

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Разработка и эксплуатация
нефтяных месторождений и транспорт нефти»

С. В. Козырева

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОГО РЕМОНТА СКВАЖИН

ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу
для студентов специальности 1-51 02 02
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2009

УДК 622.276.34(075.8)
ББК 33.131я73
К59

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 28.06.2007 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений и транспорт нефти» ГГТУ им. П. О. Сухого *А. В. Захаров*

Козырева, С. В.

К59

Технология подземного ремонта скважин : практикум по одному курсу для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» днев. и заоч. форм обучения / С. В. Козырева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 65 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://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Приводится расчет показателей технологического процесса промывки забойных песчаных пробок, определение времени подъема труб при спускоподъемных операциях, расчет показателей цементирования скважин. Включает теоретическую часть и примеры решения задач.

Для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» дневной и заочной форм обучения.

УДК 622.276.34(075.8)
ББК 33.131я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

Предисловие

Цель методических указаний к лабораторным занятиям по курсу – дать расширенные теоретические знания студентам.

В методических указаниях включены задачи по основным изучаемым темам курса. В начале каждой лабораторной работы приводятся краткие теоретические аспекты изучаемой темы, далее – расчет задачи и исходные данные для индивидуального решения. Основная цель задач для индивидуального решения – самостоятельный поиск студентами оптимальных решений.

Методические указания по практическим занятиям поможет студентам закреплять теоретический материал, изучаемый на лекциях.

Студент на практических занятиях работает по следующей схеме:

1. изучает теоретические аспекты рассматриваемой темы
2. изучаются условия и исходные данные индивидуального задания
3. расчеты проводятся в тетради, должны быть аккуратно оформлены, написаны четким почерком, без помарок
4. решенное индивидуальное задание представляется к защите.

Индивидуальное задание выбирается по номеру группы и номеру студента в учебном журнале.

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

$$\alpha = \frac{l_0}{\delta} - c, \quad (\text{витков}) \quad (3)$$

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

4. Диаметр бочки барабана с учетом навиваемых слоев каната определяем

$$d = d_0 + \delta + 1.87 \times \delta \times m, \quad (\text{м}) \quad (4)$$

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

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

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
С-80/ЛТ-11KM	I	1,5	1,2
	II	1,5	1,2
	III		1,2
	IV		1,3

Исходные данные

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

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 $Q_0 = 5$ кН, длина одного колена труб $l = 16$ м, КПД $\eta_m = 0,86$.

1. Вес груза на крюке:

$$Q = q \times L + Q_0, \text{ (Н)} \quad (1)$$

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

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

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

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

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 АР32/40М

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
АР32/40М		
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	AR32/40M
12	4300	АЗИНМАШ – 43 П
13	4400	А-50
14	2700	AR32/40M
15	2600	АЗИНМАШ – 43 П
16	2400	А-50
17	2300	AR32/40M
18	2200	АЗИНМАШ – 43 П
19	2850	А-50
20	2650	AR32/40M
21	2750	АЗИНМАШ – 43 П
22	2950	А-50
23	3050	AR32/40M
24	3250	АЗИНМАШ – 43 П
25	3300	А-50
26	3620	AR32/40M
27	3140	АЗИНМАШ – 43 П
28	2860	А-50
29	3690	AR32/40M
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 внутрь 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.

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.

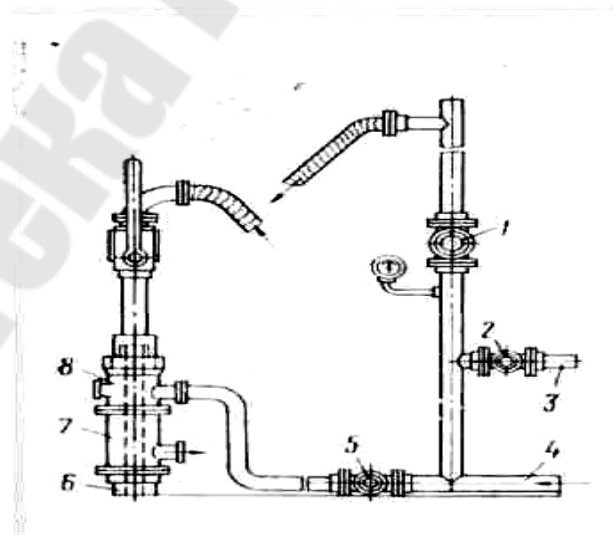


рис. 1. Схема прямой скоростной промывки скважин для удаления песчаной пробки: 1, 2, 5 – краны; 3 – выкид; 4 – выкид от насоса; 6 – скважина; 7 – тройник; промывочная головка.

2. Расчетная часть

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

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

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

d_g - внутренний диаметр промывочных труб, м

v_n - скорость нисходящего потока жидкости, м/с (табл.2)

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

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

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 $(D_g - d_n)$ в мм;

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

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

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

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
 ρ_n – плотность песка, = 2600 кг/м³
 $\rho_{жс}$ – 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.

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

где: l_n – длина нагнетательной линии, м.

6. Давление на выкиде насоса определяется суммой потерь

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

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

7. Давление на забое скважины

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

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_n определяется как разность скоростей

$$V_n = V_s - V_{кр} \quad (9)$$

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

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

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.

Практическое занятие 4 «Гидравлический расчет обратной промывки водой 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.

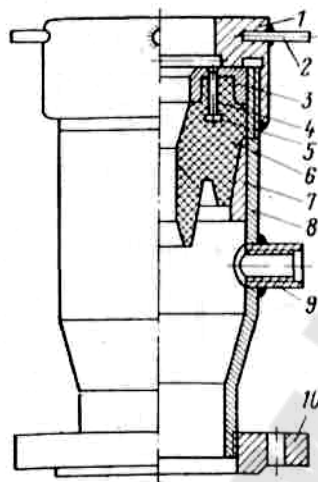


рис. 1 Сальник для обратной промывки скважин

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.

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.

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 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

$$h_1 = \lambda_1 \times \frac{H}{D_e - d_n} \times \frac{v_n^2}{2 \times g}, \text{ м вод. ст.} \quad (1)$$

где: λ_1 - коэффициент трения при движении воды в трубах; (табл. 3);

d_n - наружный диаметр промывочных труб, м;

v_n - скорость нисходящего потока жидкости, м/с (табл. 2).

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

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

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_e - скорость восходящего потока равна v_n при прямой промывке, а поэтому в расчетах используется скорости, найденные ранее по таблице 2, м/с.

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

$$h_3 = \frac{(1 - m) \times F \times l}{f_u} \times \left[\frac{\rho_n}{\rho_{жс}} \times \left(1 - \frac{v_{кр}}{v_e} \right) - 1 \right], \text{ м вод.ст} \quad (3)$$

где: m - пористость песчаной пробки;

F - площадь сечения эксплуатационной колонны, см²;

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

f_u - площадь внутреннего сечения труб, = 30,2 см²;

ρ_n – плотность песка, = 2600 кг/м³;

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

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

4. Гидравлические потери давления в шланге и вертлюге отсутствуют.
5. Потери давления на гидравлические сопротивления в нагнетательной линии от насоса до шланга будут такие же, как и при прямой промывке.

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

где: l_n – длина нагнетательной линии, м.

6. Давление на выкиде насоса определяется суммой потерь

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

7. Давление на забое скважины

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

где: H – глубина скважины, м.

8. Мощность, необходимая для промывки песчаной пробки

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

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

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

13. Скорость подъема размытого песка v_n определяется как разность скоростей

$$v_n = v_v - v_{кр} \quad (9)$$

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

$$t = \frac{H}{v_n} \quad (\text{с}) \quad (10)$$

15. Размывающая сила струи жидкости.

$$P = 2 \times 10^2 \times \frac{Q^2}{F \times f_1}, \quad \text{кПа} \quad (11)$$

где: Q – подача агрегата насоса, л/с

f_1 – площадь поперечного сечения струи скважины, = 135 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

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 «Гидравлический расчет прямой промывки нефтью 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 внутрь спущенных труб и выноса размывтой 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.

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 размывтого песка и прихват промывочных труб.

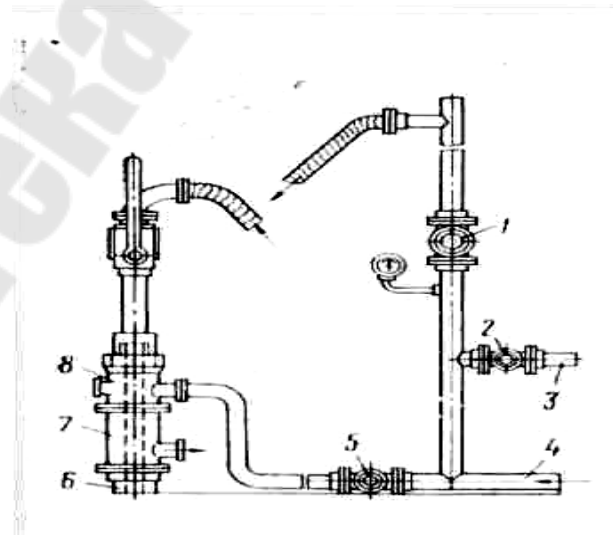


рис. 1. Схема прямой скоростной промывки скважин для удаления песчаной пробки: 1, 2, 5 – краны; 3 – выкид; 4 – выкид от насоса; 6 – скважина; 7 – тройник; промывочная головка.

2. Расчетная часть

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 $\nu = 0,4 \times 10^{-4} \text{ м/с}^2$ 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 скоростях I, II, III, IV.

$$\text{Re} = \frac{v_n \times d_e}{\nu}, \quad (1)$$

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

$$h_1 = \lambda_i \times \frac{H}{d_e} \times \frac{v_n^2}{2 \times g}, \text{ м вод. ст.} \quad (3)$$

где: d_n – наружный диаметр промывочных труб, м

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

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

2.1 Параметр Рейнольдса

$$\text{Re}_i = \frac{v_{e_i} \times (D_e - d_n)}{\nu}, \quad (4)$$

При ламинарном режиме

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

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

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_e – 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

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

где: m – пористость песчаной пробки;

F – площадь сечения эксплуатационной колонны, см²

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

f – площадь сечения кольцевого пространства скважины

ρ_n – плотность песка, = 2600 кг/м³

ρ_n – плотность нефти

$v_{кр}$ – 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 будут такие же, как и при прямой промывке.

$$h_6 = \lambda \times \frac{l_n}{d_e} \times \frac{v_n^2}{2 \times g}, \quad \text{м вод. ст.} \quad (8)$$

где: l_n – длина нагнетательной линии, м.

6. Давление на выкиде насоса определяется суммой потерь

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

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

$$P_z = \frac{1}{10^6} \times \rho_{жс} \times g \times (H \times \rho_n + h_2 + h_3), \quad \text{МПа} \quad (11)$$

где: H – глубина скважины, м.

8. Мощность, необходимая для промывки песчаной пробки

$$N = \frac{P_n \times Q}{10^3 \times \eta_a}, \quad \text{кВт} \quad (12)$$

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

$$K = \frac{N}{N_{\max}} \times 100 \%, \quad (13)$$

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.

Практическое занятие 6 «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 уплотнением 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.

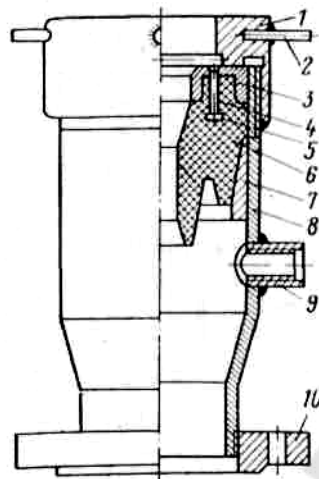


рис. 1 Сальник для обратной промывки скважин

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.

Обратная промывка по сравнению с прямой имеет следующие преимущества:

- 6) большая скорость восходящего потока;
- 7) вынос более крупных фракций песка;
- 8) диаметр скважины не влияет на скорость выноса песчинок;
- 9) нахождение выносимой породы в промывочных трубах, а чистой жидкости в кольцевом пространстве устраняет возможность прихвата труб;
- 10) достаточная скорость выноса размытого песка достигается при сравнительно малых расходах жидкости.

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.

$$\text{Re}_i = \frac{v_{\epsilon_i} \times (D_{\epsilon} - d_n)}{\nu}, \quad (1)$$

1.2 Определим коэффициенты трения при работе:

При ламинарном режиме

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

$$h_1 = \lambda \times \frac{H}{D_{\epsilon} - d_n} \times \frac{v_n^2}{2 \times g}, \text{ м вод. ст.} \quad (3)$$

где: d_n – наружный диаметр промывочных труб, м;

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

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

2.1 Параметр Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{v_n \times d_{\epsilon}}{\nu}, \quad (4)$$

2.2 Определим коэффициенты трения при работе:

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

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

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;

$v_в$ – скорость восходящего потока жидкости в кольцевом пространстве, м/с (табл.2).

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

$$h_3 = \frac{(1 - m) \times F \times l}{f_u} \times \left[\frac{\rho_n}{\rho_н} \times \left(1 - \frac{v_{кр}}{v_в}\right) - 1 \right], \text{ м вод.ст} \quad (7)$$

где: m – пористость песчаной пробки;

F – площадь сечения эксплуатационной колонны, см²;

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

$f_u = 30,2$ см² – площадь поперечного сечения струи жидкости, нагнетаемой в скважину;

ρ_n – плотность песка, = 2600 кг/м³;

$\rho_н$ – плотность нефти;

$v_{кр}$ – 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

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

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

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

8. Мощность, необходимая для промывки песчаной пробки

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

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 7

«Расчет чистки песчаных пробок гидробуром»

Цель работы: ознакомление с технологией чистки забойных песчаных пробок при помощи гидробура и приобретение навыков практических расчетов основных показателей этого процесса.

1. Теоретическая часть

Песчаные пробки из скважин можно удалять и без спуска промывочных труб. Для этой цели применяют гидробур (рис.1), спускаемый на канате.

После удара о пробку гидробур приподнимают на 2-3 м и вновь ударяют долотом о ее поверхность. Во время очередного подъема плунжер засасывает жидкость с песком из-под долота, затем песок попадает в желонку, а жидкость – в поршневой насос. При таких ударах в несколько приемов в гидробур засасывается осевшая на забое песчаная пробка.

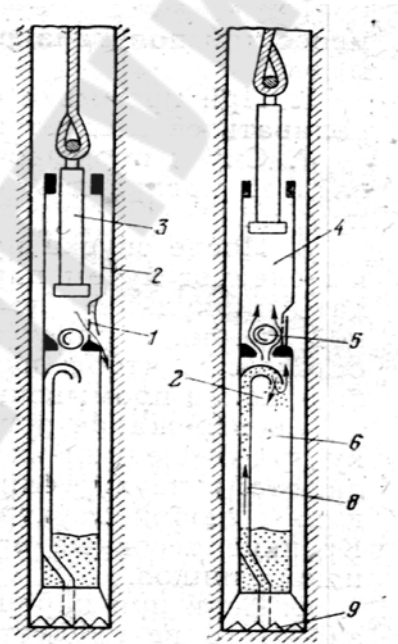


рис.1 Беструбный гидробур

1 – боковой клапан; 2 – корпус насоса; 3 – плунжер; 4 – плунжерный насос; 5 – шариковый клапан; 6 – корпус желонки; 7 – желонка; 8 – центральная трубка; 9 – долото

Во избежание образования петель каната в колонне или большого его натяга и обрыва рекомендуется работы проводить на 1 или 2 скорости подъемника.

2. Расчетная часть

Определить необходимую мощность двигателя и время на чистку песчаной пробки гидробуром.

Принять $\rho_n = 2000 \text{ кг/м}^3$ - плотность породы и $\rho_{жс} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - плотность воды.

1. Эффективная мощность двигателя

$$N = \frac{P \times v}{\eta_{об}}, \quad \text{Дж/с} \quad (1)$$

где: P - натяжение ходового конца каната, Н;

v - скорость навивки на барабан, м/с;

$\eta_{об}$ = общий механический КПД = 0,74;

D - диаметр навивки каната на барабан, м;

n - частота вращения барабана лебедки (табл.1).

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{60}, \quad (2)$$

Спуск и подъем гидробура осуществляется напрямую, а поэтому натяжение каната P равно весу поднимаемого груза Q , а скорость навивки каната равна скорости подъема гидробура.

2. Вес груза

$$Q = q \times L + G, \text{ Н} \quad (3)$$

где: $q = 7,95 \text{ Н}$ - вес 1 м стального каната диаметром 15,5 мм;

$L = 1190 \text{ м}$ - средняя глубина спуска гидробура.

$$G = G_1 + G_2, \text{ Н} \quad (4)$$

где: $G_1 = 1960 \text{ Н}$ - вес гидробура;

G_2 - вес песка и жидкости в гидробуре, Н.

$$G_2 = (V_{жс} \times \rho_n + V_n \times \rho_{жс}) \times g, \text{ Н} \quad (5)$$

где: $V_{жс} = 0,033 \text{ м}^3$ - рабочий объем желонки;

$V_n = 0,0045 \text{ м}^3$ - объем жидкости в цилиндре насоса.

3. Диаметр навивки каната колеблется от D_{\min} до D_{\max} , где D_{\max} - максимальный диаметр навивки каната при полностью поднятом гидробуре = 80 см; D_{\min} - минимальный диаметр навивки каната при положении гидробура на забое:

$$D_{\min} = \sqrt{D_{\max}^2 - \frac{110 \times d^2 \times L}{B - d}}, \text{ м} \quad (6)$$

где: B – ширина барабана, равная 91 см;
 $d = 1,55$ см

Таблица 1 Техническая характеристика подъемника ЛТ11КМ-80

Скорость подъемника	Частота вращения барабана n , об/мин	Тяговое усилие кН	Средняя скорость намотки каната, м/с
1	34	68,0	0,74
2	54	42,7	1,18
3	107	21,6	2,34
4	170	13,6	3,72

Исходные данные

№п/п	H , м	D , мм	h
1	1200	168	20
2	1500	168	15
3	1700	168	16
4	2000	168	17
5	2100	168	18
6	3500	114	19
7	4500	114	20
8	3200	114	21
9	2700	114	22
10	2600	114	23
11	4150	141	24
12	4000	141	25
13	3000	141	26
14	3300	141	27
15	1900	141	28
16	4500	168	29
17	4250	168	30
18	3560	168	15
19	2980	114	14
20	3700	114	13

21	3600	114	12
22	4150	141	11
23	2950	141	10
24	2550	141	9
25	3100	168	20
26	2950	168	10
27	2820	168	15
28	2750	141	18
29	2630	141	16
30	2120	141	13

Практическое занятие 8

«Расчет чистки песчаных пробок струйным насосом»

Цель работы: ознакомление с технологией чистки забойных песчаных пробок при помощи струйного насоса и приобретение навыков практических расчетов основных показателей этого процесса.

1. Теоретическая часть

Промывку скважин струйными аппаратами применяют в тех случаях, когда эксплуатационная колонна имеет дефекты либо разрабатываемый пласт сильно дренирован. Установка для промывки скважин состоит из струйного насоса, концентрично расположенных труб и поверхностного оборудования (шланга, вертлюга, приспособления для подлива воды).

Струйный аппарат (рис.1) представляет собой инжектор, состоящий из диффузора 3, сопла 4 и размывочной головки 6. При упоре размывочной головки о песчаную пробку механический клапан 5 открывается, и жидкость подается через кольцевое пространство к размывочной головке. Вода и размывочный песок транспортируется по внутренней трубе на поверхность. Если пробка промыта, механический клапан закрывается и вода в пласт не поступает.

В сдвоенных трубах 2 внутренняя труба подвешена на точечных опорах без резьбовых соединений. Герметизируется внутренняя колонна резиновыми уплотнителями 1. При спуске внешней колонны одновременно наращивается внутренняя.

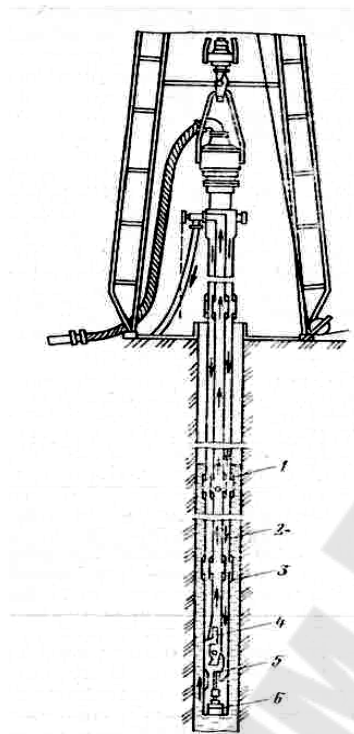


рис.1 Схема струйного аппарата

1 – резиновый уплотнитель; 2 – трубы; 3 – диффузор; 4 – сопло;
5 – механический клапан; 6 – размывочная головка.

2. Расчетная часть

Расчет провести на основании следующих данных: глубина скважины H , м; диаметр эксплуатационной колонны $D = 150$ мм; мощность песчаной пробки h м; размывочное приспособление состоит из трех сопел диаметром $\delta = 4$ мм каждое; промывочные трубы сдвоенные, размером 60 x 48 мм. Для промывки применить промывочный агрегат АЗИНМаш-35, техническая характеристика которого представлена в таблице 1.

1. Размывающая струя жидкости при этом будет:

$$P = 2,04 \times \frac{Q^2 \times g}{f \times F}, \text{ Н/см}^2 \quad (1)$$

где: Q – подача агрегата, л/с
 $f = 38 \text{ мм}^2$ или $0,38 \text{ см}^2$ – площадь поперечного сечения струи жидкости, выходящей из сопел;
 $F = 177 \text{ см}^2$ – площадь внутреннего сечения 150-мм колонны

2. Время, затрачиваемая на промывку 1 м песчаной пробки

$$T_1 = \frac{V}{h \times Q_{\partial.n.}} + \frac{t_p}{l} + \frac{29,5 \times 10^{-4} \times H \left(0,125 \times \frac{F_k}{f} - 0,05\right) \times \left(0,125 \times \frac{F_k}{f} + 2,2\right)}{\left(0,125 \times \frac{F_k}{f} + 0,95\right) \times Q_{\partial}} , \text{мин/м} \quad (2)$$

где: $\frac{V}{hQ_{\partial.n.}} = \frac{1,77}{Q_{\partial}}$

где: $t_p = 3$ мин – время размыва пробки;

l – средняя длина промывочной трубы, м;

$Q_{\partial} = 0,75$ л/с – количество жидкости, отбираемое из скважины струйным насосом;

$Q_{\partial.n.} = \frac{Q_{\partial}}{6}$ – количество песка в жидкости, отбираемое

струйным насосом в единицу времени;

$\frac{F_k}{f} = 1,93$ - геометрический параметр.

3. Относительный расход струйного насоса

$$U = \frac{Q_{\partial}}{Q_p} = 0,125 \times \frac{F_k}{f} - 0,05 , \quad (3)$$

4. Для промывки 20 м песчаной пробки потребуется времени

$$T = T_1 \times 20 , \text{ мин} \quad (4)$$

5. При использовании для промывки пробки сдвоенных труб 60 х 48 мм выигрыши во времени на СПО составят, мин

$$\Delta T = \left(\frac{H-h}{l}\right)(t_1 - t_1^1) + \frac{H}{l}(t_2 - t_2^1) , \text{ мин} \quad (5)$$

где: $t_1 = 2,1$ мин – время на спуск одной сдвоенной трубы 73х48 мм;

$t_1^1 = 1,7$ мин – время на спуск одной трубы 60 х 48 мм

$t_2 = 2,8$ мин – время на подъем одной трубы 73 х 48 мм

$t_2^1 = 2,3$ мин – время на подъем одной трубы 60 х 48 мм.

Таблица 1 Техническая характеристика промывочного 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

Исходные данные

№ п/п	H, м	h, м	l, м
1	2500	20	7
2	3500	15	7
3	2700	19	7
4	3100	17	7
5	3200	18	8
6	2800	13	8
7	2900	10	8
8	2400	11	7
9	3000	12	7
10	3200	13	7
11	3300	14	8
12	3250	15	8
13	3150	16	8
14	2550	17	8
15	2600	18	7
16	2670	19	7
17	2890	20	7
18	2850	21	7
19	2740	22	8
20	3690	23	8
21	3520	20,5	8
22	2940	17	8
23	2760	18	7
24	2830	16	7

25	3060	14	7
26	3260	13	7
27	3090	19	8
28	3470	15	8
29	3500	17	8
30	2900	20	8

Практическое занятие 9

«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, слабощементированными 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 малодобитных 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 приготавливают 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

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

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

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

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

где: $D_в$ – 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

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

где: q – подача агрегата, равная $14,8 \text{ дм}^3/\text{с}$

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 $D_n = 168 \text{ мм}$,
внутренний диаметр заливочных труб $d = 76 \text{ мм}$,
плотность сухого цемента $\rho_{\text{ц}} = 3,15 \text{ кг/м}^3$,

плотность воды $\rho_e = 1 \text{ кг/м}^3$.

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

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

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

$m = 1$ – условная пористость закрепляемой зоны

2. Масса сухого цемента

Плотность цементного раствора

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

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

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

$$Q_ц = G_ц + 10\%, \quad \text{кг} \quad (4)$$

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

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

Общее количество потребного цемента

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

Необходимое количество песка

$$Q_n = 3 \times Q_ц, \quad \text{кг} \quad (7)$$

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

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

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

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

5. Общее количество потребной воды

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

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

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

где: q – подача агрегата, равная $14,8 \text{ дм}^3/\text{с}$

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 $\rho_{ц} = 3,15$ кг/м³;

плотность воды $\rho_{в} = 1$ кг/м³;

плотность песка $\rho_{п} = 2,65$ кг/м³.

Практическое занятие 10

«Расчет крепления призабойной зоны фенолформальдегидной смолой»

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

1. Теоретическая часть

После проведения подготовительных работ (очистка забоя, замер глубины забоя, статического уровня и температуры, определения поглотительной способности скважины, проверка состояния эксплуатационной колонны, спуск заливочных труб с пакером и герметизация устья) процесс обработки состоит в последовательном выполнении следующих операций:

- 1) при наличии в скважине воды в заливочную колонну нагнетают нефть для вытеснения из скважины воды;
- 2) вслед за нефтью в эти трубы закачивают требуемый объем смолы;
- 3) вытесняют в пласт из заливочной колонны смолу соответствующим объемом нефти; срок продавки в пласт смолы не должен превышать 6 часов;
- 4) после продавки в пласт смолы освобождают пакер и из скважины поднимают примерно 100 м труб;
- 5) закачивают в заливочную колонну 0,25 м³ воды, чтобы смыть со стенок труб пленку смолы;

- 6) для затвердевания смолы в скважину оставляют в состоянии покоя;
- 7) по истечению срока замеряют глубину забоя и уровень жидкости в скважине;
- 8) определяют плотность поглотительную способность скважины и осваивают ее методом плавного запуска. При этом отбор жидкости в первые дни освоения скважины снижают на 20-30% от среднего отбора до обработки. Через 10-15 дней работы режим откачки усиливают, постепенно доводя его до установленной нормы отбора жидкости.

2. Расчетная часть

Задача 1.

Рассчитать крепление пород призабойной зоны фенолформальдегидной смолой в условиях забойной температуры $T = 353 \text{ K}$.

1. Определим объемное количество смолы, которое равно объему порового пространства зоны крепления

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

где: $D_n = 168$ – наружный диаметр эксплуатационной колонны, мм;

$D_k = 1$ – внешний диаметр зоны крепления, м;

h – эффективная мощность пласта, м;

$m = 0,4$ – коэффициент пористости породы призабойной

зоны

2. Объем продажной нефти

$$V_n = 0,785 \times (d^2 \times L + D_e^2 \times (L_\phi - L)), \quad \text{м}^3 \quad (2)$$

где: $D_e = 150$ – внутренний диаметр эксплуатационной колонны, мм;

L – длина заливочных труб, м;

L_ϕ – глубина нижних отверстий фильтра, м

$$L_\phi = L + 20, \text{ м}$$

3. Объем продажной нефти с учетом глубины статического уровня

$$V_n = 0,785 \times (d^2 \times (L - h_{cm}) + D_e^2 \times (L_\phi - L)), \quad \text{м}^3 \quad (3)$$

где: $h_{cm} = 1060$ – глубина статического уровня, м.

Исходные данные

№ п/п	L, м	h, м
1	2230	5
2	2130	15
3	2270	6
4	2350	12
5	2410	8
6	2580	11
7	2620	9
8	2730	7
9	2840	23
10	2950	10
11	2100	3
12	2600	5
13	2800	8
14	2400	10
15	2190	12
16	2280	14
17	2360	16
18	2440	18
19	2550	20
20	2650	22
21	2750	6
22	2150	7
23	2350	9
24	2595	11
25	2100	13
26	2430	15
27	2690	17
28	2760	19
29	2500	21
30	2800	23

Задача 2

При низкой температуре для затвердевания смолы требуется длительное время (до 30 сут). В присутствии соляной кислоты и при относительно низких температурах смола затвердевает в более короткие сроки. Затвердеванию смолы препятствует углекислый

кальций, необходимо предварительно обработать соляной кислотой. Для этого в зону крепления сначала закачивают 15% раствор соляной кислоты, а затем смолу, причем в смолу перед закачкой добавляют небольшое количество 15% соляной кислоты. После продавливания нефтью смолы в пласт для ускорения затвердевания смолы в скважину закачивают 20% соляную кислоту, которую продавливают в пласт водой.

При обработке скважин с температурой забоя ниже 330 К кроме определения количества смолы и продавочной жидкости необходимо рассчитать также количество соляной кислоты в соответствии с ее назначением.

1. Количество 15% соляной кислоты

$$V_{15} = \frac{h \times c \times \rho_n}{9,65}, \quad \text{м}^3 \quad (1)$$

где: h – эффективная мощность пласта, м;

$c = 6\%$ - содержание в породе пласта углекислого кальция;

$\rho_n = 2$ - относительная плотность песка призабойной зоны.

Этот раствор соляной кислоты закачивается отдельными порциями в 6-12 приемов через каждые 30-60 мин.

2. Остаток кислоты из заливочных труб и эксплуатационной колонны продавливается в пласт легкой нефтью в объеме

$$V_n = 0,785 \times (d^2 \times L + D_g^2 \times (L_\phi - L)), \quad \text{м}^3 \quad (2)$$

где: $D_g = 150$ – внутренний диаметр эксплуатационной колонны, мм;

L – длина заливочных труб, м;

$d = 62$ – внутренний диаметр заливочных труб, мм

L_ϕ – глубина нижних отверстий фильтра, м.

$$L_\phi = L + 10, \quad \text{м}$$

3. Количество смолы для обработки скважины

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

где: $D_n = 168$ – наружный диаметр эксплуатационной колонны, мм;

$D_k = 1$ – внешний диаметр зоны крепления, м;

$m = 0,4$ – коэффициент пористости породы призабойной зоны.

4. Количество 15% соляной кислоты для добавки к смоле, принимая 50 л на 1 м³ составит

$$V_{15}^1 = \frac{(V_c \times 50)}{1000}, \text{ м}^3 \quad (4)$$

5. Для продавливания смолы в пласт потребуется нефти

$$V_n^1 = 0,785 \times (d^2 \times (L - h_{cm}) + D_e^2 \times (L_\phi - L)), \text{ м}^3 \quad (5)$$

где: $h_{cm} = 400$ – глубина статического уровня, м.

6. Соляной кислоты 20%, которая служит катализатором при застывании смолы с температурой ниже 330 К, берут в двое больше, чем смолы

$$V_{20} = 2 \times V_c, \text{ м}^3 \quad (6)$$

7. На обработку данной скважины потребуется следующее количество товарной соляной кислоты

$$G_k = \frac{(V_{15} + V_{15}^1) \times 1,075 \times 15}{z} + \frac{V_{20} \times 1,1 \times 20}{z}, \text{ м}^3 \quad (7)$$

где: $z = 27\%$ - процентное содержание HCl в товарной соляной кислоте;

1,075- относительная плотность 15% раствора соляной кислоты;

1,1 – то же для 20% раствора соляной кислоты

Исходные данные

№ п/п	h, м	L, м
1	10	1000
2	10,5	1200
3	11	1300
4	13	1500
5	12,5	1600
6	11,5	1400
7	9	1150
8	6	1250
9	15	1350
10	14	1450
11	13	1550

12	12	1120
13	11	1170
14	13,5	1190
15	14,5	1230
16	16,5	1260
17	18,5	1280
18	18	1360
19	19	1340
20	20	1370
21	12,5	1410
22	13,5	1460
23	14	1450
24	12	1490
25	13	1530
26	15	1540
27	17	1520
28	19	1640
29	21	1680
30	23	1660

Практическое занятие 11

«Зарезка и бурение второго ствола скважины»

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

1. Теоретическая часть

Зарезка и бурение второго ствола – метод восстановления скважин, которые известными способами отремонтировать технически невозможно или экономически нецелесообразно. Этот метод позволяет восстанавливать скважины на тех участках, где по условиям и состоянию разработки пласта бурение новых сложно или нерентабельно, а также восстанавливать сетку скважин для пластов, подверженных методам искусственного воздействия с целью создания равномерной сетки в пределах разрабатываемого объекта, что имеет большое значение для повышения эффективности разработки залежи.

Работы по зарезке и бурению второго ствола состоят из следующих основных этапов:

- 1) выбор интервала в колонне для вскрытия окна;
- 2) спуск и крепление отклонителя в колонне;
- 3) вскрытие окна в колонне;
- 4) бурение второго ствола;
- 5) подготовка и спуск эксплуатационной колонны или «хвостовика»
- 6) цементирование колонны (разобщение пластов);
- 7) испытание колонны на герметичность.

Выбор интервала в колонне для вскрытия окна

При выборе глубины вскрытия окна в колонне необходимо учитывать конструкцию скважины, характер залегающих пород, техническое состояние колонны и т.д.

Если в скважине предусмотрены две или несколько колонн, то интервал для вскрытия окна выбирают на такой глубине, чтобы работы производились в одной колонне в разрезе, выраженном глинистыми породами.

Спуск и крепление отклонителя в колонне

Отклонитель – инструмент, предназначенный для обеспечения необходимого отклонения райберов при вскрытии окна в колонне и придающий начальное направление буровому инструменту при забуривании второго ствола. Он представляет собой плоский или желобобразный клин, спускаемый в скважину на бурильных трубах. Тип отклонителя выбирают с учетом диаметра колонны и ее состояния.

Вначале колонну обследуют печатью, диаметр которой должен быть на 10-12 мм меньше внутреннего диаметра колонны. Затем спускают направление

После этого с помощью локатора муфт или гидравлического расширителя определяют местонахождение двух или трех муфт обсадной колонны, между которыми предполагается вскрыть окно.

Вскрытие окна в колонне

Для вскрытия окна в колонне, через которое в последующем предполагается забурить второй ствол, применяют комплект трех фрезеров-райберов типа ФРС. В целях ускорения процесса вскрытия окна в колонне вместо комплекта трех фрезеров-райберов применяют комбинированный райбер, райбер фрезер типа РПМ и другие, обеспечивающие за один рейс полное вскрытие окна в колонне.

После вскрытия в эксплуатационной колонне приступают к процессу бурения второго ствола.

После окончания бурения второго ствола и проведения электрометрических работ приступают к работам по разобщению пластов, сущность которых заключается в креплении стенок скважины обсадными трубами и последующем их цементировании для предохранения от обвалов и изоляции пластов.

Работы выполняемые для спуска эксплуатационной колонны или хвостовика, подразделяется на 4 этапа: подготовка бурового оборудования, подготовка обсадных труб, подготовка ствола скважины и спуск колонны.

2. Расчетная часть

Задача 1

Выбрать конструкцию скважины, восстанавливаемой методом зарезки второго ствола, диаметр эксплуатационной колонны D . Зарезку и бурение второго ствола намечено произвести с глубины H .

1. Определим диаметр долота, которым будем бурить второй ствол

$$D\delta = D - 2 \times \delta, \text{ мм} \quad (1)$$

где: δ – толщина стенки, 7 мм

2. Определим диаметр спускаемой колонны (хвостовика).

Размеры δ_1 приведены в таблице 1

Таблица 1

Диаметр колонны, мм	97	118	140	190	214	243	269
Зазор δ_1 , мм	12	14,5	13	22	34	37,5	50,5

$$D_k = D\delta - 2 \times \delta_1, \text{ мм} \quad (2)$$

Значение зазора δ_2 составит

$$\delta_2 = D - D_k, \text{ мм} \quad (3)$$

3. Определим диаметр райбера

$$D_p = D\delta + (2 \div 3), \text{ мм} \quad (4)$$

Он соответствует технической характеристике райберов, применяемых для вскрытия окна в колонне, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 Техническая характеристика райберов, применяемых для вскрытия окна в колонне

Шифр фрезера-райбера	Условный диаметр обсадной колонны	Основные размеры			Масса, кг
		Наибольший диаметр	Наименьший диаметр	длина	
ФРС-146-1	146	110	47	340	12,0
ФРС-146-2		120	62	425	20,5
ФРС-146-3		120	95	431	25,5
ФРС-168-1	168	130	50	380	26,0
ФРС-168-2		142	70	496	40,0
ФРС-168-3		142	110	500	46,0
ФРС-219-1	219	160	62	452	44,0
ФРС-291-2		174	76	640	73,5
ФРС-291-3		192	148	580	100,0
ФРС-273-1	273	192	74	545	70,0
ФРС-273-2		225	111	740	147,0
ФРС-273-3		245	190	672	180,0

На основании расчетных данных по таблице 3 выбираем отклонитель

Таблица 3 Техническая характеристика отклонителей

Тип отклонителя	Наружный диаметр, мм	Длина отклонителя, мм	Длина желоба, мм	Угол скоса клина
ОЗС-146	108	4500	2500	2° 30'
ОЗС-1-168	136	4900	2600	2° 30'
ОТ-219	168	4600	2800	3° 00'
ОТ-273	225	4800	3000	3° 00'

4. Определим диаметр шаблона и его длину

$$Dш = D_{откл} + (3 \div 4), \text{ мм} \quad (5)$$

$$Lш = L_{откл} + (2 \div 3), \text{ мм} \quad (6)$$

Задача 2

Определить длину окна вскрываемого комбинированным райбером в 168- мм эксплуатационной колонне с толщиной стенки, равной 11 мм. В скважину спущен желобообразный отклонитель марки ОЗС1-168.

1. Длину окна определяем по формуле

$$l = D_{вн} \times ctg \alpha - \frac{d_1 - d_2}{2 \times \sin \alpha} + \frac{h}{2}, \quad \text{мм} \quad (1)$$

где: $D_{вн}$ – внутренний диаметр прорезанной колонны, мм;

α – угол скоса клина отклонителя

d_1 – наибольший диаметр райбера;

d_2 – наименьший диаметр райбера.

Исходные данные для задачи 1

№п/п	Диаметр эксплуатационной колонны, мм	H, м
1	168	1860
2	168	1860
3	168	1860
4	168	1860
5	168	1860
6	168	1860
7	146	1200
8	146	1200
9	146	1200
10	146	1200
11	146	1200
12	219	2520
13	219	2520
14	219	2520
15	219	2520
16	219	2520
17	273	3180
18	273	3180
19	273	3180
20	273	3180
21	273	3180
22	168	1860
23	146	1200
24	273	3180
25	168	1860
26	146	1200
27	219	2520
28	273	3180
29	219	2520
30	146	1200

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 технологии 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 студентов специальности 1-51 02 02
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано в печать 14.08.09.

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

Ризография. Усл. печ. л. 3,95. Уч.-изд. л. 3,75.

Изд. № 167.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.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.