

5. Перспективы нефтегазоносности отложений зоны контакта юры с триасом и палеозоем на территории ХМАО-Югры / А. В. Тугарева [и др.] // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО — Югры: материалы XVI науч.-практ. конф. — Т. 1. — Ханты-Мансийск, 2013. — С. 34–52.
6. Закономерности геологического строения и перспективы нефтегазоносности триасового НГК территории ХМАО — Югры / Н. П. Яковлева [и др.] // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО — Югры: материалы XVI науч.-практ. конф. — Т. 1. — Ханты-Мансийск, 2013. — С. 10–23.
7. Шпильман В. И. Проблемы освоения нефтегазового комплекса и возможные пути их решения // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. — Ханты-Мансийск, — 1998. — С. 7–13.
8. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности доюрских отложений Карабашской зоны А. В. Тугарева [и др.] // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО — Югры: материалы XIX науч.-практ. конф. — Т. 1. — Ханты-Мансийск, 2016. — С. 71–88.
9. Вещественный состав и нефтегазоносность триасовых грабенообразных впадин западной части территории ХМАО — Югры / Н. П. Яковлева [и др.] // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО — Югры: материалы XVIII науч.-практ. конф. — Т. 2. — Ханты-Мансийск, 2015. — С. 126–137.
10. Вещественный состав и перспективы нефтегазоносности доюрских отложений Когалымской вершины Сургутского свода / А. В. Тугарева [и др.] // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО — Югры: материалы XVII науч.-практ. конф. — Т. 1. — Ханты-Мансийск, 2014. — С. 228–237.
11. Новые данные о вещественном составе доюрских отложений Карабашской зоны (в пределах территории ХМАО — Югры) / А. В. Тугарева [и др.] // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО — Югры: материалы XIX науч.-практ. конф. — Т. 2. — Ханты-Мансийск, 2016. — С. 56–74.

Сведения об авторах

Тугарева Аделина Вольдемаровна, заведующий лабораторией геологии юрских и доюрских отложений, Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпильмана, г. Тюмень, тел. 8(3452)621896, e-mail: tugareva@crru.ru

Чернова Галина Александровна, старший научный сотрудник лаборатории геологии юрских и доюрских отложений, Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпильмана, г. Тюмень, тел. 8(3452)621896

Яковлева Наталья Павловна, старший научный сотрудник лаборатории геологии юрских и доюрских отложений, Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпильмана, г. Тюмень, тел. 8(3452)621896

Мороз Мария Леонидовна, научный сотрудник лаборатории геологии юрских и доюрских отложений, Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпильмана, г. Тюмень, тел. 8(3452)621896

Information about the authors

Tugareva A. V., Head of the Laboratory of Geology of Jurassic and Pre-Jurassic Deposits, V. I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil, Tyumen, phone: 8(3452)621896, e-mail: tugareva@crru.ru

Chernova G. A., Senior Researcher of the Laboratory of Geology of Jurassic and Pre-Jurassic Deposits, V. I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil, Tyumen, phone: 8(3452)621896

Yakovleva N. P., Senior Researcher of the Laboratory of Geology of Jurassic and Pre-Jurassic Deposits, V. I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil, Tyumen, phone: 8(3452)621896

Moroz M. L., Researcher of the Laboratory of Geology of Jurassic and Pre-Jurassic Deposits, V. I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil, Tyumen, phone: 8(3452)621896

Бурение скважин и разработка месторождений

УДК 622.621.317

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ PROBLEMS OF MEASURING OF MOTION PARAMETERS OF THE DRILL STRING

В. А. Кузнецов, С. А. Михеев
V. A. Kuznetsov, S. A. Mikheev

Самарский государственный технический университет, г. Самара

*Ключевые слова: движение буровой колонны; параметры движения;
погрешности измерения*

Key words: movement of the drill string; motion parameters; measurement uncertainty

Для управления процессом бурения и спускоподъемными операциями на буровых установках глубокого бурения необходима информация о параметрах движения колонны бурильных труб и талевого блока. На основе этой информации определяются такие технологические параметры и показатели процесса бурения, как механическая скорость бурения проходки, скорость спуска и подъема бурильной колонны, положение талевого блока, длина спущенной в скважину колонны бурильных труб, глубина скважины. Эта информация используется также для автоматизации процесса бурения и спускоподъемных операций.

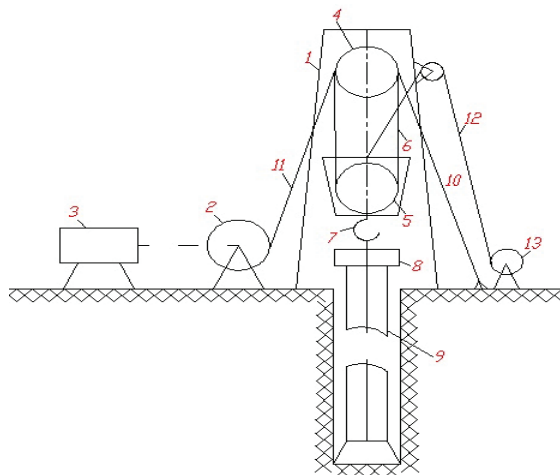


Рис. 1. Кинематическая схема спускоподъемного механизма буровой установки

С помощью кинематической схемы спускоподъемного механизма буровой установки (рис. 1) показаны возможные методы измерения параметров движения бурильной колонны.

Несущей конструкцией спускоподъемного механизма служат вышка 1, а сам он представляет собой полиспастную систему, которая включает в себя буровую лебедку 2, приводимую в движение двигателем 3, кронблок 4 (неподвижные блоки), талевый блок 5 (подвижные блоки), талевый канат 6 и крюк 7. Неподвижный конец талевого каната 10 крепится к основанию буровой установки, а подвижный конец

11 навивается на барабане буровой лебедки.

На крюк через промежуточное звено (вертлюг) пущена колонна бурильных труб 9. Полиспастная система за счет применения нескольких подвижных и неподвижных блоков позволяет снизить нагрузку на лебедку и увеличить грузоподъемность спускоподъемного механизма.

Измерять перемещение бурильной колонны можно следующими способами [1]:

- с помощью дополнительного мерного тросика 12 и мерного барабана 13;
- по углу поворота одного из шкивов талевого блока;
- по углу поворота одного из шкивов кронблока;
- по перемещению талевого каната;
- по углу поворота барабана лебедки.

Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки, при этом в большинстве случаев, кроме первого способа, в измерительную цепь входят элементы спускоподъемного механизма, которые при их нестабильности становятся источниками погрешности измерения. Недостатки первого способа обусловлены сложностью конструкции и низкой надежностью работы, связанной с возможностью обрыва мерного тросика при закручивании струн каната талевого блока.

Способ измерения по углу поворота одного из шкивов талевого блока позволяет сравнительно просто устанавливать и обслуживать первичный измерительный преобразователь, так как талевый блок может быть опущен в удобное для этой цели положение.

Функция преобразования при этом способе измерения имеет вид

$$\varphi = \frac{2nh}{d_{ш} + d_{к}}, \quad (1)$$

где φ — угол поворота рабочего шкива талевого блока; n — коэффициент оснастки талевой системы для выбранного шкива; h — перемещение бурильной колонны; $d_{ш}$ — диаметр шкива талевого блока; d_k — диаметр талевого каната.

Например, при параметрах талевой системы $d_{ш} = 900$ мм, $d_k = 28$ мм, установке преобразователя на самый быстрый шкив (при числе шкивов $5n = 10$) угол поворота рабочего шкива составит 0,215 рад (12,3°) при перемещении бурильной колонны на 1 см.

Из выражения (1) видно, что источником погрешности измерения является неустойчивость параметров $d_{ш}$ и d_k . Относительное значения этой погрешности определяется выражением

$$\delta = \frac{\Delta_{ш} + \Delta_k}{d_{ш} + d_k} \cdot 100\% ,$$

где $\Delta_{ш}$ — допустимый износ шкивов; Δ_k — изменения диаметра каната при его вытяжке. Обычно $\Delta_{ш} = 1$ мм, а $\Delta_k = 2$ мм, при этом $\delta = 0,32\%$.

Однако следует учесть, что эта погрешность является мультипликативной, то есть носит интегральный характер, поэтому при спуске колонны на 25 м (на одну свечу) она составит 8 см.

Существенным недостатком привязки первичного преобразователя к одному из шкивов талевого блока являются подвижность этого блока и отсутствие проводного канала связи для передачи измерительной информации. Частичное решение этой проблемы предложено в [2].

Способ измерения перемещения бурильной колонны по углу поворота одного из шкивов кронблока имеет те же метрологические характеристики, что и предыдущий способ (по углу поворота одного из шкивов талевого блока), но позволяет организовать стационарный проводной канал связи для обеспечения питания измерительной аппаратуры и передачи измерительной информации. Недостатки этого способа связаны со сложностью монтажа и обслуживания измерительного преобразователя на большой высоте.

Так как талевый канат свит из отдельных, периодически чередующихся прядей стальной проволоки, то способ измерения перемещения бурильной колонны по перемещению талевого каната основан на возможности модуляции магнитного потока этими прядями при движении талевого каната. Однако этот способ не нашел применения из-за сложности первичного измерительного преобразователя и его низкой надежности работы.

Наиболее удобным является метод измерения перемещения бурильной колонны по углу поворота барабана буровой лебедки. В этом случае измерительная аппаратура находится в зоне прямого доступа обслуживающего персонала, что облегчает ее монтаж и обслуживание. Угол поворота барабана лебедки связан с перемещением бурильной колонны зависимостью

$$\varphi_\delta = \frac{2 \cdot K_o h}{d_\delta + n d_k} , \quad (2)$$

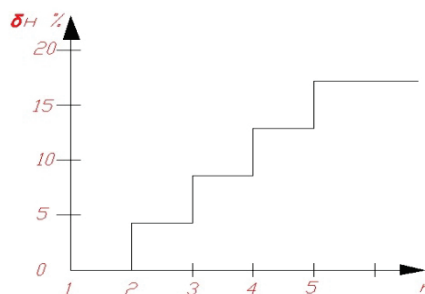
где φ_δ — угол поворота барабана лебедки, рад; K_o — коэффициент оснастки талевой системы; h — перемещение бурильной колонны; d_δ — диаметр барабана лебедки; d_k — диаметр талевого каната; n — номер слоя навивки талевого каната на барабане лебедки. Из выражения (2) видно, что коэффициент преобразования зависимости $\varphi_\delta(h)$ изменяется при переходе с одного слоя навивки талевого каната на барабане лебедки на другой, что приводит к существенной погрешности измерения.

Относительное значение этой погрешности определяется выражением

$$\delta_n = \frac{(n-1)d_k}{d_\delta + n d_k} .$$

На рисунке 2 представлен график зависимости погрешности измерения при переходе с одного слоя навивки на другой при параметрах талевого системы $d_\delta = 600$ мм, $d_k = 28$ мм, макс $n = 5$.

Рис. 2. График зависимости относительной погрешности измерения перемещения буровой колонны по углу поворота барабана лебедки при переходе одного слоя навивки талевого каната на барабане лебедки на другой



Максимальная погрешность измерения при переходе на пятый слой навивки составляет 15,1 %. К погрешности измерения, представленной на рисунке 2, добавляется погрешность, связанная с изменением диаметра талевого каната при его вытяжке, а также связанная с нерегулярностью навивки талевого каната на барабане лебедки.

Наличие большой погрешности измерения сдерживает применение этого способа измерения, несмотря на ряд его преимуществ. Для автоматической коррекции погрешности измерения необходимо знать значение радиуса навивки последнего витка талевого каната на барабане лебедки.

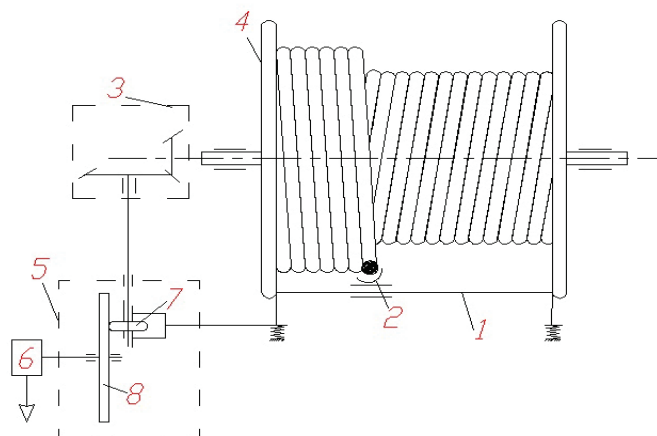


Рис. 3. Кинематическая схема механического устройства для автоматической коррекции погрешностей, связанных с измерением радиуса навивки талевого каната на барабане лебедки

На кафедре информационно-измерительной техники Самарского государственного технического университета разработан ряд методов автоматической коррекции погрешностей, связанных с изменением радиуса навивки талевого каната на барабане лебедки.

При разработке этих методов ставилась задача коррекции всех перечисленных погрешностей измерения, для чего необходима информация о значении рабочего радиуса

радиуса навивки последнего витка талевого каната [3, 4].

На рисунке 3 представлена кинематическая схема механического устройства, позволяющего автоматически корректировать перечисленные погрешности измерения.

Устройство содержит подпружиненный рычаг 1, по которому скользит скоба 2, прижатая к ходовому концу талевого каната, редуктор 3, подсоединенный к валу буровой лебедки 4, дисковый вариатор 5 и преобразователь частоты вращения в число-импульсный код 6.

Вариатор состоит из подвижного в осевом направлении ролика 7 и диска 8.

Рычаг 1 с помощью скобы 2 следит за последним витком навивки талевого каната и занимает положение, соответствующее текущему значению радиуса навивки

ки. Этот рычаг определяет положение ролика 7 и изменяет передаточное отношение вариатора при изменении радиуса навивки талевого каната таким образом, чтобы «цена» электрических импульсов на выходе электрического преобразователя 6 осталась неизменной

Если периодическое отношение редуктора — K_p , передаточное отношение вариатора — K_v , коэффициент преобразования преобразователя — K_{Π} , то с учетом (2) зависимость между числом выходных электрических импульсов устройства № 4 и перемещением буровой колонны будет иметь вид

$$N = \frac{2 \cdot K_{\Pi} K_0 h}{K_p K_B (d_{\delta} + n d_K)} \quad (3)$$

Для преобразования частоты вращения в число-импульсный код удобно использовать серийный оптоэлектронный растровый преобразователь типа ВЕ-178, генерирующий 1 000 электрических импульсов за один оборот вала и имеющий функцию определения направления вращения, при этом $K_n = 159,236$ ИМП/рад.

Если задать «цену» одного импульса 1 см, то из (3) определяется требуемое передаточное отношение редуктора и вариатора.

$$K_p K_v = \frac{2 \cdot K_{\Pi} K_0 h}{d_{\delta} + n d_K}.$$

При параметрах талевой системы $K_0 = 10$; $h = 1$, $d_{\delta} = 600$ мм, $d = 2,5$ см, $n = 1$ получим $K_p K_v = 30,71$.

Вариатор не может иметь большое передаточное отношение. Если принять $K_v = 1,5$, передаточное отношение редуктора составит $K_p = 20,5$, что легко достигается двухступенчатой зубчатой передачей.

Второй вариант корректирующего устройства основан на применении электронного способа измерения коэффициента передачи измерительной цепи.

На рисунке 4 представлена структурная схема электрического устройства для автоматической коррекции погрешностей, связанных с измерением радиуса навивки талевого каната на барабане лебедки.

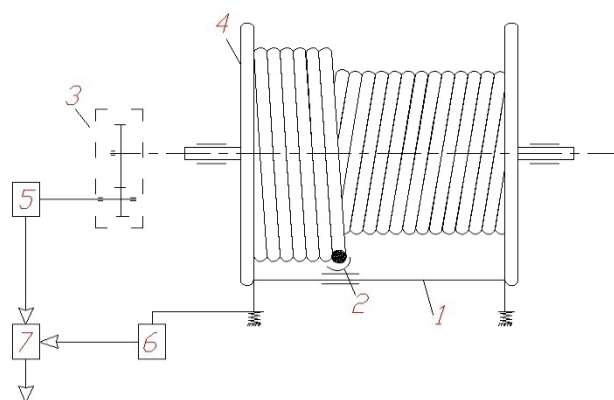


Рис. 4. Структурная схема электрического устройства для автоматической коррекции погрешностей измерения

ки талевого каната на барабане лебедки.

Устройство содержит подпружиненный рычаг 1, по которому свободно скользит скоба 2, прижатая к последнему витку навивки талевого каната, зубчатую передачу 3, механически связанную с валом лебедки 4, преобразователь частоты вращения в число-импульсный код 5, преобразователь линейных перемещений в код 6 и делитель частоты импульсов 7.

На выходе преобразователя 5 генерируются электрические импульсы, число которых пропорционально углу поворота барабана лебедки. Автоматическая коррекция погрешностей измерения, связанных с изменением радиуса навивки талевого каната, осуществляется посредством измерения коэффициента деления дели-

теля числа импульсов 7. Коэффициент деления задается преобразователем линейных перемещений в код 6. Выходной код этого преобразователя определяется радиусом навивки последнего витка талевого каната.

Если применить в качестве преобразователя 5 преобразователь ВЕ-175, генерирующий 1 000 импульсов за один оборот вала, то есть, имеющий коэффициент преобразования $K_n = 159,24$ ИМП/рад, то с учетом (2) количество выходных импульсов при перемещении бурильной колонны на h определится выражением

$$N = K_n \varphi_6 = \frac{2 \cdot K_n K_0 h}{d_6 + n d_k}.$$

Для приведенных ранее параметров талевой системы число выходных импульсов при перемещении бурильной колонны на 1 см составит для первого слоя навивки

$$N_1 = 50,71,$$

для пятого слоя навивки

$$N_5 = 43,04.$$

Таким образом, для получения выходных электрических импульсов «ценой» в 1 см коэффициент пересчета делителя 7 должен изменяться от N_1 до N_5 .

Коэффициент деления должен быть целым числом, поэтому количество целых разрядов N_1 и N_5 увеличивается, но во столько же раз должно быть увеличено количество импульсов на выходе преобразователя 5. С этой целью в измерительную цепь вводится зубчатый мультипликатор 3.

В качестве преобразователя линейных перемещений в код 6 могут быть использованы устройства, описанные в [5–7].

Задача коррекции погрешностей измерения упрощается, если для обработки информации применяется микроконтроллер. В этом случае на вход микроконтроллера подаются электрические импульсы с выхода преобразователя 5 и цифровой код, соответствующий значению радиуса навивки талевого каната. С помощью микроконтроллера определяются такие параметры, как скорость спуска и подъема колонны труб, проходка, скорость бурения, длина колонны.

Библиографический список

1. Бражников В. А., Кузнецов В. А. Информационные устройства для определения эффективности управления процессом бурения. – М.: Недра, 1978. – 108 с.
2. А. С. 1416677 СССР, МКИ³Е21 В45/00. Устройство для передачи информации / В. А. Кузнецов, В. Н. Евдокимов, М. В. Фалеева. – № 3925995/22-03; заявл. 11.07.85.
3. А. С. 71399/СССР, МКИ³Е21В45/00. Устройство для измерения вертикальных перемещений бурового инструмента / В. А. Кузнецов, В. Г. Шуваев. – № 2587980/22-03; заявл. 06.03.78; опубл. 05.02.80, Бюл. № 5. – 2 с.
4. А. С. 451836 СССР, МКИ³Е21В45/00. Устройство для измерения вертикальных перемещений бурового инструмента / В. А. Кузнецов, С. С. Торопов, Е. Г. Иванов. – № 1910026/22-3; заявл. 17.04.73; опубл. 30.11.74, Бюл. № 44. – 3 с.
5. А. С. 1596459 СССР, МКИ³Н03М 1/22. Преобразователь линейных перемещений в код / В. А. Кузнецов, В. Н. Яшин. – № 4467213/24-24; заявл. 29.07.88; опубл. 30.09.90, Бюл. № 36. – 4 с.
6. А. С. 1580553 СССР, МКИ³Н03М1/30. Преобразователь линейных перемещений в код / В. А. Кузнецов. – № 4431899/24-24; заявл. 30.05.88; опубл. 23.07.90, Бюл. № 27. – 2 с.
7. А. С. 1363465 СССР, МКИ³Н03М1/26. Преобразователь перемещений в код / В. А. Кузнецов. – № 3974816/24-24; заявл. 10.11.85; опубл. 30.12.87, Бюл. № 48. – 3 с.

Сведения об авторах

Кузнецов Владимир Андреевич, к. т. н., доцент кафедры информационно-измерительной техники, Самарский государственный технический университет, г. Самара, тел. 8(846)3370865

Михеев Сергей Андреевич, магистрант, кафедра информационно-измерительной техники, Самарский государственный технический университет, г. Самара, тел. 89276039804, e-mail: serzh.mixeew@yandex.ru

Information about the authors

Kuznetsov V. A., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Information and Measuring Technology, Samara State Technical University, phone: 8(846)3370865

Mikheev S. A., Master's Student at the Department of Information and Measuring Technology, Samara State Technical University, phone: 89276039804, e-mail: serzh.mixeew@yandex.ru