

УДК 378.1

*Арсентьев Олег Васильевич,**к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,**ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,**e-mail: arsentyeov@mail.ru**Шитенков Григорий Александрович,**студент группы ЭЭ-22-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,**Смышляев Всеволод Викторович,**студент группы ЭЭ-23-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,**Братейко Александр Сергеевич, Корпан Вадим Ярославович,**студенты группы ЭЭ-24-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»*

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДОЛОТА ПРИ РОТОРНОМ БУРЕНИИ СКВАЖИН ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Arsentiev O.V., Shitenkov G.A., Smyshlyaev V.V., Brateiko A.S., Korpan V.Ya.

REGULATION OF THE ROTATION FREQUENCY OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE BIT IN ROTARY DRILLING OF WELLS FOR OIL AND GAS PRODUCTION S

Аннотация. Рассмотрена работа бурового оборудования. На основе анализа полученной информации определен вращательный характер процесса бурения, применяемого в нефтегазовой промышленности, получены зависимости частоты вращения стола ротора от глубины скважины, типа долота и характеристик породы в забое; предложена инженерная методика расчёта частоты вращения, мощности и максимального момента, необходимых для вращения буровой колонны в процессе работы долота в забое.

Ключевые слова: буровая установка, частота вращения долота, привод ротора бурового стола, допустимые нагрузки на долоте, мощности и моменты электродвигателя привода.

Abstract. The operation of drilling equipment is examined, and based on an analysis of the information obtained, the rotary nature of the drilling process is determined as the primary one used in the oil and gas industry. Relationships between the rotational speed of the rotor table and the well depth, the type of bit, and the characteristics of the rock at the bottomhole are obtained; an engineering method for calculating the rotational speed, power, and maximum torque required for rotation of the drill string during the operation of the bit at the bottomhole is proposed.

Keywords: drilling rig, bit rotation frequency, drill table rotor drive, permissible loads on the bit, power and torque of the drive electric motor.

Добыча углеводородов – нефти и газа, является приоритетной задачей по обеспечению энергоносителями объектов энергетики, промышленности и транспорта. Для решения этой задачи необходимо выполнить комплекс мероприятий, включающих в себя поиск (разведку) месторождений, разработку промышленно-значимых участков для извлечения нефти или газа, создание инфраструктуры для добычи углеводородов, с последующей их транспортировкой до конечного потребителя (нефтепереработка, газо-химическое производство, энергетика). Технология проведения таких мероприятий хорошо известна, и имеющееся оборудование вполне

соответствует решению поставленных задач по обеспечению энергоносителями всех заинтересованных потребителей.

Основным оборудованием для обеспечения поиска и добычи углеводородов является буровая установка, с помощью которой осуществляется разведывательное и промышленное бурение скважин с заданными технологическими параметрами. Это сложный технический объект, в котором содержатся энергетические, электромеханические, контрольно-измерительные и управляющие элементы, основным назначением которых является реализация бурового процесса. При этом буровое оборудование является достаточно

энергоемким, и, в зависимости от параметров буровой установки, установленная мощность составляет в среднем от 3 до 5 МВт. Таким образом, технические мероприятия, направленные на улучшение работы бурового электрооборудования, снижение энергопотребления, повышение надежности и производительности являются актуальными и их решение позволит более эффективно реализовывать буровой процесс.

Механический способ является основным способом бурения, применяемым в нефтегазовой промышленности, и основанном на разрушении горной породы силовым воздействием на нее специального породоразрушающего инструмента – долота. В свою очередь, механическое движение долота подразделяется:

- ударное, породоразрушающий инструмент (долото) совершает возвратно-поступательное движение вдоль оси скважины и наносит периодические удары по забою. Ударное разрушение забоя и вынос частиц породы чередуются. Ударное бурение в зависимости от преобладающего вида движения бурового инструмента делится на ударно-поворотное, ударно-вращательное, вращательно-ударное и вращательное бурение;

- вращательное, разрушение пород на забое скважины производится путем среза, смятия, раздавливания, скалывания и в меньшей степени истирания вращающимся под постоянным осевым давлением буровым инструментом (коронками, долотом, дробью). К вращательным способам относят бурение резцовыми коронками, шарошечное, дробовое, алмазное [1].

Наибольшее распространение в буровых установках получило вращательное бурение с подачей бурового раствора в забой скважины. В зависимости от способа передачи крутящего момента с приводного двигателя на долото различают:

- с поверхности через колонну буровых труб (роторное бурение);

- от забойного двигателя (турбобура, электробура или винтового двигателя), установленного над долотом.

Таким образом, одним из основных приводов на буровой установке является электромеханическая система для вращения бурового инструмента, долота для разрушения пород в забое скважины. Анализ применяемого бурового оборудования показывает,

что серийно выпускаемые комплектные буровые установки для нефтегазовой промышленности реализуют роторный способ бурения скважин [2, 3]. При этом привод ротора буровой установки подвержен противоречивым требованиям. Для предотвращения обрыва колонны при возможных прихватах необходима мягкая характеристика привода, обеспечивающая существенное снижение частоты вращения в аварийных ситуациях. Однако технология бурения требует постоянства скорости вращения породоразрушающего инструмента при изменяющемся моменте для обеспечения оптимального режима работы и высокой производительности. Регулирование частоты вращения двигателя осуществляется с учетом условий постоянства крутящего момента.

По частоте вращения долота n различают три режима работы:

- низкооборотный (роторное бурение) $n \leq 90 \text{ мин}^{-1}$;

- при средних частотах вращения $90 \leq n \leq 120 \text{ мин}^{-1}$;

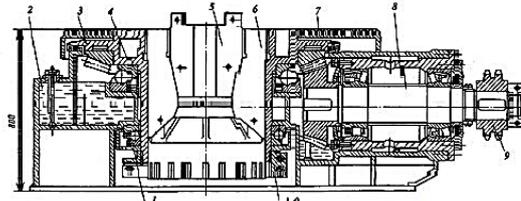
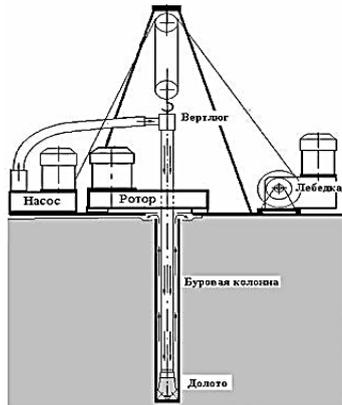
- высокочастотный, при $n > 120 \text{ мин}^{-1}$.

При бурении с продувкой трехшарошечными долотами пород средней твердости, твердых и крепких n не должна превышать $100-200 \text{ мин}^{-1}$, а при бурении сыпучих и мягких пород -- $200-300 \text{ мин}^{-1}$ (при соблюдении других параметров режима бурения) [4, 5]. С ростом глубины скважины (в связи с повышением давления всестороннего сжатия) больше проявляется пластичность пород, требуются большие деформации до разрушения и большая длительность контакта зубьев долота с забоем. Это обуславливает необходимость снижения частоты вращения с ростом глубины (H). Другая причина снижения частоты вращения долота заключается в том, что мощность N , необходимая для привода ротора, с увеличением n и H повышается вследствие быстрого роста потерь на трение буровой колонны о стенки скважины.

Роторное бурение с низкими значениями n ($20-80 \text{ мин}^{-1}$) и большими крутящими моментами ($150-500 \text{ кН}\cdot\text{м}$) обеспечивает возможность эффективного разрушения почти всех видов горных пород осадочной толщи при использовании различных, в том числе требующих больших удельных моментов, лопастных алмазных долот с большим скольжением.

На рисунке 1 приведена схема устройства буровой установки с отдельно вынесен-

ным механизмом привода стола ротора [2, 3].



- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Вспомогательная опора | 8. Вал |
| 2. Литой стальной корпус | 9. Цепное колесо |
| 3. Стол | 10. Закрепляющая гайка |
| 4. Упорный шарикоподшипник | |
| 5. Зажимы для ВБТ | |
| 6. Вкладыши | |
| 7. Кольцевой кожух | |

Рисунок 1 – Буровая установка роторного типа с приводом стола ротора

Текущее значение частоты вращения стола ротора определяется по следующему выражению:

$$n_i = \frac{P_{уд(max)}}{P_{уд(i)}} \cdot n_{min},$$

где $P_{уд(max)}$ - максимальная рекомендуемая нагрузка на 1 мм диаметра долота, принимается в пределах от 0,5 до 1,5 кН·м, что соответствует породам средней твердости и твердым;

$P_{уд(i)}$ - текущее значение $P_{уд}$ для конкретного типа долота, кН·м;

n_{min} - минимальная частота вращения ротора, которая берется по характеристике для конкретной буровой установки, мин⁻¹.

Мощность ротора должна быть достаточной для вращения бурильной колонны, долота и разрушения забоя скважины:

$$N = \frac{(N_{хв} + N_d)}{\eta},$$

где $N_{хв}$ – мощность на холостом вращении бурильной колонны; N_d – мощность на вращение долота и разрушение забоя; η - КПД, учитывающий потери в трущихся деталях ротора.

Мощность на холостое вращение бурильной колонны (момент, передаваемый долоту, равен нулю) расходуется на преодоление сопротивлений вращению, возникающих в системе, бурильная колонна - скважи-

на.

Мощность, расходуемая на вращение долота и разрушение забоя скважины, рассчитывается по следующему выражению:

$$N_d = \mu \cdot P \cdot n \cdot R_{ср},$$

где μ - коэффициент трения резцов коронки о породу забоя; P – осевая нагрузка на долото; $R_{ср}$ – средний радиус буровой колонки.

Максимальный вращающий момент (в кН·м) определяют по мощности и минимальной частоте вращения стола ротора:

$$M_{max} = \frac{(N \cdot \eta)}{n_{min}}.$$

В результате рассмотрения работы бурового оборудования определено, что основной привод, используемый для вращения бурового инструмента, имеет переменную частоту вращения, зависящую от глубины скважины и породы в забое. Текущая частота вращения бурового стола зависит от допустимой максимальной нагрузки на долоте и минимальной по конструкции частоте вращения стола. Предложена инженерная методика определения мощности и максимального момента, необходимого для реализации процесса бурения. На основании полученных данных осуществляется выбор по частоте вращения и мощности приводного двигателя для вращения ротора бурового стола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухин В.М., Коробов А.Д. Бурение нефтяных и газовых скважин: учебно-методическое пособие / В.М. Мухин, А.Д.

Коробов. — Москва; Саратов: ОАО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ»,

2015 — 44 с.: 21 рис. цв., ч/б. – ISBN 978-5-905563-57-7

2. **Баграмов Р.А.** Буровые машины и комплексы: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988 – 501 с.

3. Буровое оборудование: учебное пособие / В.Г. Крец, Л.А. Саруев, В.Г. Лукьянов, А.В. Шадрин, В.А. Шмурыгин, А.Л. Саруев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 – 121 с.

4. **Арсентьев, О.В.** Особенности проектирования частотнорегулируемых асин-

хронных двигателей / О.В. Арсентьев, Ю.В. Коновалов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2007. Т.1. № 1. – С. 90-92.

5. **Крюков, А.В.** Применение интеллектуальных технологий для электротехнических комплексов на нефтегазодобывающих предприятиях / А.В. Крюков, Ю.В. Коновалов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2018. Т.1. № 15. – С. 162-169.

УДК 621.311

Голованов Игорь Григорьевич,
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: golovanov_ig@mail.ru

Дукова Валентина Николаевна,
студентка группы ЭЭ-25-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: dukovav@mail.ru

Дюндик Сергей Евгеньевич,
студент группы ЭЭз-24-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: neo@list.ru

Нефёдова Регина Алексеевна,
студентка группы ЭЭ-23-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: orlova-r2@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ И СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Golovanov I.G., Dukova V.N., Dyundik S.E., Nefedova R.A.

FEATURES OF MODERNIZATION AND CONSTRUCTION OF NEW ELECTRIC GRIDS IN THE IRKUTSK REGION

Аннотация. Рассмотрены основные причины снижения надёжности линий электропередачи в системах электроснабжения Иркутской области и определены пути повышения надёжности и эффективности электропитания потребителей Восточно-Сибирского региона.

Ключевые слова: высоковольтная линия, система электроснабжения, электрическая сеть, надёжность системы электроснабжения, отказы воздушных линий.

Abstract. The main reasons for the decline in the reliability of power lines in the power supply systems of the Irkutsk region are considered, and ways to improve the reliability and efficiency of power supply to consumers in the East Siberian region are identified.

Keywords: high-voltage line, power supply system, electric network, reliability of the power supply system, failures of overhead lines.

Иркутская область - крупная энергетическая база РФ, дающая более 6% [1, 2] вырабатываемой в России электроэнергии, и является областью-донором, как поставщик самолётов, ядерного топлива, слюды, поваренной соли, золота, алюминия и других ме-

таллов, древесины, химической и нефтехимической, целлюлозно-бумажной продукции, пушно-мехового сырья, пищевой продукции. А также Иркутская область поставляет электрическую энергию в республики Бурятия и Тыва в Восточной Сибири.