

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО ЗУБЬЯМ ШАРОШЕЧНОГО ДОЛОТА

^{1,2}Пяльченков В.А., ³Смолин Н.И.

¹ФГБОУ ВПО «Тюменский Государственный нефтегазовый университет Минобрнауки России», Тюмень, Россия, (625000, Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: general@tsoгу.ru

²ФГКВУ ВПО «Тюменское высшее военно-инженерное командное училище (военный институт) имени маршала инженерных войск А.И. Прошлякова Минобороны России», Тюмень, Россия (625001, Тюмень, ул. Л. Толстого, 1)

³ФГБОУ ВПО «ГАУ Северного Зауралья Минсельхоза России», Тюмень, Россия (625000, Тюмень, ул. Республики, 7)

Разработана методика проведения исследований непосредственного измерения сил, действующих на элементы вооружения шарошечного долота в процессе его взаимодействия с забоем на специальном стенде, изготовленном на базе универсальной испытательной машины. Стенд предназначен для вращения долота под нагрузкой по принципиально новому измерительному устройству, позволяющему замерять величину усилия, действующего на каждый зубок каждой шарошки при взаимодействии с неразрушающимся забоем, состоящим из концентрических стальных колец, разделенных на два сектора: рабочий, в котором производится измерение, и нерабочий. Приведено обоснование выбора объекта исследования и по результатам проведенных методических экспериментов и их статистической обработки определены минимально необходимая длительность проведения одного испытания и количество повторений каждого испытания для получения достоверных результатов при заданном уровне доверительной вероятности и допустимой погрешности измерений. Разработанная методика с использованием ЭВМ позволяет весьма быстро получать большой объем достоверной информации о нагрузке всех элементов вооружения шарошечных долот.

Ключевые слова: бурение, долото, шарошка, вооружение шарошки, опора, нагрузка

THE METHODOLOGY OF STUDIES OF LOAD DISTRIBUTION ON THE TEETH OF ROLLER BIT

^{1,2}Pyalchenkov V. A., ³Smolin N.I.

¹FGBOU VPO «Tyumen State oil and gas University», Ministry of education and science of Russia, Tyumen, Russia, (625000, Tyumen, street Volodarskogo, 38), e-mail: general@tsoгу.ru

²FGKVOU VPO «Tyumen Higher Military Engineering Command School (Military Institute) named after Marshal of Engineering Troops A.I.Proshlyakova Russian Defense Ministry», Tyumen, Russia (625001, Tyumen, ul. Tolstoy, 1)

³FGBOU VPO «HAU Northern Zauralye the Ministry of agriculture of Russia», Tyumen, Russia, (625000, Tyumen, street Republic, 7)

The methodology of research direct measurement of the forces acting on the elements of drill-bit cutting structures of the bit during its interaction with the bottom on a special stand made on the basis of universal testing machine. The stand is designed to rotate a bit under load on a fundamentally new measurement device allowing to measure the amount of force acting on each tooth of each cutter when interacting with non-volatile slaughter, consisting of concentric steel rings, divided into two sectors, a work in which the measurement is taken and broken. The substantiation of the selection of the object of study and on the results of methodological experiments and statistical analysis identified a minimum duration of one test and the number of repetitions of each test to obtain reliable results with a given confidence level and margin of error of the measurements. The developed method using a computer can very quickly obtain a large amount of reliable information about the loading of all elements of weapons of roller bits.

Keywords: drilling, bit, cutter arms of the cutter, a support, a load

Для проведения исследований распределения нагрузки по зубьям шарошечного долота использовались специальное измерительное устройство и стенд [9, 10]. В качестве объекта испытания были выбраны долота со штыревым твердосплавным вооружением диаметром 215,9 мм, широко применяемые при бурении разведочных и эксплуатационных

скважин на нефть и газ, а также взрывных скважин на карьерах. Основной объем исследований выполнен на долотах Ш215,9К-ПВ, предназначенных для бурения в крепких породах с очисткой забоя сжатым воздухом или воздушно-водяной смесью. Допускаемая предельная осевая нагрузка на долото составляет 250 кН, рекомендуемые угловые скорости долота от 0,8 до 1,2 с⁻¹. Выбор данного типа долота в качестве основного объекта исследования обусловлен тем, что вооружение шарошек этого долота изготовлено из твердосплавных зубков одного типа Г26 с полусферической головкой, что позволяет при исследованиях исключать возможное влияние формы зубков на исследуемые параметры. Кроме того, опорные узлы шарошек этих долот выполнены по широко распространенной схеме: большой роликовый подшипник — шариковый замковый подшипник — малый роликовый подшипник. Это позволяет распространить результаты исследований данных долот на долота других типов, имеющих такую же схему опорных узлов. Для исследования влияния конструкции вооружения шарошек были испытаны также долота Ш215, 9ТКЗ-ЦВ-3 и Ш215, 9Т-ЦВ.

На рисунке 1 приведены схемы вооружения шарошек исследуемых долот и схемы дифференциации забоя по венцам.

Исследования проводились на металлическом забое, изготовленном из малоуглеродистой конструкционной стали. Закономерности распределения усилий по элементам вооружения, полученные при исследованиях на металлическом забое, будут, на наш взгляд, сохраняться и при бурении в реальных, особенно в крепких и очень крепких горных породах. Это косвенно подтверждается сравнением результатов аналитических исследований [1, 2, 3, 4, 7] с результатами, полученными нами при исследовании отработанных долот в промышленных условиях [8]. С целью сокращения времени приработки долота металлический забой изготовлялся с профилем, воспроизводящим профиль приработанного забоя. Перед началом записи долото прирабатывалось к забою в течение 10–20 оборотов долота при осевой нагрузке 80 кН и угловой скорости долота 1,31 с⁻¹ до образования на забое лунок глубиной 1–2 мм. Такой режим приработки обеспечивает контакт с забоем зубков всех шарошек и исключает возможность контакта с забоем корпусов шарошек. На рисунке 2 приведен вид забоя, приработанного долотом Ш215,9К-ПВ. Каждый опыт проводился на новом забое.

В стендовых условиях для получения информации о распределении нагрузки по элементам вооружения, очевидно, нет необходимости нагружать долото предельно допустимой для него нагрузкой. Вместе с тем она должна быть достаточной, чтобы можно было получать абсолютные значения величин нагрузок с необходимой точностью. В связи с этим осевая нагрузка на долото при проведении исследований не превышала 160 кН. Частота

вращения долота выбиралась в зависимости от цели проводимого исследования и находилась в пределах от 0,16 до 11,34 с⁻¹.

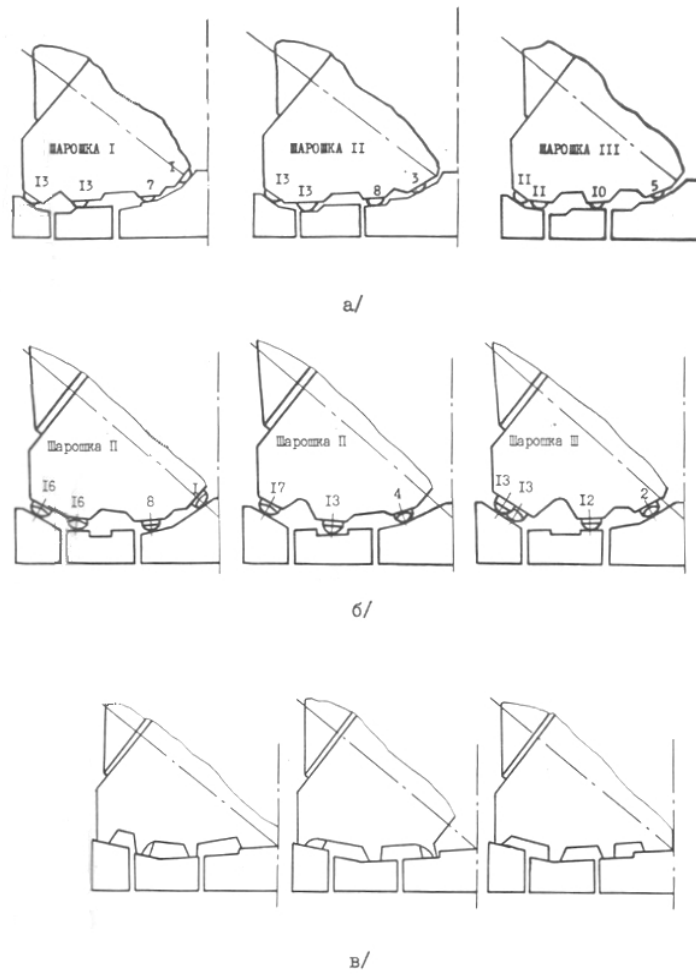


Рис. 1. Схемы вооружения шарошек долот Ш215, 9К-ПВ (а), Ш215, 9ТКЗ-ЦВ-3 (б), Ш215, 9Т-ЦВ (в) и схемы дифференциации забоя по венцам

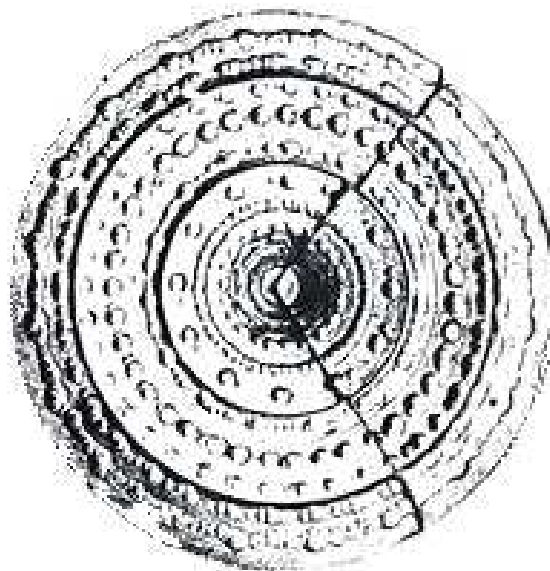


Рис. 2. Вид на приработанный забой

Анализируя осциллограммы изменения во времени осевых составляющих реакций взаимодействия зубьев шарошек долота с забоем [10], можно установить, что процессы изменения реакций являются случайными стационарными периодическими. Средний уровень процесса можно оценить математическим ожиданием величины усилия за определенный промежуток времени. Охарактеризовать амплитуду процесса изменения реакций можно по средним значениям максимумов и минимумов реакций за определенный промежуток времени.

Статистическая обработка результатов измерений, представленных в виде цифровой информации, осуществлялась на ЭВМ по специальной программе. Программа позволяет получать значение математического ожидания усилия на венце шарошки, его дисперсию и среднеквадратическое отклонение. Кроме того, программа предусматривает сглаживание исходного цифрового массива (низкочастотную фильтрацию) с переменной длиной оператора сглаживания, которое позволяет исключить из рассмотрения промежуточные значения экстремумов и схематизировать реальный процесс. По сглаженному массиву производится отбор максимумов и минимумов и среднеквадратических отклонений. Для определения длительности одного эксперимента была проведена запись процессов изменения осевых составляющих усилий на каждом венце каждой шарошки в течение 10 оборотов долота при осевой нагрузке 80 кН и угловой скорости долота $3,3 \text{ с}^{-1}$. Определялись математические ожидания усилий на каждом венце каждой шарошки за каждый оборот долота. Для каждого венца определены математические ожидания усилий за 10 оборотов долота \bar{X} , их дисперсии S_x^2 , среднеквадратические отклонения S_x и значения коэффициентов вариации W_x . Установлено, что наибольшие вариации в течение одного опыта наблюдаются у усилия на вершинном венце первой шарошки. Для этого венца и определено минимальное количество оборотов долота за время одного эксперимента (длительность), необходимое для получения среднего значения усилия на венце с заданной точностью при выбранной доверительной вероятности γ . В результате расчетов установлено, что количество оборотов долота за время одного опыта не должно быть меньше шести.

С целью проверки повторяемости результатов эксперимента были проведены пять опытов на одном долоте. Условия проведения в каждом опыте оставались одинаковыми: осевая нагрузка на долото 60 кН, угловая скорость долота $3,3 \text{ с}^{-1}$. Каждый опыт, как указывалось выше, проводился на новом забое. С целью исключения влияния на результаты испытаний взаимного положения шарошек относительно забоя, от которого может зависеть динамика работы долота, каждый опыт проводился при новом случайном положении

шарошек относительно забоя. Длительность записи каждого опыта составляла шесть оборотов долота. Установлено, что наибольший коэффициент вариации, равный 12%, наблюдается у осевой составляющей усилия на периферийном венце первой шарошки. В результате проведенных методических экспериментов и их статистической обработки определено, что для получения достоверных результатов измерений средних значений осевых составляющих с погрешностью, не превышающей 10% при уровне доверительной вероятности $\gamma=0,9$, длительность записи каждого эксперимента не должна быть менее шести оборотов долота, каждый эксперимент необходимо повторять не менее трех раз.

Экспериментальные исследования силового взаимодействия вооружения долота Ш215,9К-ПВ с металлическим забоем показали высокую степень достоверности и сходимости результатов, получаемых при переходе от опыта к опыту, что говорит о правильности выбранной методики и ее надежности. Разработанная методика с использованием ЭВМ позволяет весьма быстро получать большой объем информации о загрузке всех элементов долота.

Список литературы

1. Пяльченков В.А. Исследование распределения нагрузки между подшипниками опоры шарошечного долота с использованием фотоупругой модели // Известия вузов. Нефть и газ. – 2014. — № 1. – С. 57—61.
2. Пяльченков В.А. Аналитическое определение реакций в опорах шарошечного долота // Известия вузов. Нефть и газ. – 2014. — № 3. – С. 66–72.
3. Пяльченков В.А. К оценке долговечности подшипников опоры шарошечного долота // Современные проблемы науки и образования. – 2014. — №6. URL: www.science-education.ru/120-16677 (дата обращения: 08.01.2015).
4. Пяльченков В.А. Аналитическое исследование деформируемости деталей шарошечного долота // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — № 1; URL: www.science-education.ru/121-17246 (дата обращения: 02.02.2015).
5. Пяльченков В.А. Методы исследования нагруженности вооружения и подшипников опоры шарошечных долот // Известия вузов. Нефть и газ. – 2015. № 1, — С. 88–95.
6. Пяльченков В.А. Экспериментальное исследование деформируемости элементов шарошечного долота // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — № 1; URL: www.science-education.ru/121-17926(дата обращения: 05.04.2015).

7. Пяльченков В.А. Расчет нагруженности элементов долота // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — № 1; URL: www.science-education.ru/121-18865 (дата обращения: (11.05.2015)).
8. Пяльченков В.А. Исследования разрушений и повреждений твердосплавного вооружения шарошечного долота // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — №1; URL: www.science-education.ru/121-19339 (дата обращения: 17.08.2015).
9. Пяльченков В.А. Способ измерения сил, действующих на зубья шарошечного долота // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — № 2; URL: www.science-education.ru/129-21474(дата обращения: 19.09.2015).
10. Пяльченков В.А. Стенд для исследования загруженности вооружения шарошечного долота // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — № 2; URL: www.science-education.ru/129-21473 (дата обращения: 19.09.2015).

Рецензенты:

Долгушин В.В., д.т.н., профессор, директор Института промышленных технологий и инжиниринга ФГБОУ ВПО «Тюменский Государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Пирогов С.П., д.т.н., профессор кафедры «Прикладная механика» ФГБОУ ВПО «Тюменский Государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.