости для долива. При подъеме НКТ без жидкости объем воды определяют по формуле:

$$V_{\text{в}} = \frac{M_{\text{нкт}}}{\rho_{\text{м}}}, \text{ м}^3 \quad (2.7)$$

при подъеме НКТ с жидкостью по формуле:

где  $\rho_{\pi}$  – необходимая плотность жидкости глушения, кг/м<sup>3</sup>;

$$M_{\text{нкт}} = m \cdot L, \text{ кг} \quad (2.9)$$

где  $m$  – масса 1 погонного метра труб,  $m = 7,0$  кг/м.

## 7. Выбор оборудования.

# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОЙ ПРОМЫВКИ СКВАЖИНЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ПРОБОК. РАСЧЕТ ПРЯМОЙ ПРОМЫВКИ СКВАЖИНЫ

**Цель:** научиться рассчитывать параметры промывки скважины.

**Порядок работы:**

1. Изучить теоретический материал по выполнению работ при промывке, продолжить табл. 1.

Таблица 1 – Порядок работ при промывке скважины от песчаной пробки

2. Произвести гидравлический расчет прямой промывки песчаных пробок. Исходные данные приведены в табл. прил. 2.

3. Сделать вывод по работе.

4. По контрольным вопросам подготовиться к защите практической работы № 3 и № 4.

**Контрольные вопросы:**

1. Какое оборудование используют для ликвидации песчаных пробок?

2. Запишите основное условие эффективной промывки скважины от песчаной пробки.

3. Какие способы промывок скважины от песчаных пробок Вы знаете?

4. Какие рабочие агенты используют для промывки скважин от песчаной пробки?

5. В чем отличие прямой промывки от обратной?

**Выполнение работ по промывке скважин от песчаных пробок:**

Передвижные установки депарафинизации (АДП) допускается устанавливать с наветренной стороны на расстоянии не менее 25м от устья скважины и не менее 10м от другого оборудования, при этом кабины автомашин и прицепы емкостей должны быть обращены в сторону от устья скважины. Промывочный агрегат и автоцистерны следует

располагать с наветренной стороны на расстоянии не менее 10 м от устья скважины. При этом кабина агрегата и автоцистерны должны быть обращены в сторону противоположную от устья скважины, выпускные трубы агрегата и автоцистерны должны быть оборудованы искрогасителями, расстояние между ними должно быть не менее 1,5 м.

Для проведения прямой промывки скважины прямой на буферную задвижку скважины устанавливается лубрикатор. Лубрикатор должен быть опрессован на полуторкротное давление от ожидаемого. При проведении прямой промывки буферная, центральная, внутренняя затрубная и линейная задвижки открыты; трубная и внешняя затрубная закрыты. Если скважина оборудована ШГН прямая промывка проводится в исключительных случаях. Схема промывки несколько отличается от представленной выше (отсутствует лубрикатор).

2. Перед началом промывки необходимо:

4. Заключительные работы после промывки. Разборку промывочной линии следует начинать только после снижения давления в линии нагнетания до атмосферного. При этом задвижку фонтанной арматуры со стороны нагнетания надо закрыть. Разборку промывочной линии после проведения депарафинизации с помощью АДП следует проводить убедившись, что температура нагрева разбираемого оборудования и приспособлений безопасна для здоровья человека. При проведении разборки трубопроводов под разбираемые соединения устанавливаются специальные поддоны для сбора нефти. В случае загрязнения окружающей среды необходимо немедленно принять меры по устранению загрязнения. После окончания промывки, в случае положительного результата, скважина или нефтепровод запускаются в работу.

**Задача:** Провести гидравлический расчет промывки забойной песчаной пробки, для чего определить давление на выкиде насоса, необходимую мощность двигателя, давление на забое скважины, время на промывку пробки и разрушающее действие струи. Исходные данные - в табл. 3.1.

Промывка ведется промывочным агрегатом АЗИНМАШ-35 (варианты с 1 по 15), эксплуатационная характеристика которого приведена в табл. 3.2 и агрегатом ПА8-80 (варианты с 16 по 30), эксплуатационная характеристика которого приведена в табл. 3.3.

#### **Порядок расчёта:**

1. Потери давления на гидравлические сопротивления при движении жидкости в трубах определяются по формуле:

$$h_1 = \lambda \frac{H \cdot v_n^2}{d_b \cdot 2g}, \text{ м}, \quad (3.1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент трения при движении воды в трубах, табл. 3.4;  
 $d_b$  – внутренний диаметр промывочных труб, м;

$v_n$  – скорость нисходящего потока жидкости, м/с;  
 $H$  – глубина скважины, м.

Таблица 3.2 – Техническая характеристика агрегата АЗИНМАШ-35  
(максимальная мощность двигателя  $N = 110$  кВт)

Включенная скорость	Номинальная частота вращения двигателя, об/мин	Число двойных ходов плунжера в минуту	Подача насоса, л/с	Давление на выкиде, МПа
I	2500	39,7	3,16	16,0
II	2500	58,0	4,61	11,0
III	2500	88,2	7,01	7,2
IV	2500	134,0	10,15	4,3

Таблица 3.3 – Техническая характеристика агрегата ПА8-80  
(максимальная мощность двигателя  $N = 63$  кВт)

Включенная скорость	Номинальная частота вращения двигателя, об/мин	Число двойных ходов плунжера в минуту	Подача насоса, л/с	Давление на выкиде, МПа
I	850	36	4,6	8
II		50	6,5	5,8
III		99	12,8	3,0

Таблица 3.4 – Коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda$ , для воды

Диаметр труб, мм	48	60	73	89	114
Значение $\lambda$	0,04	0,037	0,035	0,034	0,032

2. Потери давления на гидравлические сопротивления при движении смеси жидкости с песком в кольцевом пространстве скважины определяются по формуле:

где  $Q$  – подача насоса, л/с;  
 $d_v$  – внутренний диаметр промывочных труб, м.

Подставив численные значения в формулы 3.2 и 3.2.1 (при работе агрегата на всех скоростях: для АЗИНМАШ-35 4 скорости, для ПА8-80 3 скорости), получим скорость восходящего потока жидкости, м/с, потери давления на гидравлические сопротивления, м.

3. Потери напора на уравнивание столбов жидкости разной плотности в промывочных трубах и в кольцевом пространстве определяются по формуле К. А. Апресова:

$$h_3 = \frac{(1-m) \cdot F \cdot l}{f} \left[ \frac{\rho_n}{\rho_{жс}} \left( 1 - \frac{v_{кр}}{v_в} \right) - 1 \right], \text{ м}, \quad (3.3)$$

где **m** – пористость песчаной пробки, **m= 0,3**;  
**F** – площадь сечения эксплуатационной колонны, **см<sup>2</sup>**;  
**f** – площадь сечения кольцевого пространства скважины, **см<sup>2</sup>**;  
**l** – высота пробки, промытой за один прием, **мм**;  
**ρ<sub>п</sub>** – плотность песка, **ρ<sub>п</sub> = 2,6 г/см<sup>3</sup>**;  
**ρ<sub>ж</sub>** – плотность воды, **г/см<sup>3</sup>**;  
**v<sub>кр</sub>** – критическая скорость, **см/с, табл. 3.5**;  
**v<sub>в</sub>** – скорость восходящего потока жидкости, **см/с**.

4. Потери давления на гидростатические сопротивления в шланге и вертлуге при движении воды определяются по таблице исходных данных (**h<sub>4</sub> + h<sub>5</sub>**).

5. Потери давления на гидравлические сопротивления от насоса до шланга определяем по формуле:

6. Давление на выкиде насоса определяется суммой потерь по формуле:

$$P_n = \frac{1}{10^6} \cdot \rho_{ж} \cdot g (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6), \text{ МПа}. \quad (3.6)$$

7. Давление на забое скважины определяем по формуле:

8. Мощность, необходимую для промывки песчаной пробки, определим по формуле:

$$N = \frac{P_n \cdot 10^6 \cdot Q \cdot 10^{-3}}{10^{-3} \cdot \eta \cdot a}, \text{ кВт}, \quad (3.8)$$

где **η<sub>а</sub>** – общий механический КПД агрегата, **η<sub>а</sub> = 0,65**;  
**Q** – подача насоса, **л/с (табл. 3.2, 3.3)**.

**Обратить внимание** на расчетный результат **N<sub>IV</sub>**. Если **N<sub>IV</sub> > 110 кВт** (для 1 – 15 варианта) и **N<sub>III</sub> > 63 кВт** (для 16 – 30 варианта), то следующие расчеты производить без учета последней передачи.



9. Коэффициент использования максимальной мощности промывочного агрегата  $K$  определяем по формуле:

$$K = N / N_{\max} \cdot 100\%, \quad (3.9)$$

где  $N_{\max}$  – максимальная мощность агрегата, табл. 3.2, 3.3.

10. Скорость подъема размытого песка  $v_{\text{п}}$  определим по формуле:

11. Продолжительность подъема размытой пробки после промывки ее каждым коленом до появления чистой воды определяется по формуле:

$$t = H / v_{\text{п}}, \text{ сек.} \quad (3.11)$$

12. Сила удара струи определяется по формуле:

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАТНОЙ ПРОМЫВКИ СКВАЖИНЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ПРОБОК. РАСЧЕТ ОБРАТНОЙ ПРОМЫВКИ СКВАЖИНЫ

**Цель:** изучить технологию обратной промывки скважины; освоить методику расчета параметров обратной промывки скважины.

Порядок работы:

1. Произвести гидравлический расчет обратной промывки песчаных пробок.

2. Сделать вывод по работе.

Обратная промывка производится через патрубок, присоединенный к внешней затрубной задвижке. При проведении обратной промывки внешняя затрубная, центральная, трубная и линейная задвижки открыты; внутренняя затрубная и буферная задвижки закрыты.

**Задача:** Провести гидравлический расчет обратной промывки забойной песчаной пробки. Исходные данные - в табл. 3.1.

**Порядок расчёта:**

1. Потери напора на гидравлические сопротивления при движении жидкости в кольцевом пространстве между 168-мм и 73-мм трубами определяются по формуле, м.вод.ст.:

$$h_1 = \lambda \frac{H \cdot v_{\text{в}}^2}{D - d_{\text{н}} \cdot 2g}, \text{ м.} \quad (4.1)$$

2. Потери напора на гидравлические сопротивления при движении смеси жидкости с песком определяются по формуле:

3. Потери напора на уравнивание разности плотностей жидкостей в промывочных трубах и кольцевом пространстве определяются по формуле 3.3, в которую вместо  $f$  подставляют  $f_{ц}$ .

4. Гидравлические потери давления в шланге и вертлюге при обратной промывке обычно отсутствуют или ничтожно малы.

5. Потери давления на гидравлические сопротивления в нагнетательной линии будут такие же, как и при прямой промывке (формула 3.5).

6. Давление на выкиде насоса определяем по формуле:

7 Давление на забое скважины определяем по формуле:

$$P_3 = \frac{1}{10^6} \cdot \rho_{ж} \cdot g (H + h_2 + h_3), \text{ МПа.} \quad (4.7)$$

8 Мощность, необходимую для промывки песчаной пробки, определим по формуле 3.8. **Обратить внимание** на расчетный результат  $N_{IV}$ . Если  $N_{IV} > 110$  кВт (для 1 – 15 варианта) и  $N_{III} > 63$  кВт (для 16 – 30 варианта), то следующие расчеты производить без учета последней передачи.

9. И использованные максимальные мощности промывочного агрегата определим по формуле 3.9.

10. Скорость подъема размытого песка  $v_{п}$  определим по формуле 3.10.

11. Продолжительность подъема размытой пробки после промывки ее каждым коленом до появления чистой воды определяется по формуле 3.11.

12. Сила удара струи определяется по формуле 3.12, в которую вместо  $f_{ц}$  подставим  $f$ .

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б.В. Покрепин, Е.В. Дорошенко, Г.В. Покрепин. Специалист по ремонту нефтяных и газовых скважин: учебное пособие. – Ростов-на-Дону, Феникс, 2016 – 284 с.