

ВЫБОР РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ НА ЗУБЬЯ 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@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)

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

Разработана методика выбора режимов испытаний при проведении 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. Выполнен анализ схемы взаимодействия вооружения одного венца с забоем, на основании которого сделан вывод о том, что осевые составляющие усилий оказывают большее влияние на долговечность вооружения. Поэтому при выборе режимов испытаний оценивали только осевые составляющие. Определены оптимальные интервалы осевых нагрузок на долото и частот вращения долота, позволяющие получить объективную картину распределения сил по вооружению долота.

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

THE CHOICE OF TEST MODES WHEN DETERMINING THE LOAD 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@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, st. Tolstoy, 1)

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

The method for selection of test modes when conducting 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. The analysis of the communication of the arms of one of the crown with the bottom on the basis of which it is concluded that the axial components of the efforts have a greater impact on the durability of weapons. Therefore, the choice of test modes were evaluated only axial components. The optimum spacing of axial loads on the bit and frequency of rotation of the bit, which allows to obtain an objective picture of the distribution of forces on the arms bit.

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

Долговечность вооружения и опор шарошечного долота во многом определяется их загруженностью. Результаты ряда исследований указывают на неравномерный характер распределения нагрузки [1,2,3,5,7]. Это зависит от различных факторов, в том числе деформируемости деталей долота [4,7]. Анализируя осциллограммы изменения во времени осевых составляющих усилия взаимодействия зубков шарошек долота с забоем [9,10], можно установить, что процессы изменения реакций являются случайными стационарными

периодическими процессами. На осциллограмме периодически повторяются пики осевых усилий, действующих на венцы, и периоды процессов зависят от количества зубков на венцах. Рассмотрим схему взаимодействия вооружения одного венца с забоем (рис.1). Возможны два крайних случая взаимодействия вооружения венца с забоем. В момент времени t_1 венец занимает положение 1, когда вертикальная ось симметрии венца делит угол между соседними зубками практически пополам. В этот момент происходит выход из контакта с забоем одного зубка и начало контакта с забоем следующего, при этом осевая составляющая усилия P , действующая на венец принимает минимальное значение и может быть равной нулю, если один из зубков уже вышел из контакта с забоем, а следующий зубок еще не вступил в контакт. В момент времени t_2 венец занимает положение 2, когда вертикальная ось симметрии венца совпадает с осью одного из зубков вооружения. В этот момент на венец действует максимальная осевая нагрузка, воспринимаемая одним зубком. Кроме осевых составляющих реакций взаимодействия зубков с забоем, возникают еще и тангенциальные составляющие F , лежащие в плоскости, перпендикулярной оси вращения долота. При проведении экспериментальных исследований нагруженности твердосплавного вооружения долота основное внимание было уделено изучению распределения действующего на долото осевого усилия по элементам вооружения шарошек. Исследование распределения крутящего момента по вооружению долота проводилось только при определении усилий, действующих на каждый зубок вооружения шарошек. Это связано с тем, что величина крутящего момента действующего на долото зависит, при прочих равных условиях, от величины осевого усилия, действующего на долото. Поэтому, можно предположить, что и величины тангенциальных составляющих усилий действующих на венцы и отдельные зубки венцов шарошек зависят от величин осевых усилий. Кроме того, при бурении крепких пород долотами, изготовленными без смещения осей шарошек в плане, крутящие моменты на долоте сравнительно невелики, и влияние тангенциальных составляющих усилий на долговечность зубков вооружения будет значительно меньшим, чем осевых составляющих.

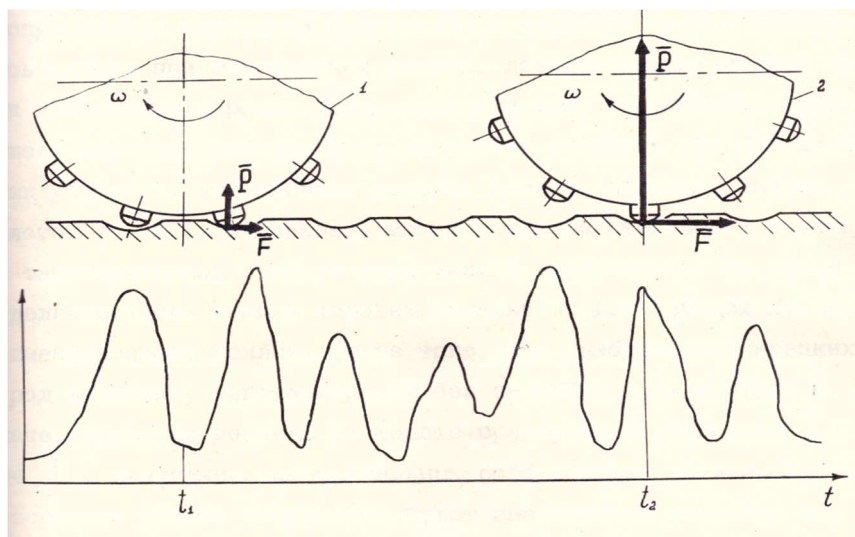


Рис. 1 Схема взаимодействия вооружения венца с забоем

Для выяснения влияния режимов испытаний на характер распределения осевой нагрузки по элементам вооружения, были проведены испытания при различных осевых нагрузках и угловых скоростях долота. Исследования проводились на долотах Ш215,9К-ПВ, для которых максимальная разница в уровне расположения шарошек в направлении оси резьбы долота относительно упорного уступа не превышала 0,2 мм. Осевая нагрузка на долото принималась равной 20, 40, 80, 120 и 160 Кн. Для каждого значения осевой нагрузки проведены испытания при угловых скоростях долота $1,31 \text{ с}^{-1}$, $3,30 \text{ с}^{-1}$, $5,65 \text{ с}^{-1}$, $11,31 \text{ с}^{-1}$. На рис. 2 приведены зависимости математических ожиданий осевых усилий на венцах каждой шарошки от общей осевой нагрузки на долото при угловой скорости $3,30 \text{ с}^{-1}$. Из приведенных зависимостей видно, что при увеличении нагрузки на долото осевое усилие на каждом венце каждой шарошки возрастает пропорционально, причем коэффициенты пропорциональности для всех венцов в исследуемом диапазоне усилий близки коэффициенту пропорциональности увеличения нагрузки на долото. Однако скорость возрастания осевой нагрузки на разных венцах несколько отличается, т.е. при увеличении осевой нагрузки на долото происходит перераспределение ее между венцами шарошек.

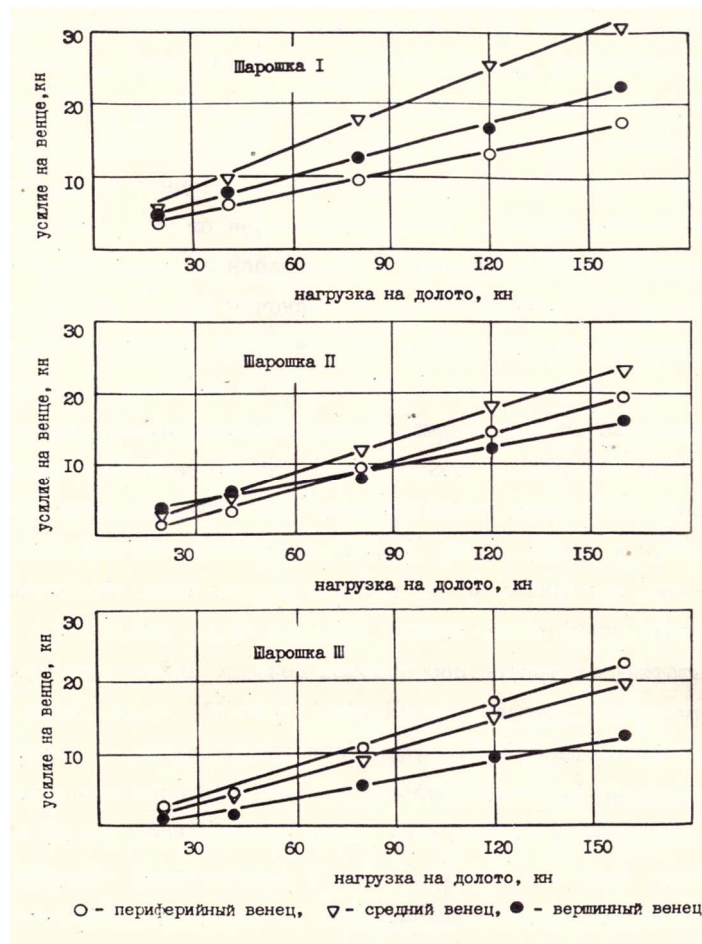


Рис. 2. Зависимости математических ожиданий осевых усилий на венцах шарошек долота Ш215,9К-ПВ от осевой нагрузки на долото при угловой скорости долота $3,3 \text{ с}^{-1}$

Чтобы выяснить характер этого перераспределения, определим относительную погруженность всех венцов шарошек, пользуясь зависимостью:

$$P_{i0} = \frac{P_{i0}}{\sum_{i=1}^k P_i} * 100\% ;$$

где P_{i0} – относительная средняя нагрузка на i -тый венец в %;

P_i – абсолютная средняя нагрузка i -тый венец в Кн;

K – число венцов всех шарошек долота.

На рис. 3 приведены зависимости относительной нагруженности венцов шарошек от осевой нагрузки на долото. Относительная нагруженность венцов меняется при изменении осевой нагрузки на долото. Особенно значительны эти изменения при малых (до 40...60 Кн) нагрузках на долото. При дальнейшем увеличении осевой нагрузки на долото изменение относительной нагруженности венцов шарошек замедляется и при осевой нагрузке свыше 80...100 Кн перераспределения ее между венцами шарошек практически не наблюдается.

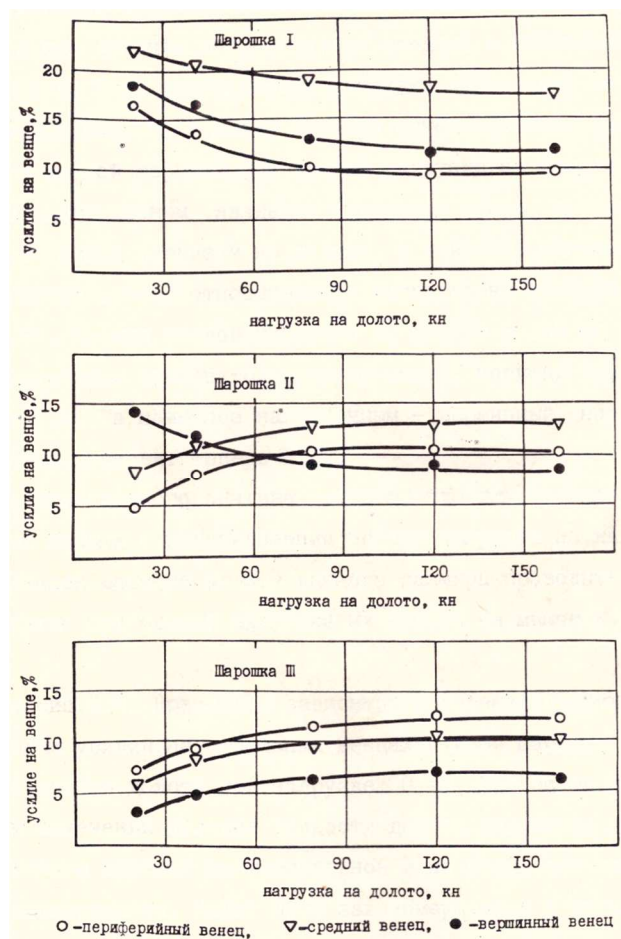


Рис.3. Зависимость относительной нагруженности венцов шарошек от осевой нагрузки на долото при угловой скорости долота $3,3 \text{ с}^{-1}$

Наибольшая неравномерность распределения осевой нагрузки по венцам шарошек наблюдается при малых величинах нагрузки. При увеличении осевой нагрузки на долото прослеживается тенденция к выравниванию относительной нагруженности различных венцов шарошек. Так например при значениях осевой нагрузки на долото 20, 40, 80, 120 и 160 Кн относительная нагруженность периферийного венца первой шарошки составляет соответственно: 16,4%, 13,5%, 10,6% и 9,7%. Для периферийного венца второй шарошки эти величины составят 4,9%, 7,3%, 8,7%, 10,1% и 10,3%, относительная нагруженность периферийного венца третьей шарошки составляет соответственно 7,2%, 8,6%, 10,8%, 11,3%, 11,2%. Из этих данных видно, что происходит не только количественное, но и качественное перераспределение нагрузки. Так, при осевой нагрузке на долото, равной 20 Кн, периферийные венцы трех шарошек по степени их нагруженности расположатся в ряд $1 > 3 > 2$. Если принять относительную нагруженность периферийного венца второй шарошки за единицу, то нагруженность периферийных венцов I и 3 шарошек составят соответственно 3,35 и 1,47. При осевой нагрузке на долото 160 Кн ряд нагруженностей периферийных венцов шарошек будет выглядеть следующим образом $3 > 2 > 1$ причем, если принять

нагруженность периферийного венца первой шарошки за единицу, то нагруженность периферийных венцов третьей и второй шарошек составят 1,15 и 1,06. Сходная картина наблюдается и при анализе нагруженности средних и вершинных венцов шарошек. Перераспределение нагрузки происходит не только между шарошками, но и между венцами одной шарошки. У второй шарошки при осевой нагрузке на долото 20 Кн наиболее нагруженным является вершинный венец, воспринимающий 14,3% общей нагрузки на долото, а наименее нагруженным – периферийный венец, относительная нагрузка на который составляет 4,9%. Но при осевой нагрузке на долото в 160 Кн наиболее нагруженным становится средний венец, несущий 12,5% общей нагрузки, а наименее нагруженным – вершинный, нагрузка на который составит теперь 8,7%.

Из приведенного анализа следует, что для получения достоверных данных о распределении осевой нагрузки по каждому венцу каждой шарошки долота данного размера проводить испытания нужно при осевой нагрузке на долото не менее 80...100 Кн. Для определения влияния угловой скорости долота на характер распределения нагрузки были проведены испытания при осевой нагрузке на долото 80 Кн и угловых скоростях долота $1,31 \text{ с}^{-1}$, $3,30 \text{ с}^{-1}$, $5,65 \text{ с}^{-1}$, $11,31 \text{ с}^{-1}$. При почти десятикратном изменении угловой скорости долота изменение нагруженности венцов шарошек незначительное и не превышает погрешности эксперимента. Каких-либо закономерностей в этих изменениях не обнаруживается, поэтому можно сделать вывод, что изменение угловой скорости долота в исследуемом диапазоне практически не оказывает влияния на расположение осевой нагрузки по венцам шарошек долота. Следовательно, можно выбирать наиболее удобный для проведения тех или иных исследований режим испытаний без существенных ограничений.

Приведенные результаты исследований распределения осевой нагрузки по венцам каждой шарошки долота Ш215.9К-ПВ при различных режимах испытаний позволяют сделать вывод о том, что нагруженность вооружения весьма не одинакова. Наибольшую долю всей осевой нагрузки, действующей на долото, воспринимает средний венец первой шарошки. Относительная нагруженность этого венца, при нагрузке на долото 80 кн и угловой скорости долота $3,3 \text{ с}^{-1}$, составляет 19,1% от общей осевой нагрузки на долото, что значительно превосходит относительную нагруженность соседних с ним периферийного и вершинного венцов, воспринимающих соответственно 10,6% и 13,4% всей осевой нагрузки на долото. Аналогичная картина наблюдается и для других шарошек исследуемого долота. Просуммировав относительные нагрузки, действующие на венцы одной шарошки, можно установить, что наиболее нагруженной является первая шарошка (43,1% общей нагрузки на долото), второе место по уровню нагруженности занимает вторая шарошка (30,4%) и наименее нагруженной является третья шарошка (26,5%). Полученные результаты

подтверждают предположение о неравномерном распределении нагрузки по элементам вооружения и опорных узлов шарошек и коррелируют с исследованиями разрушений и повреждений вооружения и опор долот [8].

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 прикладной механики ФГБОУ ВПО «Тюменский Государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.