

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРУЖЕННОСТИ ВООРУЖЕНИЯ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

Пяльченков В.А.^{1,2}

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

Приведены результаты анализа исследований загрузки вооружения шарошечных долот. В результате аналитических исследований установлено, что доля осевой нагрузки, приходящейся на каждую шарошку обратно пропорциональна вертикальной жесткости шарошечного узла при данном варианте взаимодействия шарошки с забоем. При расчетах величин усилий, действующих на венцы шарошек, использовались аналитические и экспериментальные данные о жесткости шарошечного узла. В результате расчетов установлено, что наиболее загруженными должны быть средние венцы шарошек. Экспериментальными исследованиями, проведенными на специальном стенде, также установлено, что наиболее загруженными являются средние венцы. В результате анализа расположения венцов различных шарошек по радиусу забоя сделан вывод, что относительная загрузка различных венцов шарошек долота зависит от их вертикальной жесткости, определяемой, главным образом, конструкцией опорного узла и положением венца на шарошке.

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

ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE STUDY WORKLOAD OF WEAPONS OF ROLLER BITS

Ryalchenkov V. A.^{1,2}

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@tsogu.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, street Tolstoy, 1)

The results of the analysis of the research workload of weapons of roller bits. As a result of analytical studies have established that the proportion of the axial load attributed to each of the vertical cutter is inversely proportional to the stiffness of a cone node in this embodiment, the interaction of the cutter with the bottom. In the calculation of values of forces acting on the cutters, used analytical and experimental data on the stiffness of a cone node. As a result of calculations it is established that the loaded should be the average of the cutters. Experimental studies conducted on a special stand, also found that the busiest are the average crowns. The analysis of the location of the various crowns of the cutters radially of the face it is concluded that the relative workload of the various cutters of the bit depends on their vertical stiffness, determined, driven mainly by the design of the reference node and the position of the crown on the cutter.

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

Анализ работ, посвященных исследованию силовых характеристик работы долот [1,5], показывает недостаточную изученность данной проблемы. Для аналитической оценки величины усилий, действующих на зубки шарошек, рассмотрено в статическом состоянии долото, закрепленное в колонне бурильных труб или буровом стае, каждая шарошка которого опирается на плоский забой одним зубком, на который со стороны забоя действует осевое усилие P (Рис.1) [7]. При строго вертикальном положении долота и не деформируемом забое распределение осевого усилия между шарошками будет зависеть от жесткости шарошечного узла. Для расчета усилий, действующих на зубки шарошек долота при различных вариантах взаимодействия вооружения с забоем

необходимо иметь аналитические выражения, связывающие вертикальные перемещения точки шарошки, в которой приложена нагрузка, величину действующей на шарошку нагрузки и радиус приложения нагрузки.

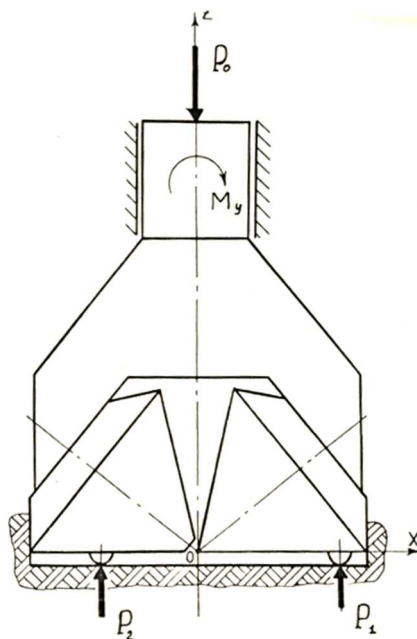


Рис. 1. Схема сил, действующих на долото.

Такие зависимости были получены аналитически и экспериментально[3,4,7]. По этим зависимостям были рассчитаны величины усилий, действующих на венцы всех шарошек долота Ш215,9К-ПВ. Расчет проведен в двух вариантах. В первом случае в качестве зависимости вертикальной жесткости шарошки от величины и радиуса приложения усилия принята зависимость, полученная в результате теоретического анализа деформации деталей долота, а во втором варианте в качестве расчетных приняты экспериментальные значения деформаций[6]. Результаты расчетов при осевой нагрузке на долото $P = 80$ кН приведены на рис.2.

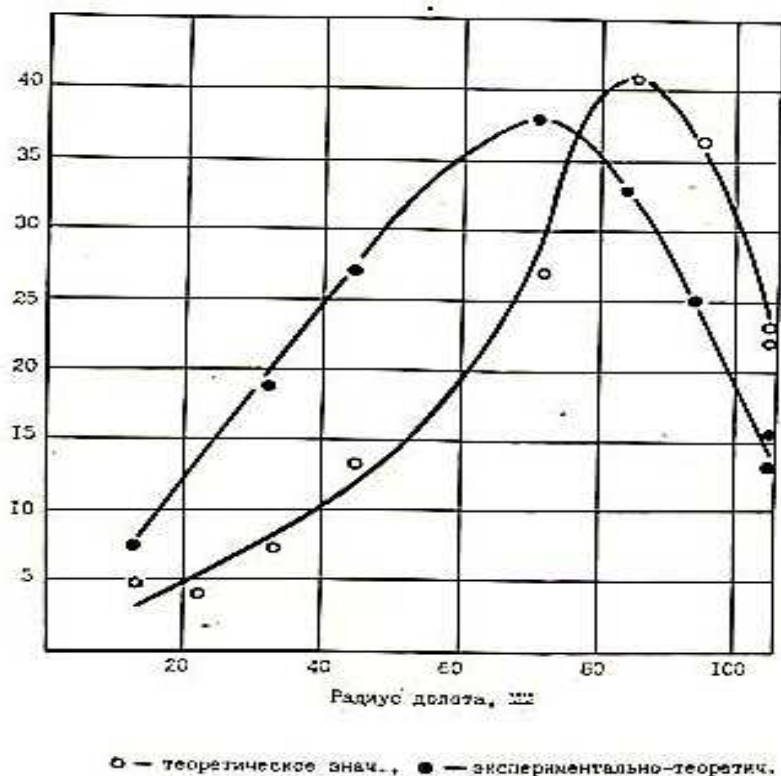


Рис.2. Расчетные зависимости распределения осевой нагрузки по венцам шарошек долота III215,9К-ПВ

В результате экспериментальных исследований нагруженности вооружения шарошечных долот, проведенных по новой методике [8,9] с использованием оригинального измерительного устройства установлено, что осевая нагрузка и вращающий момент распределяются по вооружению долот весьма неравномерно. Наибольшую по величине осевую нагрузку для долот исследуемых типоразмеров воспринимают венцы, расположенные в средней части радиуса долота.

Из них наиболее нагруженным является венец, расположенный на радиусе долота $R=70-71$ мм. Причем, эта неравномерность сохраняется при различном конструктивном исполнении вооружения. Распределение осевой нагрузки по шарошкам долот также неравномерно, максимальная осевая нагрузка воспринимается первой шарошкой, минимальная - третьей.

Однако степень неравномерности распределения осевой нагрузки по шарошкам долота в значительной мере зависит от конструкции вооружения и, главным образом, от характера расположения венцов на шарошках вдоль радиуса долота, что особенно значительно проявляется у долот со штыревым твердосплавным вооружением (Рис.3).

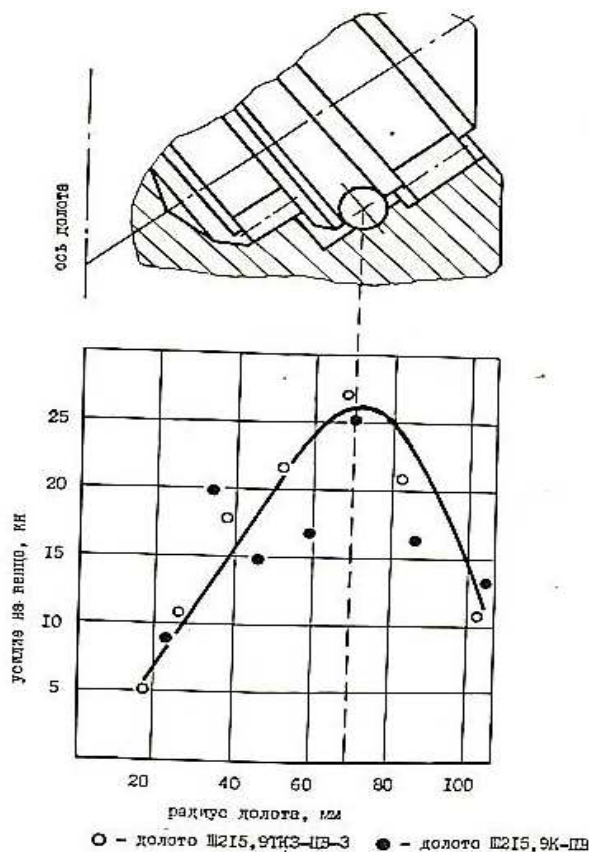


Рис.3. Зависимость загруженности венцов шарошек от их положения по радиусу долота

Сравнение полученных экспериментальных результатов с результатами аналитических исследований позволяет установить, что экспериментально-теоретические значения усилий на всех венцах и теоретические значения усилий на венцах, расположенных в радиусе $R > 65$ мм превышают фактические значения усилий. Это связано с тем, что при расчетах предполагалось, что каждая шарошка контактирует с забоем только одним зубком, находящимся в вертикальном положении, фактически же в каждый момент времени наряду с рассматриваемым зубком с забоем взаимодействуют еще один или даже несколько зубков, воспринимающих на себя часть нагрузки, действующей на рассматриваемую шарошку. Величины усилий, действующих на различные венцы шарошек, определенные экспериментально-теоретическим методом, отличаются от действительных значений усилий, определенных экспериментально, не более чем на 30 - 35 %. Поэтому использование предлагаемого экспериментально-теоретического метода оценки величин усилий, действующих на венцы шарошек долота, вполне приемлемо для проверки оптимальности расположения вооружения по шарошкам долота на стадии его проектирования. У долот Ш215,9К-ПВ наиболее нагруженным является средний венец первой шарошки, воспринимающий около 20 % всей осевой нагрузки на долото. Средняя загруженность первой шарошки, на которой расположен наиболее нагруженный венец, также превышает среднюю загруженность остальных

шарошек и составляет около 43 % от всей осевой нагрузки, действующей на долото. При экспериментальном определении величин осевых усилий, воспринимаемых каждым зубком всех шарошек долота, было установлено, что отдельные зубки среднего венца первой шарошки долота Ш215,9К-ПВ могут воспринимать до 50 % всей осевой нагрузки. При опирании шарошки на зубки этого венца линия действия силы реакции взаимодействия вооружения с забоем проходит через центр нижнего шарика замкового подшипника. Исследование напряженного состояния деталей опорного узла плоской модели, проведенные методом фотоупругости[2,10], позволили установить, что в этом случае нагрузка воспринимается всеми тремя подшипниками опорного узла и система "шарошка-забой" имеет наибольшую вертикальную жесткость. Экспериментально и теоретически доказана связь между вертикальной жесткостью шарошечного узла и долей общей осевой нагрузки, воспринимаемой шарошкой. Если каждая из трех шарошек опирается на забой только одним зубком, то наибольшую осевую нагрузку будет воспринимать та из шарошек, вертикальная жесткость которой в рассматриваемый момент будет наибольшей. На основе этого предположения был разработан экспериментально-теоретический метод расчета величины усилий, действующих на вооружение шарошек долота. Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными показало, что данная методика может быть использована как для качественной, так и для количественной оценки величин нагрузок, действующих на венцы шарошек, особенно на стадии проектирования при выборе оптимального расположения вооружения по шарошке. На рис.4. показана схема опорного узла шарошки исследуемых долот, совмещенная с зависимостями изменения загруженности и вертикального перемещения венцов от их положения на образующей шарошки.

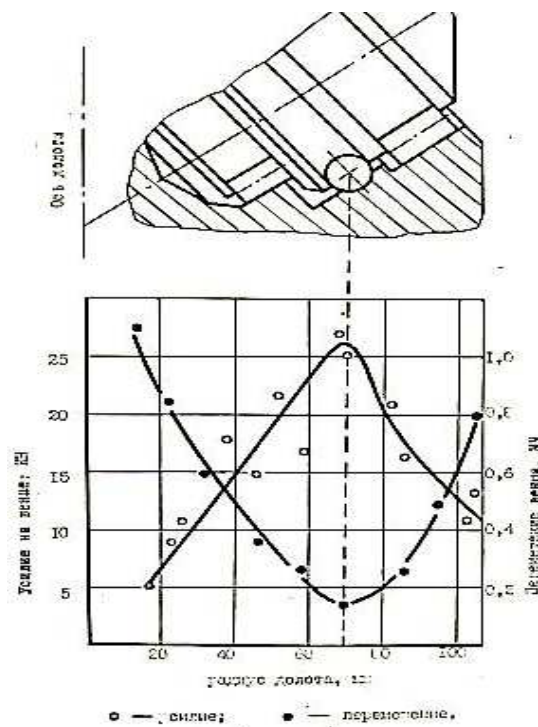


Рис.4. Влияние положения венцов шарошек на их загруженность и жесткость

Этот рисунок наглядно подтверждает вывод о том, что относительная загруженность различных венцов шарошек долота зависит от их вертикальной жесткости, определяемой, главным образом, конструкцией опорного узла и положением венца на шарошке. Кроме конструктивных факторов на загруженность вооружения и опорного узла оказывают влияние также и технологические факторы. Экспериментально установлено, что наибольшее влияние на перераспределение осевой нагрузки между венцами и шарошками долота оказывает взаимное положение шарошек вдоль оси долота относительно упорного уступа. Полученные результаты позволяют проанализировать существующие конструкции долот с точки зрения загруженности их элементов и предложить рекомендации по их оптимизации.

Список литературы

1. Пяльченков В.А. Повышение работоспособности шарошечных долот путем рационального распределения нагрузок по элементам вооружения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Российский государственный университет нефти и газа имени И.М.Губкина. – Москва, 1983, 216 с.
2. 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.
3. Пяльченков В.А. Аналитическое определение реакций в опорах шарошечного долота // Известия вузов. Нефть и газ. – 2014. - № 3. – С.66-72.
4. 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).
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 вооружения долота // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №1; URL: www.science-education.ru/121-188 (дата обращения: 08.07.2015).
8. Пяльченков В.А. Стенд для исследования нагруженности вооружения шарошечных долот // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №2; URL: www.science-education.ru/121-188 (дата обращения: 08.07.2015).

(дата обращения: 28.08.2015).

9. Пяльченков В.А., Смолин Н.И. Методика проведения исследований распределения на зубьям шарошечного долота// Современные проблемы науки и образования. – 2015. - № www.science-education.ru/129-21853 (дата обращения: 29.09.2015).

10. Пяльченков В.А. Моделирование загруженности подшипников опоры шарошечного долота. Механика и процессы управления. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Механика и процессы управления». Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. - С. 105-109.

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.