

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЗОРОВ В МНОГОРЯДНЫХ ПОДШИПНИКАХ БУРОВЫХ ДОЛОТ

*В.В. Ремнев\ Р.М. Богомолов¹, С.М. Крылов¹, Я.М. Клебанов²,
С.Д. Шапошников²*

¹ОАО «Волгабурмаш»

²Самарский государственный технический университет,
443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Предлагается новый способ селективной компьютерной сборки шарошечных долот.

Ключевые слова: буровые долота, шарошечные долота, опора, радиальные подшипники, зазор, стойкость долот, испытания

Непрерывный рост энерговооруженности буровых установок позволяет буровикам обеспечивать более жесткие, форсированные режимы бурения, ускоряя строительство и ввод в эксплуатацию глубоких нефтяных и газовых скважин. Поэтому буровики требуют от фирм, выпускающих буровые долота, новых, все более эффективных и стойких конструкций, наиболее полно соответствующих новым условиям бурения.

Одной из последних разработок специалистов ОАО «Волгабурмаш» является новый способ селективной компьютерной сборки (СКС) шарошечных долот [1], позволяющий обеспечить оптимальные зазоры и повысить долговечность многорядных подшипников скольжения.

Отработка долот с многорядными подшипниками в опоре с минимальными отклонениями по зазорам показала повышение стойкости опор и долот в целом. Это явилось основанием для разработки новой методики назначения зазоров в подшипниках опор и нового способа их сборки.

С этой целью был разработан комплекс программно-методических средств, в том числе математических моделей забоя скважины, самого долота и динамики работы долота на забое.

Верификация моделей осуществлялась на основе сравнения вычисленных теоретических нагрузок на элементы вооружения с экспериментальными данными. С использованием этих моделей решены задачи по оценке нагрузок на отдельные элементы вооружения и шарошки долота [2].

В свою очередь, информация о величине и направлении нагрузки на каждую шарошку использовалась для решения контактных задач по определению полей удельных нагрузок (давлений) на рабочие поверхности подшипников опор шарошек.

Ремнев Валерий Васильевич - начальник отдела повышения квалификации ОАО «Волгабурмаш», к.т.н., доцент.

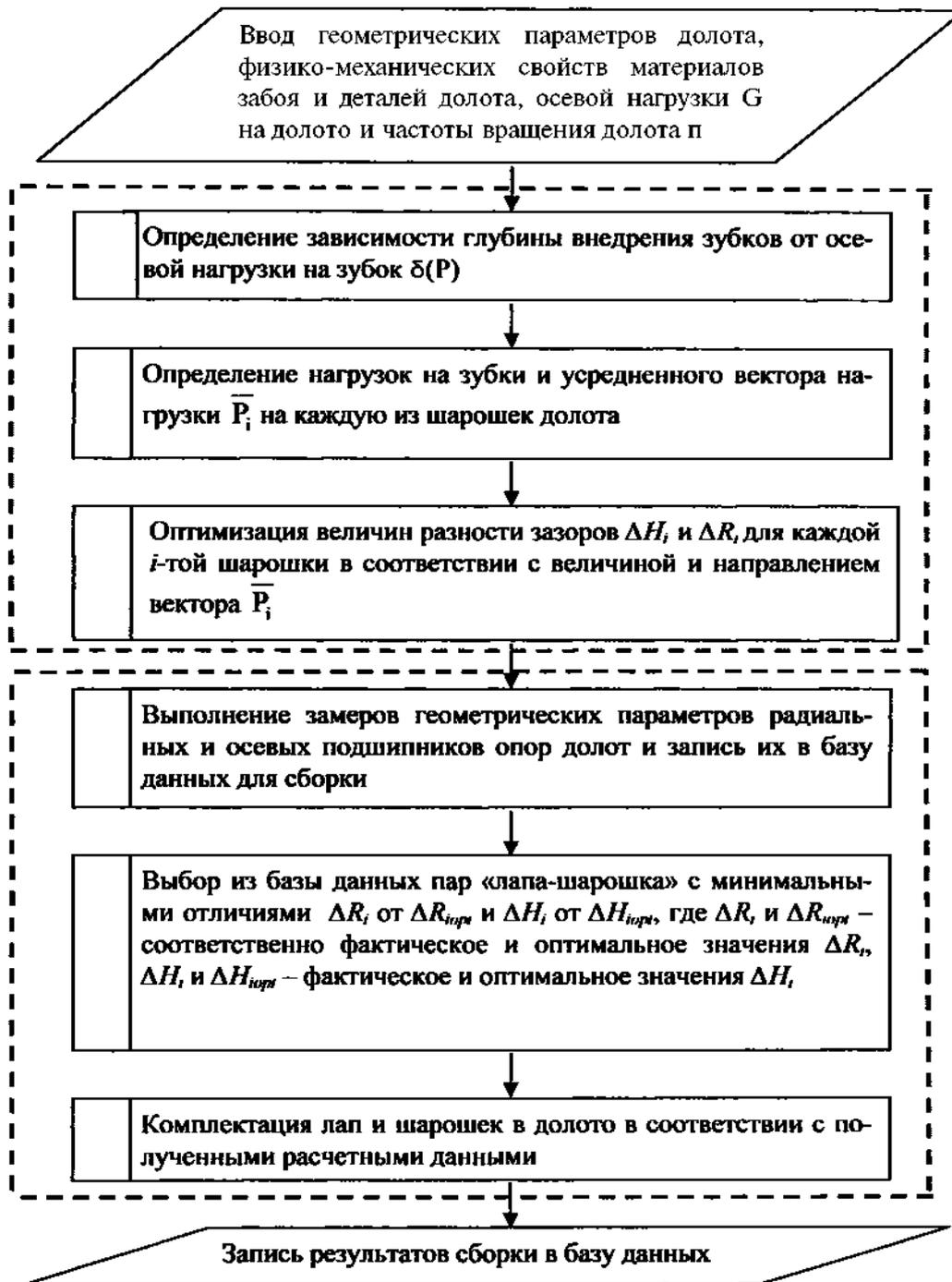
Богомолов Родион Михайлович - директор по перспективным исследованиям и разработкам ОАО «Волгабурмаш», д.т.н., профессор.

Крылов Сергей Михайлович - технический директор ОАО «Волгабурмаш».

Клебанов Яков Мордухович - заедующий кафедрой «Механика», д.т.н., профессор.

Шапошников Сергей Дмитриевич - профессор кафедры «Автоматизация производств и управление транспортными системами», к.т.н., доцент.

На рис. 1 представлена блок-схема применения нового способа СКС шарошечных долот, который состоит из двух этапов.



Р и с. 1. Блок-схема применения нового способа СКС шарошечных долот

На первом этапе выполняется расчет оптимальных разностей радиальных $AR_{i\text{опт}}$ и осевых $AH_{i\text{опт}}$ зазоров (блоки 1-3) с использованием конечно-элементной модели долота на основе критерия минимума максимального контактного давления в опоре:

$$Ap_{Ri} \rightarrow \min, \quad Ap_{Hi} \rightarrow \min,$$

где Ap_{Ri} и Ap_{Hi} - максимальное изменение контактного давления соответственно в радиальных и осевых подшипниках опоры i -той шарошки.

Исходными данными для расчета являются параметры геометрии долота, физико-механических свойств материалов забоя и деталей долота, осевая нагрузка G на долото и частота вращения долота n . После ввода исходных данных по разработанной методике выполняется моделирование системы «зубок-забой» и построение зависимостей $\delta(P)$ глубины внедрения δ от осевой нагрузки P на зубок для каждого типоразмера зубков, применяемых в шарошках долота.

На базе полученных зависимостей с применением модели взаимодействия долота с забоем [2] определяются нагрузки на зубки и рассчитываются усредненные векторы нагрузки P_i на каждую из шарошек долота ($i=1,2,3$).

По полученным внешним нагрузкам на шарошки отдельно для каждой из 3-х секций долота оценивается распределение контактного давления по рабочим поверхностям подшипников опор и определяются величины Ap_{Ri} и Ap_{Hi} .

Оценка оптимальных значений $AR_{i\text{опт}}$ и $AH_{i\text{опт}}$ осуществляется в интерактивном режиме методом последовательных приближений. При этом диапазон поиска оптимума выбирается с учетом проведенных ранее расчетов для аналогичных типов конструкций опоры.

На втором этапе (блоки 4-6) выполняются реальные замеры геометрических параметров радиальных и осевых подшипников опор долот, запись их в базу данных, подбор из базы данных с использованием специально разработанной программы пар «лапа-шарошка» с минимальными отличиями AR_i от $AR_{i\text{опт}}$ и AH_i от $AH_{i\text{опт}}$ по которым далее осуществляются комплектация и сборка секций и долот.

Результаты сборки записываются в базу данных для последующей оценки влияния фактических параметров сборки на долговечность опоры долота и уточнения (верификации) математических моделей, применяемых на этапе оптимизации.

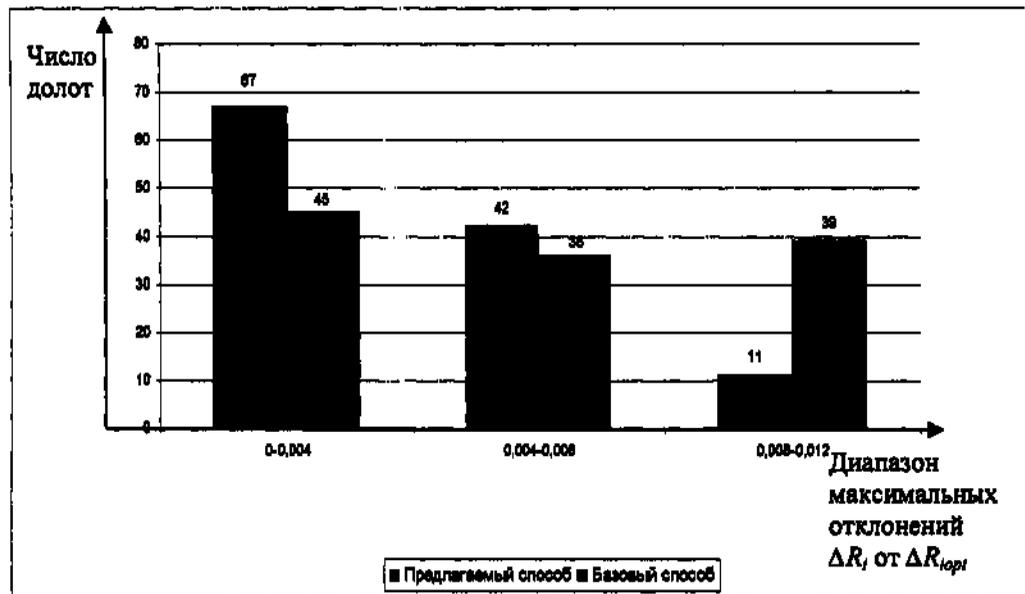
Для оценки эффективности нового варианта селективной компьютерной сборки была проведена виртуальная сборка 120 долот 215,9МЗ-ГАУ-Я233 с опорой скольжения, включающей два радиальных и два упорных подшипника, по базовой методике, а затем виртуальная и реальная сборка этих же долот - по новой методике.

Исследования показали, что диапазон максимальных отклонений параметра AR_i (разности зазоров в большом и малом радиальных подшипниках i -той секции) от оптимального расчетного значения $AR_{i\text{опт}}$ составляет 0-0,012 мм, а диапазон максимальных отклонений AH_i (разности зазоров в упорных подшипниках) от $AH_{i\text{опт}}$ - 0-0,004 мм.

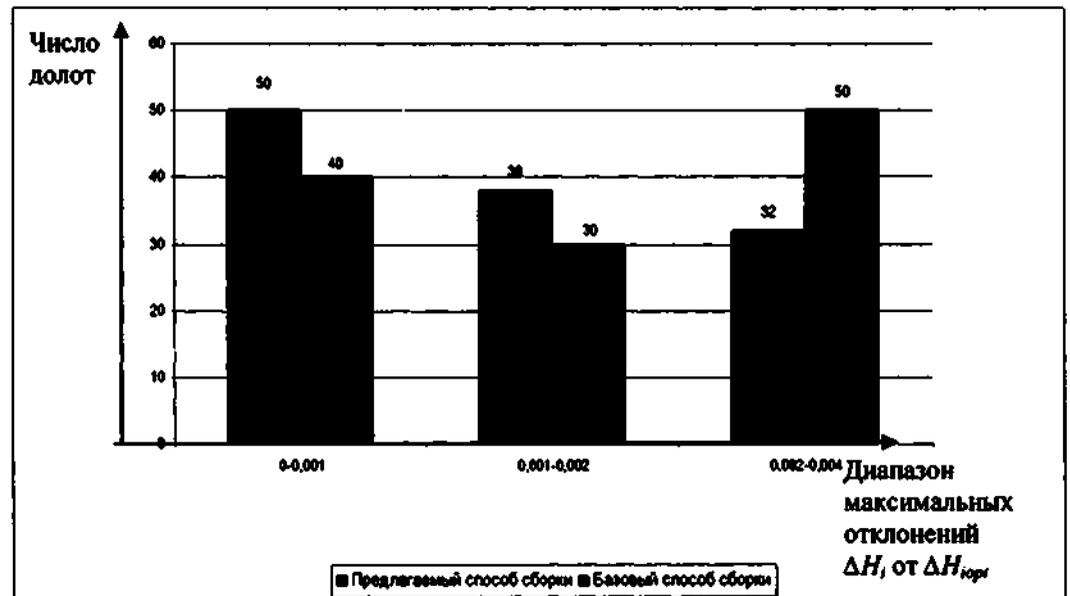
Эти диапазоны были разбиты на три одинаковых интервала каждый.

Согласно рис. 1, в 1-й интервал (0-0,004 мм) попало 67 долот (55,8%), собранных по новой методике, и 45 долот (37,5%), собранных по базовой методике; во второй (0,004-0,008 мм) - соответственно 42 долота (35%) и 36 долот (30%); в 3-й (0,008-0,012 мм) - соответственно 11 долот (9,2%) и 39 долот (32,5%). Следовательно, качество сборки по параметру АД, с применением новой методике выше, чем при использовании базовой методике.

Аналогичный результат получен для параметра АД (рис. 3).



Р и с. 2. Распределение числа собираемых долот по трем диапазонам отклонений ΔR_i от ΔR_{iopt} для базового и нового вариантов селективной компьютерной сборки



Р и с. 3. Распределение числа собираемых долот по трем диапазонам отклонений ΔH_j от ΔH_{jopt} для базового и нового вариантов селективной компьютерной сборки

Чем ближе значения ΔR_i и ΔH_j к соответствующим оптимальным значениям, тем равномернее распределяется контактная нагрузка по рабочим поверхностям опоры каждой i -той секции и, следовательно, выше ее долговечность. Поэтому в соответствии с рис. 2 и 3 новый способ сборки шарошечных долот обеспечивает более высо-

кое качество сборки по сравнению с базовым способом по двум параметрам: $AI?$ и AD .

Полученный результат был проверен в промышленных условиях.

Собранные по новой методике 120 долот одного типоразмера 215,9МЗ-ГАУ-Р233 были испытаны в идентичных геолого-технических условиях: в мягких абразивных породах в интервале от 1200 до 3300 метров, при нагрузке 12-14 т.е. и частоте вращения 80-100 об/мин.

Результаты испытаний показали, что средняя стойкость долот существенно зависит от точности сборки, т.е. от близости параметров сборки к оптимальным значениям.

На рис. 4 представлена зависимость стойкости долот в полевых условиях от величины максимального отклонения $AI?$, от $AR_{крс}$

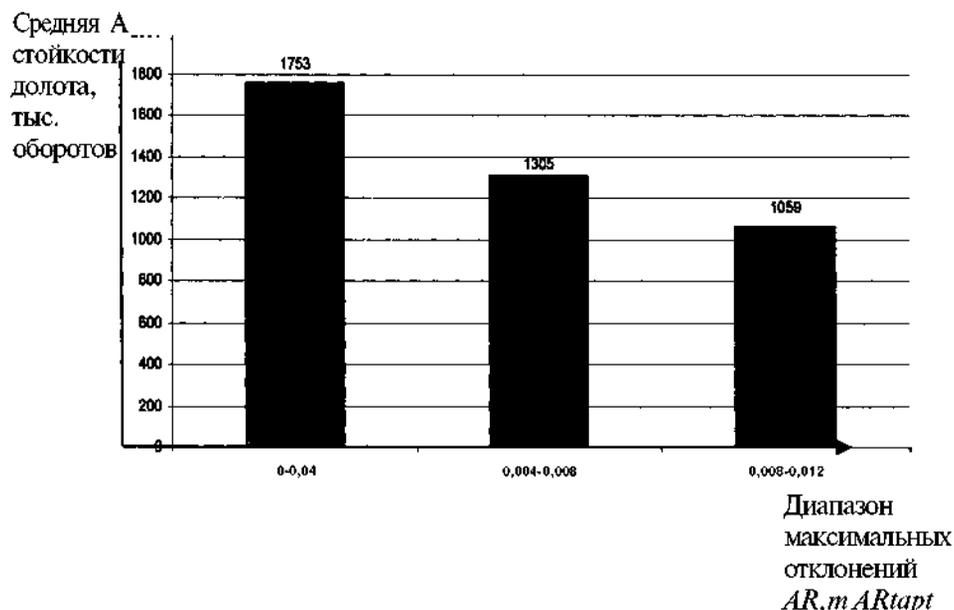


Рис. 4. Зависимость стойкости долот от величины максимального отклонения $AI?$, от $AR_{крс}$

Из рис. 4 следует, что диапазону с минимальными отклонениями от оптимума (0-0,004 мм) соответствует средняя стойкость опоры долота в 1753 тыс. оборотов, в то время как диапазону с максимальными отклонениями (0,008-0,012 мм) - значительно меньшая средняя стойкость - 1059 тыс. оборотов.

Проведенные испытания долот диаметром 215,9 мм, собранных с применением нового способа СКС, показали среднее увеличение стойкости на 23-41% по отношению к долотам, собранным по базовому варианту СКС.

Внедрение нового способа СКС позволяет за счет повышения качества сборки значительно увеличить стойкость собираемых долот.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ремнев В.В., Богомолов Р.М., Крылов С.М., Назаров А.М., Павлов М.Ю., Клебанов Я.М.* Способ сборки шарошечного долота. Патент РФ №2330929, E21B 10/00, от 01.09.2006 г., бюл. № 22.
2. *Поляков К.А., Клебанов Я.М., Ремнев В.В., Богомолов Р.М., Ерисов А.Е.* Моделирование нагрузок на элементы вооружения шарошек буровых долот // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – №9. – С. 10-11.

Статья поступила в редакцию 27 августа 2009 г.

UDC 621.91

OPTIMISATION OF BACKLASHES IN MULTILANE BEARINGS OF CHISELS

*V. V. Remnev¹, R.M. Bogomolov\ S.M. Krylov\
Y.M. Klebanov², S.D. Shaposhnikov²*

¹ ОАО "Volgaburmash"

² Samara State Technical University,

244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100

The new way of cone chisels selective computer assemblage is offered.

Keywords: *chisel chisels, support, radial bearings, backlash, firmness of chisels, tests.*