



Э.В. Бабаян  
А.В. Черненко

# Инженерные расчеты при БУРЕНИИ



Издательство  
«Инфра-Инженерия»



**БИБЛИОТЕКА НЕФТЕГАЗОДОБЫТЧИКА  
И ЕГО ПОДРЯДЧИКОВ (SERVICE)**

**Э.В. Бабаян, А.В. Черненко**

# **ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ БУРЕНИИ**

*Учебно-практическое пособие*

**Москва  
Инфра-Инженерия  
2016**

УДК 622.323.002.5  
ББК 33.131я73  
Б 12

**Бабаян Э.В., Черненко А.В.**

Б 12 Инженерные расчеты при бурении. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 440 с.

ISBN 978-5-9729-0108-1

Представлены формулы, расчетные зависимости с примерами вычислений в современной системе единиц по всем главным разделам строительства и ремонта скважин. Расчетные зависимости поэтапно, шаг за шагом, дают возможность обосновать режимные параметры многочисленных технологических операций, которые имеют место при углублении ствола и его креплении.

Издание предназначено инженерам-практикам, преподавателям, аспирантам и студентам. Книга станет полезным пособием при составлении курсовых и дипломных работ.

*Подписано в печать 27.11.2015. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Таймс». Объем 25 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ №1209*

***Издательство «Инфра-Инженерия»***

*Тел.: 8(911)512-48-48. Тел./факс: 8(8172)75-15-54. E-mail: infra-e@yandex.ru  
Сайт: www.infra-e.ru*

**Издательство  
приглашает к сотрудничеству авторов  
научно-технической литературы**

© Бабаян Э.В., Черненко А.В., авторы, 2016  
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2016

ISBN 978-5-9729-0108-1

## Содержание

Предисловие.....	3
<b>1. Терминология. Базовые формулы .....</b>	<b>5</b>
1.1. Вес, масса, плотность, удельный вес .....	5
1.2. Гидростатическое давление.....	6
1.3. Градиент давления.....	6
1.4. Эквивалентная плотность бурового раствора .....	7
1.5. Гидравлическая мощность .....	8
1.6. Коэффициент плавучести.....	9
1.7. Температура пласта.....	9
1.8. Формулы для перевода температур.....	9
1.9. Формулы для объемов и вместимости .....	11
1.10. Количество выбуренного шлама.....	13
1.11. Скорость потока в кольцевом пространстве .....	14
1.12. Подача бурового насоса .....	14
1.13. Уменьшение гидростатического давления при подъеме труб из скважины .....	16
1.14. Расчет пачки утяжеленного раствора для закачки перед подъемом бурильной колонны .....	19
1.15. Расчет гидростатического давления, требующегося для получения желаемого снижения уровня раствора внутри бурильной колонны .....	20
1.16. Емкости аккумулятора .....	21
1.17. Бурение с ограничением скорости проходки .....	24
1.18. Затраты на метр проходки.....	25
<b>2. Уравнения для повседневного использования.....</b>	<b>26</b>
2.1. Объемная плотность бурового шлама.....	26
2.2. Конструкция бурильной колонны (ограничения) .....	27
2.3. Расчеты по цементированию обсадных колонн.....	29
2.4. Расчет операций по установке цементных мостов.....	35

2.5. Установка цементного моста на равновесии.....	36
2.6. Расчеты по освобождению прихваченных труб .....	39
2.7. Давление, необходимое для возникновения циркуляции .....	44
2.8. Минимальная подача бурового раствора для долота типа «pdc» с поликристаллическими алмазными вставками .....	46
<b>3. Буровые растворы .....</b>	<b>48</b>
3.1. Увеличение плотности бурового раствора и изменение объёма.....	48
3.2. Смещение жидкостей разной плотности .....	53
3.3. Расчеты для растворов на нефтяной основе.....	54
3.4. Анализ твердой фазы.....	59
3.5. Доля твердой фазы (буровые растворы, утяжеленные баритом) .....	65
3.6. Определение концентрации твердой фазы и нефти в буровом растворе по плотности) .....	66
3.7. Определение концентрации твердой фазы и нефти в буровом растворе (выпаривание) .....	68
3.8. Разбавление системы бурового раствора .....	72
3.9. Оценка гидроциклонов.....	73
3.10. Оценка работы центрофуги .....	75
3.11. Объемы материалов и жидкостей для приготовления и обработки буровых растворов .....	79
3.12. Приготовление бурового раствора .....	84
3.13. Количественные зависимости между показателями свойств буровых растворов и их компонентных составом .....	87
<b>4. Основные формулы «Буровой гидравлики» .....</b>	<b>89</b>
4.1. Уравнения для определения расхода в трубах (Ньютоновские жидкости). Ламинарный режим течения.....	89

4.2. Уравнения для определения расхода в трубах (Неньютоновские жидкости) .....	89
4.3. Критерии перехода .....	92
4.4. Гидравлические потери в трубах и трубах кольцевого сечения. Ньютоновская жидкость .....	95
4.5. Кольцевое сечение. Ньютонова жидкость .....	98
4.6. Гидравлические потери в трубах и кольцевом пространстве. Бингамовская жидкость .....	103
4.7. Вязкопластичная жидкость, подчиняющаяся степенному закону .....	108
4.8. Истечение жидкостей из отверстий .....	115
4.9. Гидравлические потери в циркуляционной системе скважины .....	122
4.10. Гидродинамическое давление при спуске и подъеме колонны труб при равномерном ее движении .....	129
4.11. Зависимости для определения сопротивления при движении твердого тела (выбуренной породы) в жидкости .....	132
4.12. Скорость проскальзывания частиц бурового шлама в кольцевом пространстве .....	138
4.13. Неустановившееся течение жидкостей .....	144
4.14. Вывод соотношений для оптимизации подачи насосов и размеров насадок долота .....	147
<b>5. Промывка .....</b>	<b>153</b>
5.1. Подача буровых насосов .....	153
5.2. Площадь насадок долота .....	156
5.3. Давление и скорость струи .....	157
5.4. Гидравлическая мощность на долоте .....	158
5.5. Гидравлическая сила удара струи о забой .....	158
5.6. Транспорт шлама от забоя к устью (степенная модель) .....	159
5.7. Эффективность транспорта шлама .....	162

5.8. Концентрация частиц и эффективность транспорта шлама .....	162
5.9. Эквивалентная циркуляционная плотность бурового раствора .....	162
5.10. Гидравлические потери в циркуляционной системе.....	163
5.11. Гидравлические расчёты для вязко-пластичной жидкости (Бингамовская модель).....	165
5.12. Гидравлические расчёты для вязких жидкостей .....	172
<b>6. Инженерные расчеты .....</b>	<b>177</b>
6.1. Выбор размера промывочных насадок бурового долота.....	177
6.2. Анализ гидравлики долота.....	183
6.3. Критическая скорость течения в кольцевом пространстве и критический расход бурового раствора.....	186
6.4. Экспонента «d».....	188
6.5. Гидродинамические давление и разрежение, создаваемые при спуске и подъеме колонны труб .....	190
6.6. Эквивалентная циркуляционная плотность (ECD).....	199
<b>7. Газонефтеводопроявления (ГНВП) .....</b>	<b>202</b>
7.1. Уравнение состояния газа .....	202
7.2. Скорость движения (всплытия) газа .....	205
7.3. Приток флюида в скважину.....	207
7.4. Определение предельного объёма поступления флюида в скважину, допустимого внутреннего давления, максимального объёма и давления газа на устье скважины .....	208
7.5. Условия возникновения ГНВП.....	213
7.6. Гидродинамические давления, возникающие при движении колонны труб.....	215
7.7. Уменьшение гидростатического давления на забое, вызываемое газированным буровым раствором .....	217