

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВООРУЖЕНИЯ ДОЛОТ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ ПО ВЕНЦАМ КАЖДОЙ ШАРОШКИ

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)

Предложены результаты исследований распределения осевой нагрузки по венцам шарошек долот с твердосплавным штыревым и фрезерованным вооружением. Испытания проводились на специально спроектированном и изготовленном на базе универсальной испытательной машины стенде. Исследование заключается во вращении долота под нагрузкой по металлическому забою специального измерительного устройства. Методика проведения исследований выбор режимов испытаний обоснованы результатами специальных испытаний. Полученные результаты позволили установить, что нагрузка по венцам шарошек распределяется весьма неравномерно, а наиболее нагруженными являются средние венцы шарошек. 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.

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

THE EFFECT OF CONSTRUCTION OF ARMAMENT BITS ON THE DISTRIBUTION OF AXIAL LOADS ON THE CROWNS OF EACH OF THE CUTTERS

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 proposed research results the distribution of the axial load on the cutters of drill bits with carbide pins and milled weapons. The tests were conducted on a specially designed and manufactured on the basis of universal testing machine stand. The study is in the rotation of the bit under load on a metal face of a special measuring device. The methodology of the research the selection of test modes supported by the results of special tests. The results obtained allowed to establish that the load on the cutters is distributed very unevenly, and most loaded are average cutters. Moreover, this irregularity is maintained when various versions of weapons. The distribution of axial loads on the cutter bits is also uneven, the maximum axial load is perceived by the first cutter, the minimum third. However, the degree of uneven distribution of axial load on the cutters of the bit largely depends on the design of weapons and, mainly, the nature of the arrangement of crowns on the cutter along the radius of the bit, which is especially evident in much of the bits with pin tungsten carbide inserts.

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

Для изучения влияния конструкции вооружения на распределение осевой нагрузки по венцам шарошек были проведены испытания долот Ш215,9К-ПВ и Ш215,9ТКЗ-ЦВ-3, отличающихся расположением венцов на шарошках, а также формой и количеством твердосплавных зубков. Испытания проводились на специально спроектированном и изготовленном на базе универсальной испытательной машины ГМС-20 стенде [1,5,8], принципиальная схема которого приведена на рис.1. Исследование заключается во

вращении долота под нагрузкой по металлическому забою специального измерительного устройства. Методика проведения исследований распределения нагрузки по элементам вооружения долот и выбор режимов испытаний обоснованы результатами специальных исследований [1,9]. Испытания проводились при осевой нагрузке на долото $P=80$ кН и угловой скорости долота $\omega_g = 3,3$ с⁻¹.

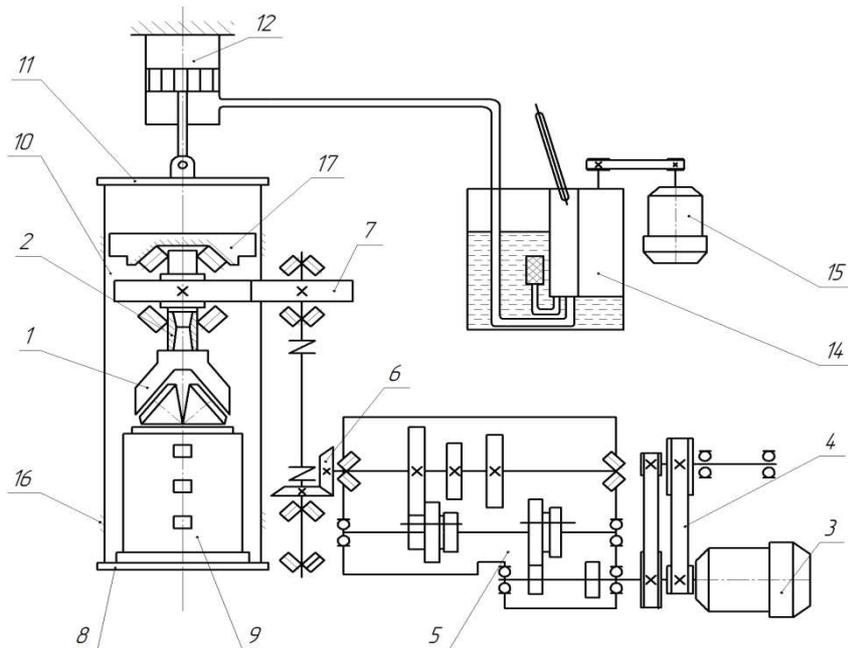


Рис.1. Принципиальная схема испытательного стенда:

1-долото; 2-шпиндель; 3-двигатель; 4,5,6,7-передачи; 8-нижняя траверса; 9-измерительное устройство; 10-тяги; 11-верхняя траверса; 12-гидроцилиндр; 13-трубопровод; 14-насос; 15-двигатель; 16-направляющие; 17-корпус.

Приведенные результаты исследований распределения осевой нагрузки по венцам каждой шарошки долота Ш215.9К-ПВ позволяют сделать вывод о том, что средняя загруженность венцов различных шарошек значительно отличается друг от друга (Таблица 1). Наибольшую долю всей осевой нагрузки, действующей на долото, воспринимает средний венец первой шарошки. Относительная загруженность этого венца при нагрузке на долото 80 кН и угловой скорости долота 3,3 с⁻¹ составляет 19,1% от общей осевой нагрузки на долото. Это значительно превосходит относительную загруженность 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 (Таблица 1).

Таблица 1

Показатели загруженности венца	Порядковый номер венца								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее	9,9	18,1	12,5	8,3	11,3	8,8	10,0	5,2	5,4

значение усилия, кН									
Среднее значение усилия, %	10,6	19,1	13,4	8,7	12,2	9,5	10,8	9,9	5,8
Средний максимум усилия, кН	13,6	25,0	21,2	12,6	16,0	14,8	12,7	16,6	8,7
Средний минимум усилия, кН	6,4	10,8	3,5	4,1	6,4	2,6	7,5	3,8	1,8
Амплитуда усилия, кН	7,2	14,2	17,7	8,5	9,6	12,2	5,2	12,8	6,9

Для удобства все венцы шарошек пронумерованы по порядку от периферийного венца первой шарошки (венец 1), до вершинного венца третьей шарошки (венец 9). Просуммировав относительные нагрузки, действующие на венцы одной шарошки, можно установить, что наиболее нагруженной является первая шарошка, воспринимающая 43,1% общей нагрузки на долото, второе место по уровню загруженности занимает вторая шарошка (30,4%) и наименее нагруженной является третья шарошка (26,5%). Результаты испытаний долот Ш215,9ТКЗ-ЦВ-3 приведены в таблице 2. Для долот этого типа наиболее нагруженным венцом является средний венец второй шарошки. Среднее значение усилия на этом венце равно 17,67кН, что составляет 19% от общей осевой нагрузки на долото. Для долота Ш215,9ТКЗ-ЦВ-3 загруженность средних венцов каждой шарошки также выше, чем загруженность вершинных и периферийных венцов, причем разница в загруженности средних и соседних с ними венцов у долот этого типа более значительна, чем у долот типа К-ПВ.

Таблица 2

Показатели загруженности венца	Порядковый номер венца								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее значение усилия, кН	8,2	14,3	11,3	8,0	17,7	6,6	10,0	13,7	3,3
Среднее значение усилия, %	8,8	15,4	12,1	8,6	19,0	7,1	10,7	14,7	3,6
Средний максимум усилия, кН	10,3	20,6	17,8	10,9	27,0	10,3	11,9	21,6	5,2
Средний минимум усилия, кН	5,8	7,6	4,6	5,2	8,3	2,6	8,2	5,3	1,1
Амплитуда усилия, кН	4,5	13,0	13,2	5,7	18,7	7,7	3,7	16,3	4,1

При сопоставлении относительной загруженности шарошек этого типа долота можно видеть, что наиболее нагруженной шарошкой в этом долоте, также как и в долоте Ш215,9К-ПВ, является первая шарошка, воспринимающая 36,3% общей осевой нагрузки. Второе место по уровню загруженности занимает вторая шарошка, воспринимающая 34,7% общей нагрузки, и наименее нагруженной является третья шарошка - 29,0%. Из приведенных результатов видно, что неравномерность распределения осевой нагрузки по венцам наблюдается у обоих типов долот. Однако, распределение нагрузки по шарошкам долота Ш215,9ТКЗ-ЦВ-3 значительно более равномерное, чем по шарошкам долота Ш215,9К-ПВ, Если принять величину нагрузки, действующей на наименее нагруженную третью шарошку долота Ш215,9К-ПВ за единицу, то нагрузка на первую и вторую шарошки составит соответственно 1,63 и 1,15. В то же время для долота Ш215,9ТКЗ-ЦВ-3 отношение осевой нагрузки, воспринимаемой первой и второй шарошками, к нагрузке, воспринимаемой наименее нагруженной третьей шарошкой, составит соответственно лишь 1,25 и 1,20.

Так как количество зубков на отдельных венцах различных шарошек неодинаково, то оценивать загруженность вооружения отдельных венцов шарошек только по величине средней осевой нагрузки на венец, видимо, недостаточно. На рис.2. и рис.3. приведены диаграммы распределения усилий по каждому венцу всех шарошек долот Ш215,9К-ПВ и Ш215,9ТКЗ-ЦВ-3, совмещенные со схемами вооружения шарошек и схемами дифференциации забоя по венцам.

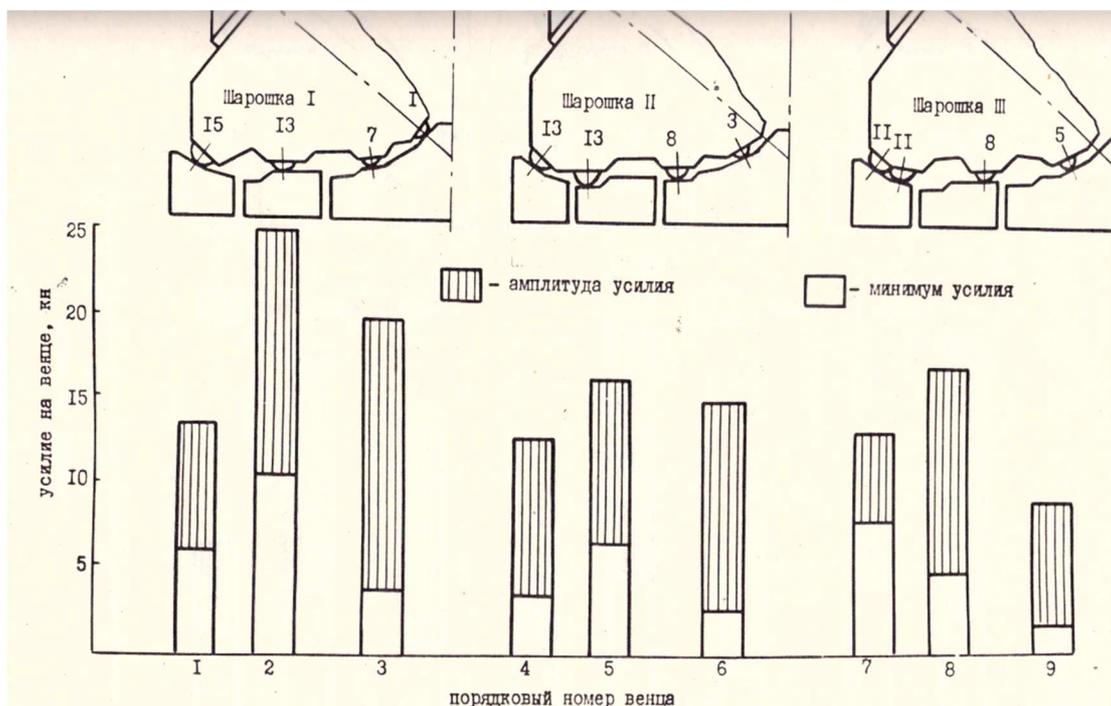


Рис.2. Диаграмма распределения осевой нагрузки по венцам шарошек долота Ш215,9К-ПВ

На диаграмме показаны средние значения амплитуд осевых усилий, действующих на венцы, а также средние минимальные значения осевых усилий. Результаты получены при испытании долот с осевой нагрузкой $P=80$ кН и угловой скоростью $3,3$ с⁻¹.

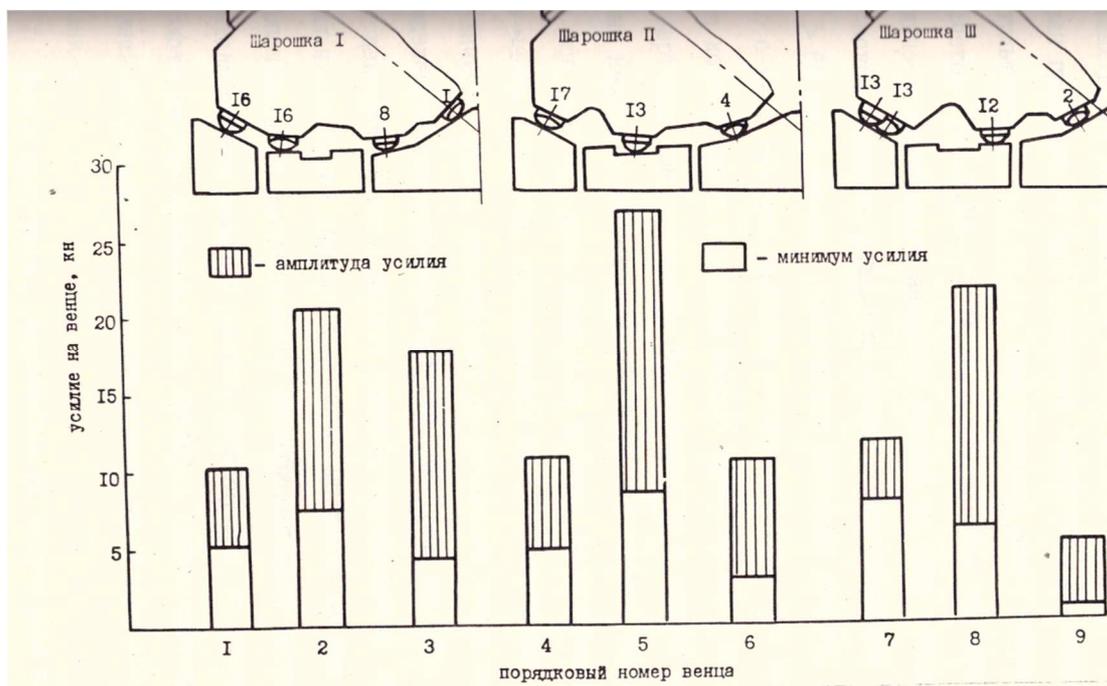


Рис.3. Диаграмма распределения осевой нагрузки по венцам шарошек долота Ш215,9ТКЗ-ЦВ-3

Характер распределения максимумов усилий по венцам отдельных шарошек примерно соответствует характеру распределения средних значений усилий, но при этом разница в величине усилий, действующих на средние и соседние с ними венцы еще более значительна. Максимальные по величине осевые усилия действуют на второй венец долота Ш215,9К-ПВ и на пятый венец долота Ш215,9ТКЗ-ЦВ-3 и составляют соответственно 25,03 кН и 26,96 кН. Конструкция опорных узлов шарошек долот типа К и ТКЗ практически одинакова и отличаются эти долота друг от друга, главным образом, конструктивным исполнением вооружения и размещением венцов на шарошках. В этой связи представляется необходимым установить изменение величины максимального осевого усилия, действующего на венец в зависимости от радиуса долота, на котором этот венец расположен. Эта зависимость, совмещенная со схемой опорного узла шарошки, приведена на рис.4

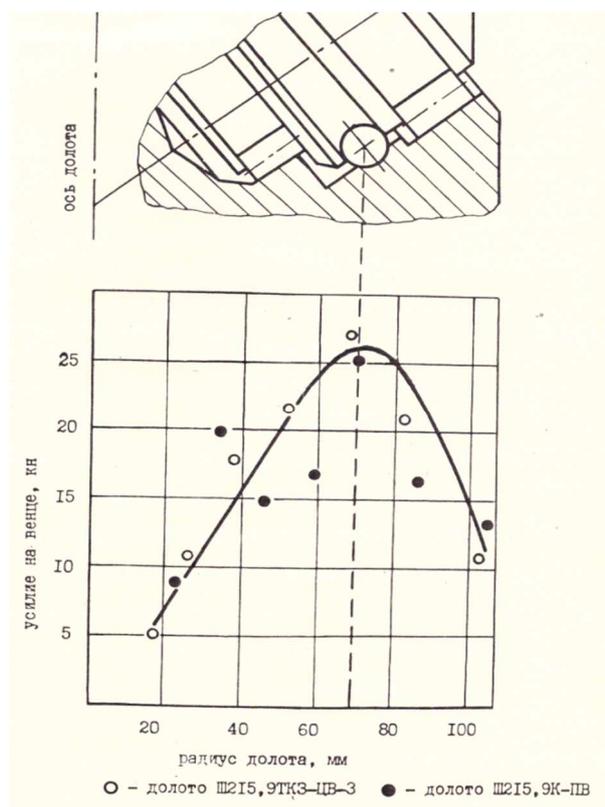


Рис.4. Влияние положения венцов на их загруженность

Как видно из приведенного рисунка разброс точек, характеризующий загруженность отдельных венцов, довольно значителен, однако, качественная закономерность все же прослеживается. Она заключается в том, что зависимость имеет максимум, лежащий близок середине радиуса долота, при удалении от которого как к оси долота, так и к периферии, происходит уменьшение среднего значения максимума усилия, действующего на венец. Причем наибольшее осевое усилие для обоих типов исследуемых долот действует на венцы, радиус расположения которых равен примерно 70 мм. Это согласуется с полученными нами результатами аналитических и экспериментальных исследований [3,4,10]. Чтобы проверить, сохраняется ли полученная закономерность распределения осевой нагрузки по венцам для долот, имеющих фрезерованное вооружение, были проведены испытания долот Ш215,9Т-ЦВ. У долот Ш215,9Т-ЦВ наиболее нагруженной является вторая шарошка, воспринимающая около 40% всей осевой нагрузки. Наиболее нагруженными венцами у всех шарошек долота типа Т являются, как и у долот с твердосплавным вооружением, средние венцы. Однако этот максимум не настолько ярко выражен и загруженность вершинных венцов у долота с фрезерованным вооружением приближается к загруженности средних венцов. Так, например, среднее значение максимума усилия, действующего на средний венец второй шарошки, составляет 16,8кН, а на вершинный венец второй шарошки составляет 15,7кН. Объяснить это можно следующими причинами. Как установлено нашими исследованиями [2,6,7,10], на распределение осевой нагрузки по элементам вооружения существенное влияние оказывает

жесткость опорных узлов шарошек. У долот, оснащенных твердосплавным вооружением, площади контакта с забоем зубков, расположенных на разных венцах, примерно одинаковы, поскольку диаметры зубков отличаются незначительно (8... 10 мм на вершинных венцах и 10... 12 мм на периферийных и средних венцах). Поэтому жесткость системы "зубок-порода" для различных венцов в этом случае можно считать практически одинаковой и не оказывающей существенного влияния на характер распределения нагрузки по венцам шарошек. У долот же с фрезерованным вооружением размеры и форма площадок притупления зубьев, расположенных на разных венцах, изменяются весьма значительно. Поэтому на характер распределения нагрузки по венцам шарошек наряду с жесткостью опорного узла существенное влияние оказывает и жесткость системы "зубок-порода".

Результаты приведенных исследований распределения осевой нагрузки по венцам шарошек долот позволили установить, что нагрузка по венцам шарошек распределяется весьма неравномерно, а наиболее нагруженными являются средние венцы шарошек. 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.

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/121-18865 (дата обращения: 08.07.2015).

8. Пяльченков В.А. Стенд для исследования загруженности вооружения шарошечных долот// Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №2; URL: www.science-education.ru/129-21473 (дата обращения: 28.08.2015).

9. Пяльченков В.А., Смолин Н.И. Методика проведения исследований распределения нагрузки по зубьям шарошечного долота// Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №2; URL: 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. – 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.