

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

**Институт повышения квалификации
и переподготовки кадров**

**Кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных
месторождений и транспорт нефти»**

С. В. Козырева

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОГО РЕМОНТА СКВАЖИН

ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу
для слушателей специальности 1-51 02 71
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
заочной формы обучения**

Гомель 2013

УДК 622.276.34(075.8)
ББК 33.131я73
К59

Рекомендовано кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений и транспорт нефти» ГГТУ им. П. О. Сухого (протокол № 4 от 23.11.2012 г.)

Рецензент: зав. отделением исследования нефти и нефтепродуктов БелНИПИнефть
канд. техн. наук *А. Г. Ракутько*

Козырева, С. В.

К59 Технология подземного ремонта скважин : практикум по одному курсу для слушателей специальности 1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заоч. формы обучения / С. В. Козырева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 39 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Представлены методики решения задач, теоретические сведения, необходимые при планировании, организации работ и осуществлении различных технологических операций, обеспечивающих безаварийное и эффективное ведение подземного ремонта.

Для слушателей специальности 1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заочной формы обучения ИПК и ПК.

УДК 622.276.34(075.8)
ББК 33.131я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2013

Предисловие

Целью практикума является ознакомить слушателей с видами ремонта скважин, с авариями, которые возникают при ремонте и влиять в дальнейшем на эксплуатацию скважин

Важнейшими задачами являются ознакомление слушателей с вопросами теории и практики применительно к выбору способа ремонта скважин, выбор оптимальной технологии ремонта, определение и расчет технических и технологических параметров процесса ремонта скважин.

В результате изучения слушатель должен знать:

- виды подземных ремонтов;
- технологии ремонта скважин;
- инструмент и оборудование для проведения подземного ремонта скважин;

уметь:

- выбирать способ ремонта скважин для заданных геолого-технических условий;
- на основе расчетов выбирать оборудование для подземного ремонта скважин;
- рассчитывать технологические параметры технологии ремонта скважины.

В методических указаниях включены задачи по основным изучаемым темам курса. В начале каждого практического занятия приводятся краткие теоретические аспекты изучаемой темы, далее – расчет задачи и исходные данные для индивидуального решения.

Практическое занятие 1
«Расчет машинного времени при подъеме насосно-компрессорных труб»

Цель работы: ознакомление с технологией проведения спуско-подъемных операций и приобретение навыков практических расчетов времени при СПО.

1. Теоретическая часть

В зависимости от способа эксплуатации, глубины и геолого-технической характеристики ремонтируемой скважины, а также цели ремонта и его вида технология текущего ремонта скважин бывает различной.

СПО трудоемки и в зависимости от характера работ занимают от 50 до 80 % всего времени, затрачиваемого на ремонт.

Прежде чем начать подъем колонны НКТ, необходимо убедиться в том, что они не прихвачены. Прихват труб определяют по индикатору веса.

При подъеме колонны труб из скважины следует соблюдать следующие правила:

1) первую трубу колонны следует поднимать при помощи специального подъемного патрубка; во время ремонта глубоких скважин, необходимо применять подъемный патрубок с термообработанным резьбовым концом;

2) нельзя допускать резких переходов с одной скорости подъема на другую и превышения нагрузки более 20% собственной массы колонны труб, что может возникнуть вследствие трения муфт об эксплуатационную колонну, особенно в искривленных наклонно-направленных скважинах;

3) не рекомендуется ударять ручниками по муфте в целях ослабления резьбового соединения перед отвинчиванием труб;

4) поднимать отвинченную трубу можно лишь, когда имеется полная уверенность в том, что она полностью вышла из резьбы муфты;

5) перед подачей поднятой трубы на мостки следует на ее резьбу навинтить предохранительное кольцо, а затем ниппельный конец установить на специальный лоток или клапан, медленно опуская при этом талевый механизм.

Подъем труб из скважины начинают с ввинчивания подъемного патрубка в муфту посадочной планшайбы, на который надевают элеватор. Затем планшайбу вместе с подъемным патрубком

приподнимают до выхода из скважины первой муфты спущенных в скважину труб, под которую подводят элеватор. Закрыв элеватор, сажают на него трубы, отвинчивают планшайбу и, оттащив ее в сторону, приступают к подъему труб.

2. Расчетная часть

Рассчитать машинное время на подъем НКТ подъемниками С-80, А-50 и АР32/40М, техническая характеристика которых приведена в таблице 1.

1. Машинное время на подъем труб из скважины

$$t_m = \frac{l \times i \times k}{\pi \times d_{cp} \times n}, \quad (\text{мин}) \quad (1)$$

где: d_{cp} – средний диаметр барабана, м;

k - коэффициент, учитывающий замедление скорости подачи крюка при включении и торможении барабана лебедки (таблица 2)

2. Длина каната, навиваемого на бочку барабана

$$l_k = (1 + 0.5) \times i, \quad (\text{м}) \quad (2)$$

3. Число витков талевого каната в одном слое

$$\alpha = \frac{l_{\delta}}{\delta} - c, \quad (\text{витков}) \quad (3)$$

где: $c = 1$ – уменьшение числа витков из-за неплотной намотки каната

4. Диаметр бочки барабана с учетом навиваемых слоев каната определяем

$$d = d_{\delta} + \delta + 1.87 \times \delta \times m, \quad (\text{м}) \quad (4)$$

где: $m = 1, 2$ и 3

5. Длина каната в каждом слое барабана в первом слое ($m=1$)

$$l_{k_1} = \pi \times d_1 \times \alpha \quad (\text{м})$$

во втором слое ($m=2$)

$$l_{k_2} = \pi \times d_2 \times \alpha \quad (\text{м})$$

Общая длина навитого каната в двух слоях

$$l_0 = l_{k_1} + l_{k_2} \quad (\text{м})$$

6. Средний диаметр бочки барабана лебедки

$$d_{\text{cp}} = \frac{(d_1 + d_2)}{2}, \text{ (м)} \quad (5)$$

Затем находим машинное время подъема на каждой скорости лебедки по формуле 1.

Таблица 1 Техническая характеристика агрегатов подъемников

Технические параметры	Единица измерения	Подъемные агрегаты		
		С-80/ЛТ-11КМ	AR32/40М	А-50
Число струн оснастки талевого каната (<i>i</i>)		10	10	10
Число оборотов барабана лебедки (<i>n</i>)				
I	об/мин	34	35	39,8
II	об/мин	54	58	69,8
III	об/мин	107	96	153
IV	Об/мин	170	159	268
Длина одной трубы (<i>l</i>)	м	7	8	8
Диаметр талевого каната (δ)	м	0,022	0,0215	0,0215
Диаметр бочки барабана лебедки	мм	345	420	420
Длина бочки барабана лебедки	мм	640	600	600
Рабочая длина бочки барабана лебедки	мм	640	600	600

Таблица 2 Коэффициент, учитывающий замедление скорости подъема крюка при включении и торможении барабана лебедки

Тип подъемника	Скорость подъема	Вид ремонта скважин	
		Оборудованных ЭЦН	Во всех остальных случаях
AR 32/40M	I	1,5	1,1
	II	1,5	1,15
	III		1,2
	IV		1,3
A-50	I	1,5	1,1
	II	1,5	1,15
	III		1,2
	IV		1,3
C-80/ЛТ-11КМ	I	1,5	1,2
	II	1,5	1,2
	III		1,2
	IV		1,3

Исходные данные

№ варианта	Тип подъемника
1	С-80/ЛТ-11КМ
2	AR32/40М
3	А-50
4	С-80/ЛТ-11КМ
5	AR32/40М
6	А-50
7	С-80/ЛТ-11КМ
8	AR32/40М
9	А-50
10	С-80/ЛТ-11КМ
11	AR32/40М
12	А-50
13	С-80/ЛТ-11КМ
14	AR32/40М
15	А-50
16	С-80/ЛТ-11КМ
17	AR32/40М
18	С-80/ЛТ-11КМ
19	А-50
20	AR32/40М
21	С-80/ЛТ-11КМ
22	А-50
23	AR32/40М
24	С-80/ЛТ-11КМ
25	А-50
26	AR32/40М
27	С-80/ЛТ-11КМ
28	А-50
29	С-80/ЛТ-11КМ
30	AR32/40М

Практическое занятие 2

«Расчет нагрузки на подъемный крюк, оснастки талевой системы и рационального использования мощности подъемника»

Цель работы: ознакомление с видами подъемников для ремонта скважин и приобретение навыков практических расчетов основных параметров подъемников.

1. Теоретическая часть

Подъемник - механическая лебедка, монтируемая на тракторе, автомашине или отдельной раме. В первом случае привод лебедки осуществляется от тягового двигателя трактора, автомашин, в остальных от самостоятельного двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя.

Агрегат - в отличие от подъемника оснащен вышкой и механизмом для ее подъема и опускания.

Широко применяются тракторные подъемники «АЗИНмаш-43П», АПТ-8, С-80/ЛТ-11КМ, агрегаты «АЗИНмаш-43А, А50У, «АЗИНмаш-37», АР32/40М и др.

Тракторный подъемник «С-80/ЛТ-11КМ», «АЗИНмаш-43П» - предназначен для проведения подземного ремонта скважин, оборудованных подъемными сооружениями. Подъемник представляет собой самоходную механизированную лебедку, смонтированную на гусеничном болотоходном тракторе.

Управление основными исполнительными механизмами подъемника - электропневматическое; управление тормозом лебедки - ручное механическое, сдублированное ножным пневматическим; управление остальными механизмами - механическое.

Основными узлами подъемной лебедки являются: трансмиссия, электропневматическая лебедка, пневматическая система управления, приводы ротора, упорные домкраты и безопасная катушка.

Лебедка - однобарабанная. Все узлы и механизмы лебедочного блока - барабанный вал в сборе, трансмиссионный вал, тормозная система, храповое устройство, ограничитель подъема талевого блока, кожухи и ограждения собраны в цельносварной станине коробчатого типа. Включение барабана осуществляется посредством фрикционной муфты, собранной внутри тормозной шайбы, прикрепленной к ребордам барабана.

Подъемные установки оснащены ограничителем подъема крюкоблока, системой звуковой и световой сигнализации установки вышки, контрольно-измерительными приборами работы двигателя и пневмосистемы, а также другими системами блокировки, обеспечивающими безопасность ведения работ при монтаже установки вблизи скважины и спуско-подъемных операциях.

Подъемные установки типа АЗИНмаш-37 предназначены для спуско-подъемных операций с укладкой труб и штанг на мостки при текущем и капитальном ремонте нефтяных и газовых скважин, не оборудованных вышечными сооружениями.

Агрегат для освоения и ремонта скважин А-50М и АR32/40М предназначен для:

- разбуривания цементной пробки в трубах диаметром 5-6 дюймов и связанных с этим процессом операций (спуска и подъема бурильных труб, промывки скважин и т.д.);
- спуска и подъема насосно-компрессорных труб;
- установки эксплуатационного оборудования на устье скважин;
- проведения ремонтных работ и работ по ликвидации аварии;
- проведения буровых работ.

Управление всеми механизмами установки при спуско-подъемных операциях осуществляется из трехместной отопляемой кабины оператора, расположенной между лебедкой и кабиной автомобиля. Управление установкой вышки в рабочее и транспортное положения осуществляется дистанционно - с ручного выносного пульта.

2. Расчетная часть

Требуется определить вес груза на крюке, рациональную оснастку талевого каната и рациональное использование мощности подъемников АЗИНМАШ-43П, А-50М и АR32/40М (табл.1) при следующих условиях работы: $d = 73$ мм, вес 1 м труб с высаженными концами и муфтами $q = 95.5$ Н, приближенный вес подвижной части талевой системы $Q_d = 5$ кН, длина одного колена труб $l = 16$ м, КПД $\eta_m = 0,86$.

1. Вес груза на крюке:

$$Q = q \times L + Q_d, \text{ (Н)} \quad (1)$$

2. Число струн оснастки талевого каната можно определить по величине усилия, развиваемого подъемником на скорости I

$$K = \frac{Q}{P_1 \times \eta_m}, \quad (2)$$

где: Q – вес груза на крюке, Н
 P_1 – тяговое усилие подъемника на скорости I, которое находят из таблицы 1.

3. Определим число колен труб, которые следует поднимать на каждой скорости на I скорости

$$z_1 = A \times \frac{n_1}{n_1} - B, \quad (3)$$

$$A = \frac{K \times \eta_m}{q \times l} \times P_1, \quad (4)$$

$$B = \frac{Q_{д}}{q \times l} \quad (5)$$

на II скорости

$$z_2 = A \times \frac{n_1}{n_2} - B,$$

на III скорости

$$z_3 = A \times \frac{n_1}{n_3} - B,$$

на IV скорости

$$z_4 = A \times \frac{n_1}{n_4} - B,$$

4. Общее число колен в колонне труб

$$Z = \frac{L}{l}, \quad (6)$$

5. Для рационального использования всех скоростей подъемника необходимо переходить на пониженные скорости подъема лишь после достижения максимально допустимых нагрузок при более высоких скоростях на I скорости

$z_1 - z_2 =$
 на II скорости
 $z_2 - z_3 =$
 на III скорости
 $z_3 - z_4 =$
 на IV скорости поднимаем остальные.

Таблица 1 Техническая характеристика подъемников АЗИНМАШ – 43 П, А-50М и АR32/40М

Скорость подъемника	Частота вращения барабана n, об/мин	Тяговое усилие кН
АЗИНМАШ – 43 П		
I	35,0	73,5
II	58,3	44,5
III	96,0	27,0
IV	159,0	16,3
А-50		
I	39,8	75,9
II	69,8	43,3
III	153	19,7
IV	268	11,3
AR32/40M		
I	35	88,2
II	58	52,3
III	96	31,5
IV	159	19,1

Исходные данные

№ вар.	L, м	Тип подъемника
1	4000	АЗИНМАШ – 43 П
2	2800	AR32/40M
3	3500	АЗИНМАШ – 43 П
4	3300	А-50
5	3200	AR32/40M
6	2900	АЗИНМАШ – 43 П
7	3100	А-50
8	3000	AR32/40M

9	4500	АзИНМАШ – 43 П
10	4100	А-50
11	4200	AR32/40М
12	4300	АзИНМАШ – 43 П
13	4400	А-50
14	2700	AR32/40М
15	2600	АзИНМАШ – 43 П
16	2400	А-50
17	2300	AR32/40М
18	2200	АзИНМАШ – 43 П
19	2850	А-50
20	2650	AR32/40М
21	2750	АзИНМАШ – 43 П
22	2950	А-50
23	3050	AR32/40М
24	3250	АзИНМАШ – 43 П
25	3300	А-50
26	3620	AR32/40М
27	3140	АзИНМАШ – 43 П
28	2860	А-50
29	3690	AR32/40М
30	4020	АзИНМАШ – 43 П

Практическое занятие 3

«Гидравлический расчет прямой промывки водой забойных песчаных пробок»

Цель работы: ознакомление с технологией проведения прямой промывки забойных песчаных пробок и приобретение навыков практических расчетов основных показателей этого процесса.

1. Теоретическая часть

Ликвидацию песчаных пробок проводят промывкой скважин водой, различными жидкостями, газожидкостными смесями, пенами, продувкой воздуха, очистки скважины с помощью струйного насоса, гидробура и желонки.

Прямая промывка скважины от песчаной пробки – процесс удаления из нее песка путем нагнетания промывочной жидкости

внутри спущенных труб и выноса размытой породы жидкостью через затрубное пространство.

Для повышения эффективности разрыхления пробок на конец колонны НКТ навинчивают различные приспособления – короткие патрубки, называемые мундштукам.

Различают прямую промывку обычную и скоростную.

Скоростная прямая промывка (рис.1) отличается от обычной тем, что в период наращивания промывочных труб процесс промывки не прекращается; это исключает оседание размытого песка и прихват промывочных труб.

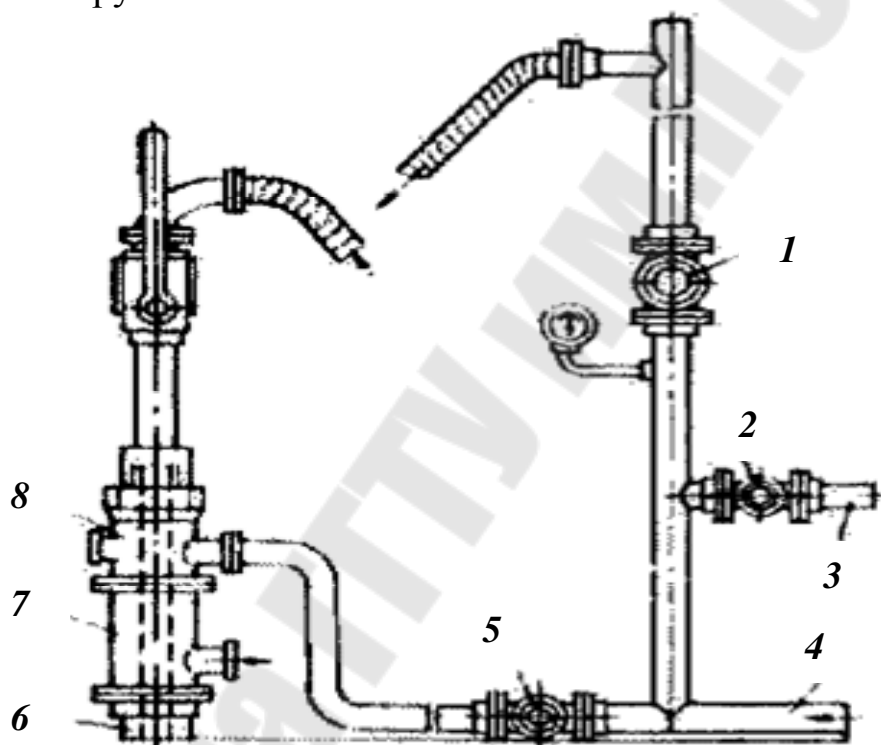


Рис. 1. Схема прямой скоростной промывки скважин для удаления песчаной пробки: 1, 2, 5 – краны; 3 – выкид; 4 – выкид от насоса; 6 – скважина; 7 – тройник; промывочная головка.

2. Расчетная часть

Задача 1

Провести гидравлический расчет прямой промывки водой 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. Промывка ведется агрегатом АЗИНМАШ-35, эксплуатационная характеристика которого приведена в таблице 1.

1. Потери давления на гидравлические сопротивления при движении жидкости в промывочных трубах

$$h_1 = \lambda \times \frac{H}{d_B} \times \frac{v_H^2}{2 \times g}, \quad \text{м вод. ст.} \quad (1)$$

где: λ - коэффициент трения при движении воды в трубах (табл.3)

d_B – внутренний диаметр промывочных труб, м

v_H – скорость нисходящего потока жидкости, м/с (табл.2)

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

$$h_2 = \varphi \times \lambda_1 \times \frac{H}{D - d_H} \times \frac{v_B^2}{2 \times g}, \quad \text{м вод. ст} \quad (2)$$

где: φ - коэффициент, учитывающий повышение гидравлических потерь давления в результате содержания песка в жидкости, равный 1,2;

λ_1 – коэффициент трения при движении воды в кольцевом пространстве, определяется по разности $(D_B - d_H)$ в мм;

v_B – скорость восходящего потока жидкости в кольцевом пространстве, м/с (табл.4)

3. Потери напора на уравнивание столбов жидкости разной плотности в промывочных трубах и в кольцевом пространстве

$$h_3 = \frac{(1 - m) \times F \times l}{f} \times \left[\frac{\rho_{п}}{\rho_{ж}} \times \left(1 - \frac{v_{кр}}{v_B}\right) - 1 \right], \quad \text{м вод.ст} \quad (3)$$

где: m – пористость песчаной пробки;

F – площадь сечения эксплуатационной колонны, см²

l – высота пробки, промытой за один прием, =12 м

f – площадь сечения кольцевого пространства скважины, см²

$\rho_{п}$ – плотность песка, = 2600 кг/м³

$\rho_{ж}$ – плотность воды, = 1000 кг/м³

$v_{кр}$ – скорость свободного падения песчинок, см/с (табл.5)

4. Потери давления на гидравлические сопротивления в шланге и вертлюге при движении воды определяется по опытным данным, приведенным в таблице 6.

$$(h_4 + h_5) =$$

5. Потери давления на гидравлические сопротивления в нагнетательной линии от насоса до шланга.

$$h_6 = \lambda \times \frac{l_n}{d_b} \times \frac{v_n^2}{2 \times g}, \text{ м вод. ст.} \quad (4)$$

где: l_n – длина нагнетательной линии, м.

6. Давление на выкиде насоса определяется суммой потерь

$$P_n = \frac{1}{10^6} \times \rho_{ж} \times g \times (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6), \text{ МПа} \quad (5)$$

где: $\rho_{ж}$ – плотность жидкость, = 1000 кг/м³.

7. Давление на забое скважины

$$P_3 = \frac{1}{10^6} \times \rho_{ж} \times g \times (H \times \rho_n + h_2 + h_3) \text{ МПа} \quad (6)$$

где: H – глубина скважины, м.

8. Мощность, необходимая для промывки песчаной пробки

$$N = \frac{P_n \times Q}{10^3 \times \eta_a}, \text{ кВт} \quad (7)$$

где: $\eta_a = 0,65$ – общий механический КПД агрегата

Q – подача жидкости при скоростях, л/с

Агрегат АЗИНМАШ-35 имеет максимальную мощность двигателя 110 кВт, а поэтому работа его на IV скорости невозможна

9. Коэффициент использования максимальной мощности промывочного агрегата K определяется из соотношения

$$K = \frac{N}{N_{\max}} \times 100\%, \quad (8)$$

10. Скорость подъема размытого песка v_{Π} определяется как разность скоростей

$$v_{\Pi} = v_B - v_{кр} \quad (9)$$

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

$$t = \frac{H}{v_{\Pi}}, \text{ с} \quad (10)$$

12. Размывающая сила струи жидкости.

$$P = 2 \times 10^3 \times \frac{Q^2}{F \times f_{ц}}, \text{ кПа} \quad (11)$$

где: Q – подача агрегата при скоростях, л/с;
 $f_{ц}$ – площадь поперечного сечения струи скважины, = 30,2
 см²

Таблица 1 Техническая характеристика агрегата АЗИНМАШ-35

Включенная скорость	Номинальная частота вращения двигателя, об/мин	Число двойных ходов плунжера в мин	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 2 Скорость нисходящего потока жидкости в промывочных трубах (v_n , см/с)

Расход жидкости, л/с	Диаметр труб, мм			
	60	73	89	114
1	49,5	33,1	22,0	12,6
2	99,0	66,2	44,0	25,2
3	148,5	99,3	66,0	37,8
4	198,0	132,4	88,0	50,4
5	247,5	165,5	110,0	66,0
6	297,0	198,6	132,0	75,6
7	346,5	231,7	154,0	88,2
8	396,0	264,8	176,0	100,8
10	495,0	331,0	220,0	126,0

Таблица 3 Коэффициент гидравлического сопротивления λ для воды

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

Таблица 4 Скорость движения жидкости в кольцевом пространстве
(в см/с)

Расход жидкости, л/с	Диаметр эксплуатационной колонны, мм						
	114		141		168		
	Диаметр НКТ, мм						
	60	73	60	73	60	73	89
3	59,0	79,8	30	34,5	20,2	22,2	26,2
4	78,8	106,4	40	46,0	27,0	29,6	34,9
5	98,4	133,0	50	57,5	33,8	37,0	43,6
6	118,0	159,6	60	69,0	40,5	44,5	52,3
7	137,8	186,2	70	80,5	47,3	51,8	61,1
8	157,6	212,8	80	92,0	54,0	59,2	69,8
10	197,0	266,0	100	115,0	67,5	74,0	87,2

Таблица 5 Критическая скорость песчинок $v_{кр}$

Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с	Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с	Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с
0,01	0,01	0,17	2,14	0,45	4,90
0,03	0,07	0,19	2,39	0,50	5,35
0,05	0,19	0,21	2,60	0,60	6,25
0,07	0,36	0,23	2,80	0,70	7,07
0,09	0,60	0,25	3,00	0,80	7,89
0,11	0,90	0,30	3,50	0,90	8,70
0,13	1,26	0,35	3,97	1,00	9,50
0,15	1,67	0,40	4,44	1,20	11,02

Таблица 6 Гидравлические потери напора в шланге и вертлюге

Расход воды, л/с	Потери напора, м вод.ст	Расход воды, л/с	Потери напора, м вод.ст
3	4	7	22
4	8	8	29
5	12	9	36
6	17	10	50

Исходные данные

№№	H , м	D , мм	d_n , мм	m	F , см ²	f , см ²	l_n , м
1	2000	168	73	0,3	177	135	40
2	2100	141	60	0,1	156	127	30
3	2500	168	89	0,2	177	144	50
4	3000	168	73	0,15	177	144	40
5	2450	141	60	0,3	156	127	30
6	2150	168	89	0,25	177	144	50
7	2600	168	89	0,22	177	144	50
8	2700	168	89	0,2	177	144	50
9	2850	141	60	0,18	156	127	30
10	2900	141	60	0,26	156	127	30
11	2750	141	60	0,27	156	127	30
12	2800	168	73	0,28	177	135	40
13	2950	168	73	0,25	177	135	40
14	2050	168	73	0,24	177	135	40
15	2000	168	73	0,2	177	135	40
16	2200	141	60	0,3	156	127	30
17	2300	141	60	0,15	156	127	30
18	2400	141	60	0,19	156	127	30
19	2450	168	89	0,18	177	144	50
20	2350	168	89	0,27	177	144	50
21	2250	168	89	0,25	177	144	50
22	2050	168	73	0,3	177	144	50
23	2650	168	73	0,28	177	144	50
24	2700	168	73	0,24	177	144	50
25	2100	168	73	0,29	177	144	50
26	2350	168	73	0,21	177	144	30
27	2860	141	60	0,28	156	127	40
28	2970	141	60	0,26	156	127	30
29	2130	141	60	0,17	156	127	30
30	2550	168	89	0,18	177	144	50

Для всех $\delta_1 = 1$ мм – максимальный размер песчинок (зерен), составляющих пробку ; $\delta_2 = 9$ мм – толщина стенки эксплуатационной колонны; $\delta_3 = 5,5$ мм – толщина стенки НКТ.

Задача 2

Провести гидравлический расчет прямой промывки нефтью 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. Промывка ведется агрегатом АЗИНМАШ-35, эксплуатационная характеристика которого приведена в таблице 1.

Промывочная жидкость – нефть с кинематической вязкостью $\nu = 0,4 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ и плотностью (таблица с исходными данными)

1. Потери давления на гидравлические сопротивления при движении жидкости в промывочных трубах

1.1 Определим параметр Рейнольдса при работе на скоростях I, II, III, IV.

$$\text{Re} = \frac{v_{\text{н}} \times d_{\text{в}}}{\nu}, \quad (1)$$

1.2 Определим коэффициенты трения при работе:

$$\lambda_1 = \frac{64}{\text{Re}} \quad \lambda_2 = \frac{64}{\text{Re}} \quad \lambda_3 = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad \lambda_4 = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad (2)$$

Тогда потери давления на гидравлические сопротивления при движении жидкости в промывочных трубах

$$h_1 = \lambda \times \frac{H}{d_{\text{в}}} \times \frac{v_{\text{н}}^2}{2 \times g}, \text{ м вод. ст.} \quad (3)$$

где: $d_{\text{н}}$ – наружный диаметр промывочных труб, м

$v_{\text{н}}$ – скорость нисходящего потока жидкости, м/с (табл. 2).

2. Сопротивления при движении смеси жидкости с песком в кольцевом пространстве.

2.1 Параметр Рейнольдса

$$\text{Re}_i = \frac{v_{\text{в}i} \times (D_{\text{в}} - d_{\text{н}})}{\nu}, \quad (4)$$

При ламинарном режиме

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}_i}, \quad (5)$$

$$h_2 = \varphi \times \lambda \times \frac{H}{D_B - d_H} \times \frac{v_B^2}{2 \times g}, \text{ м вод. ст.} \quad (6)$$

где: φ - коэффициент, учитывающий повышение гидравлических потерь давления в результате содержания песка в жидкости, равный 1,2;

λ – коэффициент трения при движении воды в кольцевом пространстве;

v_B – скорость восходящего потока жидкости в кольцевом пространстве, м/с (табл.4).

3. Потери напора на уравнивание столбов жидкости разности плотностей жидкостей в промывочных трубах и в кольцевом пространстве

$$h_3 = \frac{(1 - m) \times F \times l}{f} \times \left[\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} \times \left(1 - \frac{v_{\text{кр}}}{v_B}\right) - 1 \right], \text{ м вод.ст.} \quad (7)$$

где: m – пористость песчаной пробки;

F – площадь сечения эксплуатационной колонны, см²

l - высота пробки, промытой за один прием, =12 м

f - площадь сечения кольцевого пространства скважины

$\rho_{\text{п}}$ – плотность песка, = 2600 кг/м³

$\rho_{\text{н}}$ – плотность нефти

$v_{\text{кр}}$ – скорость свободного падения песчинок, см/с (табл.5)

4. Потери давления на гидравлические сопротивления в шланге и вертлюге при движении воды определяется по опытным данным, приведенным в таблице 6.

$$(h_4 + h_5) =$$

5. Потери давления на гидравлические сопротивления в нагнетательной линии от насоса до шланга будут такие же, как и при прямой промывке.

$$h_6 = \lambda \times \frac{l_H}{d_B} \times \frac{v_H^2}{2 \times g}, \text{ м вод. ст.} \quad (8)$$

где: l_H – длина нагнетательной линии, м.

6. Давление на выкиде насоса определяется суммой потерь

$$P_n = \frac{1}{10^6} \times \rho_{\text{ж}} \times g \times (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6), \text{ МПа} \quad (9)$$

7. Давление на забое скважины с учетом относительной плотности промывочной жидкости (нефти)

$$P_z = \frac{1}{10^6} \times \rho_{\text{ж}} \times g \times (H \times \rho_{\text{н}} + h_2 + h_3), \text{ МПа} \quad (10)$$

где: H – глубина скважины, м.

8. Мощность, необходимая для промывки песчаной пробки

$$N = \frac{P_{\text{н}} \times Q}{10^3 \times \eta_a}, \text{ кВт} \quad (11)$$

где: $\eta_a = 0,65$ – общий механический КПД агрегата;

Q – подача насоса, л/с.

Агрегат АЗИНМАШ-35 имеет максимальную мощность двигателя 110 кВт, а поэтому работа его на IV скорости невозможна

9. Коэффициент использования максимальной мощности промывочного агрегата K определяется из соотношения

$$K = \frac{N}{N_{\text{max}}} \times 100\%. \quad (12)$$

Таблица 1 Техническая характеристика агрегата АЗИНМАШ-35

Включенная скорость	Номинальная частота вращения двигателя, об/мин	Число двойных ходов плунжера в мин	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 2 Скорость нисходящего потока жидкости в промывочных трубах ($v_{\text{н}}$, см/с)

Расход жидкости, л/с	Диаметр труб, мм			
	60	73	89	114
1	49,5	33,1	22,0	12,6
2	99,0	66,2	44,0	25,2
3	148,5	99,3	66,0	37,8
4	198,0	132,4	88,0	50,4
5	247,5	165,5	110,0	66,0
6	297,0	198,6	132,0	75,6

7	346,5	231,7	154,0	88,2
8	396,0	264,8	176,0	100,8
10	495,0	331,0	220,0	126,0

Таблица 3 Коэффициент гидравлического сопротивления λ для воды

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

Таблица 4 Скорость движения жидкости в кольцевом пространстве
(в см/с)

Расход жидкости, л/с	Диаметр эксплуатационной колонны, мм						
	114		141		168		
	Диаметр НКТ, мм						
	60	73	60	73	60	73	89
3	59,0	79,8	30	34,5	20,2	22,2	26,2
4	78,8	106,4	40	46,0	27,0	29,6	34,9
5	98,4	133,0	50	57,5	33,8	37,0	43,6
6	118,0	159,6	60	69,0	40,5	44,5	52,3
7	137,8	186,2	70	80,5	47,3	51,8	61,1
8	157,6	212,8	80	92,0	54,0	59,2	69,8
10	197,0	266,0	100	115,0	67,5	74,0	87,2

Таблица 5 Критическая скорость песчинок $v_{кр}$

Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с	Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с	Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с
0,01	0,01	0,17	2,14	0,45	4,90
0,03	0,07	0,19	2,39	0,50	5,35
0,05	0,19	0,21	2,60	0,60	6,25
0,07	0,36	0,23	2,80	0,70	7,07
0,09	0,60	0,25	3,00	0,80	7,89
0,11	0,90	0,30	3,50	0,90	8,70
0,13	1,26	0,35	3,97	1,00	9,50
0,15	1,67	0,40	4,44	1,20	11,02

Таблица 6 Гидравлические потери напора в шланге и вертлюге

Расход воды, л/с	Потери напора, м вод.ст	Расход воды, л/с	Потери напора, м вод.ст
3	4	7	22
4	8	8	29
5	12	9	36
6	17	10	50

Исходные данные

№№	H , м	D , мм	d_n , мм	m	F , см ²	f , см ²	l_n , м
1	2000	168	73	0,3	177	135	40
2	2100	141	60	0,1	156	127	30
3	2500	168	89	0,2	177	144	50
4	3000	168	73	0,15	177	144	40
5	2450	141	60	0,3	156	127	30
6	2150	168	89	0,25	177	144	50
7	2600	168	89	0,22	177	144	50
8	2700	168	89	0,2	177	144	50
9	2850	141	60	0,18	156	127	30
10	2900	141	60	0,26	156	127	30
11	2750	141	60	0,27	156	127	30
12	2800	168	73	0,28	177	135	40
13	2950	168	73	0,25	177	135	40
14	2050	168	73	0,24	177	135	40
15	2000	168	73	0,2	177	135	40
16	2200	141	60	0,3	156	127	30
17	2300	141	60	0,15	156	127	30
18	2400	141	60	0,19	156	127	30
19	2450	168	89	0,18	177	144	50
20	2350	168	89	0,27	177	144	50
21	2250	168	89	0,25	177	144	50
22	2050	168	73	0,3	177	144	50
23	2650	168	73	0,28	177	144	50
24	2700	168	73	0,24	177	144	50
25	2100	168	73	0,29	177	144	50
26	2350	168	73	0,21	177	144	30

27	2860	141	60	0,28	156	127	40
28	2970	141	60	0,26	156	127	30
29	2130	141	60	0,17	156	127	30
30	2550	168	89	0,18	177	144	50

Для всех $\delta_1 = 1$ мм – максимальный размер песчинок (зерен), составляющих пробку ; $\delta_2 = 9$ мм – толщина стенки эксплуатационной колонны; $\delta_3 = 5,5$ мм – толщина стенки НКТ.

Практическое занятие 4

«Гидравлический расчет обратной промывки нефтью забойных песчаных пробок»

Цель работы: ознакомление с технологией проведения обратной промывки забойных песчаных пробок и приобретение навыков практических расчетов основных показателей этого процесса.

1. Теоретическая часть

Ликвидацию песчаных пробок проводят промывкой скважин водой, различными жидкостями, газожидкостными смесями, пенами, продувкой воздуха, очистки скважины с помощью струйного насоса, гидробура и желонки.

Обратная промывка скважин – процесс удаления песка из скважин с нагнетанием промывочной жидкости в затрубное пространство и направлением восходящего потока жидкости через промывочные трубы. Устье скважины оборудуют сальником, который с помощью фланца 10 прикрепляется к тройнику или крестовине (рис.1). Корпус 8 сальника изготавливают из металлического патрубка с приваренным отводом 9 для присоединения выкидной линии промывочного агрегата. Внутри корпуса приварен конус 7, заклинивающий резиновое уплотнение 6. на верхнюю его часть навинчена гайка 1 с ручками 2 для сжатия резинового уплотнения и посадки на ее колонны промывочных труб с элеватором при наращивании очередной трубы. Шпилька 4, шайба 5 и кольцо 3 с резиновым уплотнение изготавливаются как одно целое в специальной пресс-форме.

Сальник действует подобно самоуплотняющемуся поршню. Давление промывочной жидкости распирает резиновое уплотнение и тем самым герметизирует затрубное пространство.

Обратная промывка по сравнению с прямой имеет следующие преимущества:

- 1) большая скорость восходящего потока;
- 2) вынос более крупных фракций песка;
- 3) диаметр скважины не влияет на скорость выноса песчинок;
- 4) нахождение выносимой породы в промывочных трубах, а чистой жидкости в кольцевом пространстве устраняет возможность прихвата труб;

- 5) достаточная скорость выноса размывого песка достигается при сравнительно малых расходах жидкости.

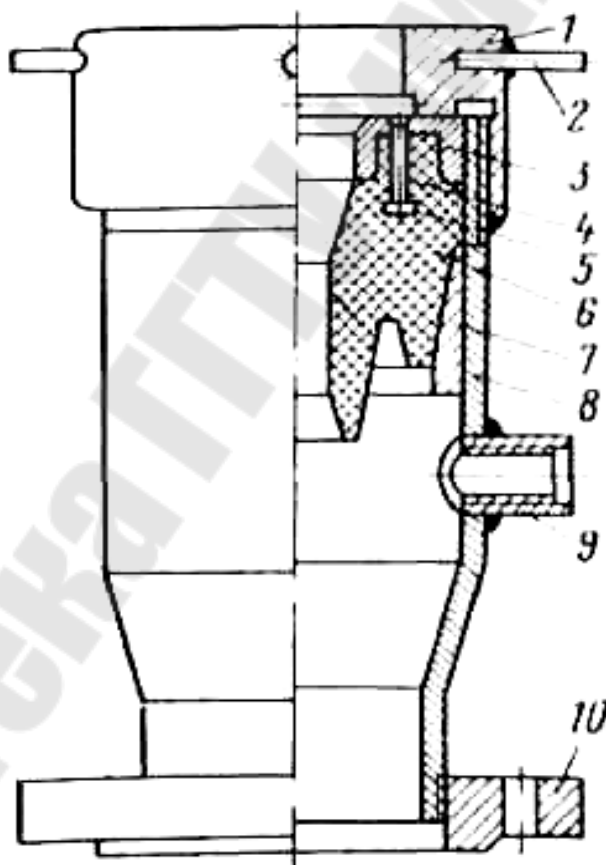


Рис. 1 Сальник для обратной промывки скважин

1 – гайка с ручками; 3 – кольцо; 4 – шпилька; 5 – шайба; 6 – резиновое уплотнение; 7 – конус; 8 – корпус сальника; 9 – отвод для присоединения выкидной линии промывочного агрегата; 10 – фланец.

К недостаткам:

- 1) необходимость применения специального оборудования для герметизации устья;
- 2) меньшая интенсивность размыва пробки;
- 3) невозможность применения мундштуков.

2. Расчетная часть

Провести гидравлический расчет обратной промывки нефтью 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. Промывка ведется агрегатом АЗИНМАШ-35, эксплуатационная характеристика которого приведена в таблице 1.

Промывочная жидкость – нефть с кинематической вязкостью $\nu = 0,4 \times 10^{-4} \text{ м/с}^2$ и плотностью (таблица с исходными данными)

1. Потери давления на гидравлические сопротивления при движении жидкости в промывочных трубах

1.1 Определим параметр Рейнольдса при работе на скорости I, II, III, IV.

$$\text{Re}_i = \frac{v_{Bi} \times (D_B - d_H)}{\nu}, \quad (1)$$

1.2 Определим коэффициенты трения при работе:

При ламинарном режиме

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}_i}, \quad (2)$$

$$h_1 = \lambda \times \frac{H}{D_B - d_H} \times \frac{v_H^2}{2 \times g}, \text{ м вод. ст.} \quad (3)$$

где: d_H – наружный диаметр промывочных труб, м;

v_H – скорость нисходящего потока жидкости, м/с (табл. 4)

2. Сопротивления при движении смеси жидкости с песком в кольцевом пространстве.

2.1 Параметр Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{v_H \times d_B}{\nu}, \quad (4)$$

2.2 Определим коэффициенты трения при работе:

$$\lambda_1 = \frac{64}{\text{Re}} \quad \lambda_2 = \frac{64}{\text{Re}} \quad \lambda_3 = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad \lambda_4 = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}}, \quad (5)$$

$$h_2 = \varphi \times \lambda \times \frac{H}{d_b} \times \frac{v_H^2}{2 \times g}, \quad \text{м вод. ст} \quad (6)$$

где: φ - коэффициент, учитывающий повышение гидравлических потерь давления в результате содержания песка в жидкости, равный 1,2;

λ - коэффициент трения при движении воды в кольцевом пространстве;

v_B - скорость восходящего потока жидкости в кольцевом пространстве, м/с (табл.2).

3. Потери напора на уравнивание столбов жидкости разности плотностей жидкостей в промывочных трубах и в кольцевом пространстве

$$h_3 = \frac{(1-m) \times F \times l}{f_{\text{ц}}} \times \left[\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{н}}} \times \left(1 - \frac{v_{\text{кр}}}{v_B}\right) - 1 \right], \quad \text{м вод.ст} \quad (7)$$

где: m - пористость песчаной пробки;

F - площадь сечения эксплуатационной колонны, см²;

l - высота пробки, промытой за один прием, =12 м;

$f_{\text{ц}} = 30,2$ см² - площадь поперечного сечения струи жидкости, нагнетаемой в скважину;

$\rho_{\text{п}}$ - плотность песка, = 2600 кг/м³;

$\rho_{\text{н}}$ - плотность нефти;

$v_{\text{кр}}$ - скорость свободного падения песчинок, см/с (табл.5).

4. Гидравлические потери давления в шланге h_4 и вертлюге h_5 ничтожно малы, поэтому ими пренебрегаем.

5. Потери давления на гидравлические сопротивления в нагнетательной линии аналогичны потерям при прямой промывке, принимаем такие как и при прямой промывке.

6. Давление на выкиде насоса определяется суммой потерь

$$P_n = \frac{1}{10^6} \times \rho_{\text{ж}} \times g \times (h_1 + h_2 + h_3 + h_6), \quad \text{МПа} \quad (8)$$

7. Давление на забое скважины с учетом относительной плотности промывочной жидкости (нефти)

$$P_3 = \frac{1}{10^6} \times \rho_{\text{ж}} \times g \times (H \times \rho_{\text{н}} + h_2 + h_3), \quad \text{МПа} \quad (9)$$

8. Мощность, необходимая для промывки песчаной пробки

$$N = \frac{P_n \times Q}{10^3 \times \eta_a}, \quad \text{кВт} \quad (10)$$

где: $\eta_a = 0,65$ – общий механический КПД агрегата;

Q – подача насоса, л/с.

Агрегат АЗИНМАШ-35 имеет максимальную мощность двигателя 110 кВт, а поэтому работа его на IV скорости невозможна.

9. Коэффициент использования максимальной мощности промывочного агрегата K определяется из соотношения

$$K = \frac{N}{N_{\max}} \times 100\% \quad (11)$$

Таблица 1 Техническая характеристика агрегата АЗИНМАШ-35

Включенная скорость	Номинальная частота вращения двигателя, об/мин	Число двойных ходов плунжера в мин	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 2 Скорость нисходящего потока жидкости в промывочных трубах (v_n , см/с)

Расход жидкости, л/с	Диаметр труб, мм			
	60	73	89	114
1	49,5	33,1	22,0	12,6
2	99,0	66,2	44,0	25,2
3	148,5	99,3	66,0	37,8
4	198,0	132,4	88,0	50,4
5	247,5	165,5	110,0	66,0
6	297,0	198,6	132,0	75,6
7	346,5	231,7	154,0	88,2
8	396,0	264,8	176,0	100,8
10	495,0	331,0	220,0	126,0

Таблица 3 Коэффициент гидравлического сопротивления λ для воды

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

Таблица 4 Скорость движения жидкости в кольцевом пространстве (в см/с)

Расход жидкости, л/с	Диаметр эксплуатационной колонны, мм						
	114		141		168		
	Диаметр НКТ, мм						
	60	73	60	73	60	73	89
3	59,0	79,8	30	34,5	20,2	22,2	26,2
4	78,8	106,4	40	46,0	27,0	29,6	34,9
5	98,4	133,0	50	57,5	33,8	37,0	43,6
6	118,0	159,6	60	69,0	40,5	44,5	52,3
7	137,8	186,2	70	80,5	47,3	51,8	61,1
8	157,6	212,8	80	92,0	54,0	59,2	69,8
10	197,0	266,0	100	115,0	67,5	74,0	87,2

Таблица 5 Критическая скорость песчинок $v_{кр}$

Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с	Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с	Макс. размер зерен, мм	Скорость свободного падения, см/с
0,01	0,01	0,17	2,14	0,45	4,90
0,03	0,07	0,19	2,39	0,50	5,35
0,05	0,19	0,21	2,60	0,60	6,25
0,07	0,36	0,23	2,80	0,70	7,07
0,09	0,60	0,25	3,00	0,80	7,89
0,11	0,90	0,30	3,50	0,90	8,70
0,13	1,26	0,35	3,97	1,00	9,50
0,15	1,67	0,40	4,44	1,20	11,02

Исходные данные

№№	H , м	D , мм	d_n , мм	m	F , см ²	f , см ²	l_n , м
1	2000	168	73	0,3	177	135	40
2	2100	141	60	0,1	156	127	30
3	2500	168	89	0,2	177	144	50
4	3000	168	73	0,15	177	144	40
5	2450	141	60	0,3	156	127	30
6	2150	168	89	0,25	177	144	50
7	2600	168	89	0,22	177	144	50
8	2700	168	89	0,2	177	144	50
9	2850	141	60	0,18	156	127	30
10	2900	141	60	0,26	156	127	30
11	2750	141	60	0,27	156	127	30
12	2800	168	73	0,28	177	135	40
13	2950	168	73	0,25	177	135	40
14	2050	168	73	0,24	177	135	40
15	2000	168	73	0,2	177	135	40
16	2200	141	60	0,3	156	127	30
17	2300	141	60	0,15	156	127	30
18	2400	141	60	0,19	156	127	30
19	2450	168	89	0,18	177	144	50
20	2350	168	89	0,27	177	144	50
21	2250	168	89	0,25	177	144	50
22	2050	168	73	0,3	177	144	50
23	2650	168	73	0,28	177	144	50
24	2700	168	73	0,24	177	144	50
25	2100	168	73	0,29	177	144	50
26	2350	168	73	0,21	177	144	30
27	2860	141	60	0,28	156	127	40
28	2970	141	60	0,26	156	127	30
29	2130	141	60	0,17	156	127	30
30	2550	168	89	0,18	177	144	50

Для всех $\delta_1 = 1$ мм – максимальный размер песчинок (зерен), составляющих пробку ; $\delta_2 = 9$ мм – толщина стенки эксплуатационной колонны; $\delta_3 = 5,5$ мм – толщина стенки НКТ.

Практическое занятие 5
«Расчет крепления призабойной зоны цементным
и цементно-песчаным растворами»

Цель работы: ознакомление с технологией цементирования скважин и приобретение навыков практических расчетов основных показателей этого процесса.

1. Теоретическая часть

В процессе эксплуатации пластов, сложенных рыхлыми, слабосцементированными породами, в скважину из пласта вместе с жидкостью поступает много песка. Если скорость восходящего потока жидкости недостаточна для подъема песчинок, то они осаждаются на забое, скапливаются или полностью перекрывающую отверстия фильтра и уменьшающую поступление жидкости из пласта. Кроме того, это приводит к забиванию труб песком и их прихвату, заклиниванию плунжеров.

Для уменьшения пескопроявления и предотвращения нарушения призабойной зоны скважин используют следующие методы.

1. Крепление призабойной зоны скважин водоцементным раствором, цементнопесчаной смесью, химическими реагентами, пластмассами; создание гравийных и других фильтров.

2. Применение штанговых скважинных насосов специальной конструкции (например, типа пескобрей); хвостовиков из труб малого диаметра, спускаемых до середины фильтра; полых штанг; скребков-завихрителей и других приспособлений, обеспечивающих вынос на поверхность песка.

3. Создание в НКТ скоростей восходящего потока жидкости, обеспечивающих вынос песка на дневную поверхность, за счет подлива в затрубное пространство малодебитных скважин, свободной от песка, нефти и воды, обработанной ПАВ.

**Крепление пород призабойной зоны водоцементным
раствором**

Сущность метода заключается в закачке цементного раствора в призабойную зону скважины. В зависимости от поглотительной способности скважины и толщины пласта производят 1-3 заливки. Цементный раствор заполняет пустоты и трещины в породе, твердеет

и тем самым закрепляет породу. Однако при этом несколько снижается проницаемость призабойной зоны.

Перед работами по цементированию скважины необходимо произвести расчет процесса цементирования. Цементирование скважины проводят так же, как и цементирование под давлением через трубы с вымыванием излишков цементного раствора и оставлением скважины в покое на срок, необходимый для твердения цемента. По истечении этого срока ее вводят в эксплуатацию.

Крепление пород призабойной зоны цементнопесчаным раствором.

Метод основан на создании в призабойной зоне проницаемой и устойчивой к размыву массы из цемента и песка.

Для приготовления цементнопесчаного раствора применяют чистый песок с зернами размером 0,2-0,4 мм и тампонажный цемент. Массовое соотношение сухого цемента и песка составляет 1 к 3.

Перед заливкой скважины определяют: объем цементнопесчаного раствора, необходимого для крепления призабойной зоны скважины, количество сухого цемента, песка и воды.

Цементнопесчаный раствор готовят следующими способами:

- 1) постепенной засыпкой песка с интенсивным перемешиванием в заранее приготовленный цементный раствор;
- 2) готовят в сухом виде цементнопесчаную смесь, затем затворяют водой в гидравлической мешалке.

Первый способ предпочтительнее, так как при этом получают более равномерную смесь (цемент – песок – вода).

Технологический процесс крепления скважин цементнопесчаным раствором такой же, как при креплении цементным раствором. Различие заключается только в способах приготовления раствора.

2. Расчетная часть

Задача 1

Для крепления призабойной зоны скважины цементным раствором требуется определить количество сухого цемента, количество воды для затворения цемента и продавки цементного раствора в пласт, а также давление и время его закачки в пласт.

1. Объем закрепляемой зоны

$$V = 0,785 \times (D_k^2 - D_n^2) \times h \times m, \quad \text{м}^3 \quad (1)$$

где: $D_k = 1$ – диаметр зоны крепления, м;

m – условная пористость закрепляемой зоны

Примем давление на устье равным 1 МПа при поглощении 0,5 м³/мин воды, что примерно соответствует условной пористости $m = 0,75$

2. Масса сухого цемента

Плотность цементного раствора

$$\rho_{ц.р} = \frac{3 \times \rho_{ц} \times \rho_{в}}{2 \times \rho_{в} + \rho_{ц}}, \quad \text{кг/м}^3 \quad (2)$$

$$5 G_{ц} = \frac{3}{2} \times V \times \rho_{ц.р}, \quad \text{кг} \quad (3)$$

Учитывая возможные потери в процессе цементирования, количество сухого цемента увеличивают на 5-10%, т.е.

$$Q_{ц} = G_{ц} + 7\%, \quad \text{кг} \quad (4)$$

3. Количество воды, необходимое для затворения цемента при водоцементном факторе 0,5

$$Q_{в} = \frac{Q_{ц}}{2}, \quad \text{кг} \quad (5)$$

4. Количество воды, необходимое для продавки цементного раствора в пласт

$$V_{г} = 0,785 \times [d^2 \times L + D_{в}^2 \times (H - L)], \quad \text{м}^3 \quad (6)$$

где: $D_{г}$ – внутренний диаметр эксплуатационной колонны, м

5. Общее количество потребной воды

$$Q_{в}^1 = Q_{в} + V_{в}, \quad \text{м}^3 \quad (7)$$

6. Продолжительность закачки цементного раствора в скважину и продавки его в пласт

$$t = \frac{V + V_{в}}{q} \quad (\text{с}) \quad (8)$$

где: q – подача агрегата, равная 14,8 дм³/с

Исходные данные

№ п/п	H, м	h, м	L, м
1	1620	10	1600
2	1800	10,5	1780
3	1900	11	1880
4	2100	13	2080
5	2600	12,5	2580
6	2500	11,5	2480
7	2300	9	2280
8	2200	6	2180
9	2400	15	2380
10	2700	14	2680
11	2800	13	2780
12	2900	12	2880
13	3000	11	3980
14	3500	13,5	3480
15	3100	14,5	3080
16	3450	16,5	3430
17	3350	18,5	3330
18	3300	18	3280
19	2860	19	2840
20	2460	20	2440
21	2180	12,5	2160
22	1980	13,5	1960
23	2530	14	2510
24	2180	12	2160
25	2380	20	2360
26	2440	16	2420
27	2790	12	2770
28	2180	15	2160
29	2560	17	2540
30	3000	18	2980

Для всех вариантов:

Наружный диаметр эксплуатационной колонны $D_n = 168$ мм,

внутренний диаметр заливочных труб $d = 76$ мм,

плотность сухого цемента $\rho_{ц} = 3,15$ кг/м³,

плотность воды $\rho_{в} = 1$ кг/м³.

Задача 2

Для крепления призабойной зоны скважины цементно-песчаным раствором требуется определить количество сухого цемента и песка, количество воды для затворения цемента и продавки его в пласт.

1. Объем цементно-песчаной смеси, необходимой для укрепления зоны разрушения пород

$$V = 0,785 \times (D_k^2 - D_n^2) \times h \times m + 0,785 \times D_g^2 \times h, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где: $D_k = 0,75$ – диаметр зоны крепления, м

$m = 1$ – условная пористость закрепляемой зоны

2. Масса сухого цемента

Плотность цементного раствора

$$\rho_{ц.р} = \frac{6 \times \rho_{ц} \times \rho_{в} \times \rho_{п}}{3 \times \rho_{в} \times \rho_{ц} + \rho_{п} \times \rho_{в} + 2 \times \rho_{ц} \times \rho_{п}}, \text{ кг/м}^3 \quad (2)$$

$$G_{ц} = \frac{1}{6} \times V \times \rho_{ц.р}, \text{ кг} \quad (3)$$

Учитывая возможные потери в процессе цементации, количество сухого цемента увеличивают на 10%, т.е.

$$Q_{ц} = G_{ц} + 10\%, \text{ кг} \quad (4)$$

Дополнительное количество сухого цемента для приготовления $0,5 \text{ м}^3$ цементного раствора плотностью $\rho_{ц.р} = 1,84 \text{ кг/м}^3$

$$G_{ц}^1 = \frac{2}{3} \times V \times \rho_{ц.р}, \text{ кг} \quad (5)$$

Общее количество потребного цемента

$$Q_{ц.р.} = Q_{ц} + G_{ц}^1, \text{ кг} \quad (6)$$

Необходимое количество песка

$$Q_{п} = 3 \times Q_{ц}, \text{ кг} \quad (7)$$

3. Количество воды, необходимое для затворения цементно-песчаной смеси

$$Q_{в} = \frac{Q_{ц.р.}}{2} + \frac{Q_{п}}{2}, \text{ кг} \quad (8)$$

4. Количество воды, необходимое для продавки цементно-песчаного раствора в призабойную зону скважины определяется объемом заливочных труб

$$V_{в} = 0,785 \times d^2 \times L, \text{ м}^3 \quad (9)$$

5. Общее количество потребной воды

$$V_{в.о} = Q_{в} + V_{в}, \text{ м}^3 \quad (10)$$

6. Продолжительность закачки цементного раствора в скважину и продавки его в пласт

$$t = \frac{V + V_{\text{в}}}{q}, \text{ с} \quad (11)$$

где: q – подача агрегата, равная 14,8 дм³/с

Исходные данные

№ п/п	H, м	h, м	L, м
1	1620	10	1600
2	1800	10,5	1780
3	1900	11	1880
4	2100	13	2080
5	2600	12,5	2580
6	2500	11,5	2480
7	2300	9	2280
8	2200	6	2180
9	2400	15	2380
10	2700	14	2680
11	2800	13	2780
12	2900	12	2880
13	3000	11	3980
14	3500	13,5	3480
15	3100	14,5	3080
16	3450	16,5	3430
17	3350	18,5	3330
18	3300	18	3280
19	2860	19	2840
20	2460	20	2440
21	2180	12,5	2160
22	1980	13,5	1960
23	2530	14	2510
24	2180	12	2160
25	2380	20	2360
26	2440	16	2420
27	2790	12	2770
28	2180	15	2160
29	2560	17	2540
30	3000	18	2980

Для всех вариантов:

Наружный диаметр эксплуатационной колонны $D_H = 141$ мм;

внутренний диаметр заливочных труб $d = 62$ мм;

плотность сухого цемента $\rho_c = 3,15$ кг/м³;

плотность воды $\rho_v = 1$ кг/м³;

плотность песка $\rho_n = 2,65$ кг/м³.

Список литературы

1. Сулейманов А.Б., Карапетов К.А., Яшин Я. С. Техника и технология капитального ремонта скважин / А. Б. Сулейманов [и др.]. – М: Недра, 1987 – 422 с.
2. Лаврушко П. Н. Подземный ремонт скважин / П. Н. Лаврушко – М: Недра, 1968 – 365 с.
3. Гамазов О. Д. Справочник по капитальному ремонту нефтяных и газовых скважин / О. Д. Гамазов – М: Недра, 1973 – 475 с.
4. Юрчук А.М. Расчеты в добыче нефти / А.М. Юрчук [и др.]. – М: Недра, 1979 – 270 с.
5. Горкин К.Г. Расчеты в технологии и технике добычи нефти / К.Г. Горкин [и др.]. – М: Недра, 1987 – 300 с.
6. Сборник задач по технологи и технике нефтедобычи. Учебное пособие. Мищенко И.Т., Сахаров В.А., Грон В. Г., Богомольный Г.И.. - М: Недра, 1984. - 272с.

Козырева Светлана Владимировна

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОГО
РЕМОНТА СКВАЖИН**

**Практикум
по одноименному курсу
для слушателей специальности 1-51 02 71
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
заочной формы обучения**

Подписано в печать 20.09.13.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,1.

Изд. № 13.

<http://www.gstu.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48