



Первая роторно-управляемая система гидромеханического типа в России создана в компании «БУРИНТЕХ»

Г.Г. ИШБАЕВ,
д.т.н., профессор,
генеральный директор

А.Г. БАЛУТА,
Почетный конструктор РФ,
заместитель генерального
директора

С.Ю. ВАГАПОВ,
ведущий инженер-конструктор

И.Р. ИШМУРАТОВ,
начальник отдела скважинного
гидромеханического
инструмента

Д.С. ГИНИЯТОВ,
инженер-конструктор
3й категории

ООО НПП «БУРИНТЕХ»
bit@burinteh.com

G. ISHBAEV,
A. BALUTA,
S. VAGAPOV,
I. ISHMURATOV,
D. GINIYATOV,
NPP «BURINTEKH» LLC



Компания ООО НПП «БУРИНТЕХ» в рамках реализации отраслевой стратегии альтернативного замещения в части высокотехнологичных сервисов при бурении создала первую отечественную роторно-управляемую систему, основанную на гидромеханическом принципе и совместимую с любой стандартной телеметрической системой. Концепция отклонения долота от оси забоя скважины «Push-the-bit» и система имеют два рабочих режима. Изготовленный опытный образец роторно-управляемой системы РУС-ГМ-195 успешно прошел испытания, подтвердив работоспособность.

Ключевые слова: ООО НПП «БУРИНТЕХ», первая отечественная роторно-управляемая система гидромеханического типа, концепция «Push-the-bit», совместимость с любой стандартной телеметрической системой, режим стабилизации параметров кривизны, режим набора параметров кривизны

THE FIRST ROTARY STEERABLE SYSTEM OF HYDROMECHANICAL TYPE IN RUSSIA WAS CREATED IN THE COMPANY «BURINTEKH»

The company NPP «BURINTEKH» LLC, within the framework of the implementation of the branch alternative replacement strategy in terms of high-tech drilling services, created the first domestic rotary-controlled system based on hydromechanical principle and compatible with any standard telemetry system. The concept of bit deviation from the borehole axis “Push-the-bit” and the system have two operating modes. The prototype of the rotary-controlled system RUS-GM-195 was successfully tested, confirming its operation.

Keywords: NPP «BURINTEKH» LLC, the first domestic rotor-controlled system of hydromechanical type, the concept of «Push-the-bit», compatibility with any standard telemetry system, mode of stabilization of curvature parameters, set mode of curvature parameters

Бурение скважин с горизонтальным окончанием во всем мире началось с середины прошлого века. Имея кратно большую поверхность стенок скважины в продуктивном пласте, горизонтальные скважины при прочих равных условиях обеспечивают больший дебит пластового флюида. В связи с этим, сегодня верхом развития управляемого бурения являются сложные горизонтальные скважины с большими отходами от вертикали.

В нефтяных и газовых скважинах с большими отходами от вертикали силы трения могут расти и достигать таких величин, при которых осевая нагрузка станет недостаточной для преодоления торможения бурильной колонны о стенки ствола скважины [1]. Это делает дальнейшее бурение невозможным и оставляет ряд интервалов бурения вне предела досягаемости.

Данные проблемы, сопровождающие процесс бурения горизонтальной скважины, были решены в конце 1990-х гг. с созданием роторно-управляемых систем (RSS – Rotary

steerable system, далее — РУС). Наиболее важная особенность и, соответственно, основное достоинство РУС состоит в том, что данная технология обеспечивает процесс направленного бурения наряду с непрерывным вращением всей бурильной колонны, тем самым улучшая условия очистки и качества ствола скважины.

Современные технологии и оборудование облегчают бурение протяженных горизонтальных участков, обеспечивая полный контроль управления и направления скважин. В настоящее время все роторно-управляемые системы, используемые в России, произведены исключительно зарубежными компаниями, их применение зачастую характеризуется относительно высокой стоимостью.

В рамках реализации отраслевой стратегии альтернативного замещения при введенных санкционных ограничениях в части высокотехнологичных сервисов при бурении на шельфе и баженовской свите на нашем предприятии была создана



рабочая группа. Результаты ее работы на основе уже имеющихся идей, разработанных конструктивных схем и рабочих чертежей концепции отклонения долота от оси забоя скважины «Push-the-bit», привели к созданию первой отечественной роторно-управляемой системы гидромеханического типа (далее — РУС-ГМ). В 2016 г. проект РУС компании «БУРИНТЕХ» был одобрен экспертным советом Фонда развития промышленности (ФРП) и для налаживания производства предприятию был выделен льготный заем в размере 300 млн рублей.

В исполнении РУС с электрогидравлическим принципом действия, на примере системы «Auto Trak» производства компании «Baker Hughes», энергия бурового раствора, подводимая с устья на забой скважины, преобразуется в электрическую при помощи турбогенератора. При этом основная часть электрической энергии, в свою очередь, затрачивается на питание электродвигателей насосов, создающих давление в приводных поршнях отклоняющих плашек РУС.

В исполнении РУС с электрогидравлическим принципом действия, на примере системы «Auto Trak» производства компании «Baker Hughes», энергия бурового раствора, подводимая с устья на забой скважины, преобразуется в электрическую при помощи турбогенератора. При этом основная часть электрической энергии, в свою очередь, затрачивается на питание электродвигателей насосов, создающих давление в приводных поршнях отклоняющих плашек РУС.

Отличием применения РУС с гидромеханическим принципом заключается в прямом использовании вышеописанной энергии бурового раствора. В данном исполнении РУС-ГМ (рис. 1) приводные поршни отклоняющих плашек приводятся в действие энергией бурового раствора, а усилие прижатия их полностью зависит от перепада гидродинамического давления на уровне инструмента.

Тем самым в РУС-ГМ не используются дорогостоящие компоненты, такие как насосы, электродвигатели, модули электроники, турбогенераторы и др. Для передачи энергии бурового раствора на поршня приводов отклоняющих плашек в виде давления рабочей жидкости достаточно использование в конструкции РУС-ГМ простых механизмов и элементов, таких как гидравлические редукторы, пружины сжатия, торцевые

муфты и др. Созданная роторно-управляемая система основана на гидромеханическом принципе и может быть совместима с различными MWD системами.

При применении РУС-ГМ, конечно, возникает необходимость в ручном управлении, что увеличивает время, необходимое на манипуляции, связанные с переключениями режимов работы и выставлением направления в процессе управляемого бурения по сравнению с существующими роторно-управляемыми системами зарубежных компаний. Но если сравнивать с традиционной компоновкой наклонно-направленного бурения, включающей забойный двигатель с отклоняемым на заданный фиксированный угол шпindel, то постоянное вращение всей компоновки обуславливает следующие неоспоримые преимущества применения РУС — улучшение условий очистки и качества ствола, увеличение протяженности наклонно-направленных и горизонтальных участков, сокращение времени проработки пробуренного интервала скважины и т.д.

При разработке и проектировании прототипа РУС-ГМ определено оптимальное, с точки зрения минимизации непроизводительного времени, количество режимов работы — один нерабочий и два рабочих. Режим переключения является не рабочим промежуточным режимом, в который оборудование переходит при отключении буровых насосов или при значительном уменьшении расхода от номинального. В данном режиме оборудование будет находиться в транспортном положении или в момент переключения между двумя рабочими режимами РУС-ГМ.

Режим стабилизации параметров кривизны (далее — режим СПК) является одним из двух рабочих режимов РУС-ГМ (рис.2), предназначенный для бурения участков стабилизации без искривления ствола скважины. В режиме СПК РУС-ГМ отклоняющие плашки отключены, а корпус зацеплен относительно вала, что также, помимо бурения участков стабилизации позволяет ориентировать корпус РУС-ГМ.

Управляемое роторное бурение с РУС-ГМ осуществляется в режиме набора параметров кривизны (далее — режим НПК). Режим НПК является вторым рабочим режимом РУС-ГМ после режима СПК. Переключение между двумя этими рабочими режимами производится попеременно через режим переключения, то есть путем отключения и последующего возобновления циркуляции промывочной жидкости.

Общая картина начала управляемого бурения с РУС-ГМ:

- В режиме СПК производится ориентирование корпуса по необходимому направлению бурения.
- РУС-ГМ переключается в режим НПК, в котором происходит выдвигание отклоняющих плашек с принятием корпуса РУС-ГМ эксцентричного положения относительно ствола скважины и разъединение вала от корпуса.

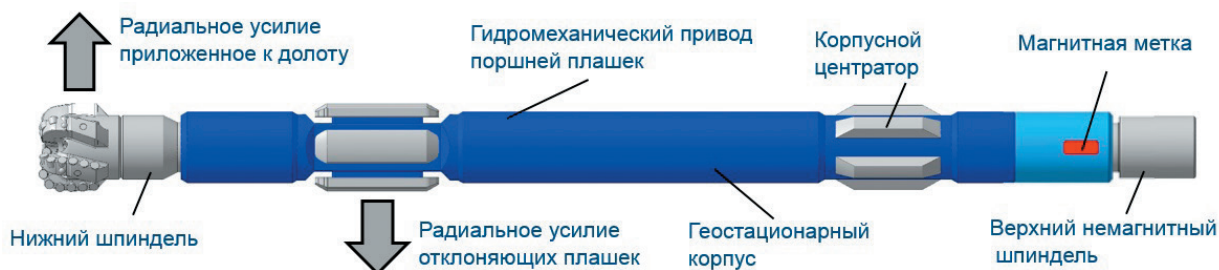


Табл. Результаты замера проводки скважины с РУС-ГМ-195

| Глубина замера по стволу [м] | Зенит [°] | Азимут [°] | Угол установки отклонителя в НПК ТГО [°] | Проходка в НПК [м] | Разница по зениту [°] | Разница по азимуту [°] | Пространственный угол искривления за интервал [°] | Приведенная пространственная интенсивность в НПК [°/10 м] | Пространственная интенсивность в СПК [°/10 м] | Свиты |
|------------------------------|-----------|------------|--|--------------------|-----------------------|------------------------|---|---|---|------------------------|
| 1499,9 | 35,91 | 25,09 | Режим СПК | 0 | Начальный замер | | | | | Уватская |
| 1524,60 | 34,99 | 26,51 | 120-180 | 10 | -0,92 | 1,42 | 1,23 | 1,23 | - | |
| 1549,20 | 35,73 | 23,65 | 260-300 | 10 | 0,74 | -2,8 | 1,78 | 1,78 | - | |
| 1573,80 | 35,18 | 24,25 | 110-160 | 6 | -0,56 | 0,60 | 0,66 | 1,09 | - | |
| 1598,50 | 35,32 | 24,56 | режим СПК | - | 0,15 | 0,31 | 0,23 | - | 0,09 | Верхне-хантымансийская |
| 1623,10 | 36,55 | 25,55 | 340-35 | 7 | 1,23 | 0,99 | 1,36 | 1,94 | - | |
| 1647,70 | 36,94 | 25,19 | режим СПК | - | 0,39 | -0,37 | 0,45 | - | 0,18 | |
| 1672,30 | 37,29 | 25,77 | режим СПК | - | 0,35 | 0,59 | 0,50 | - | 0,20 | |
| 1696,90 | 36,83 | 24,66 | 160-210 | 9 | -0,46 | -1,11 | 0,81 | 0,90 | - | |
| 1721,50 | 36,80 | 26,19 | 60-120 | 8 | -0,03 | 1,53 | 0,92 | 1,14 | - | |
| 1746,10 | 37,03 | 25,82 | режим СПК | - | 0,23 | -0,37 | 0,32 | - | 0,13 | |
| 1770,70 | 36,92 | 23,20 | 190-230 | 12 | -0,10 | -2,63 | 1,58 | 1,32 | - | Нижне-хантымансийская |
| 1795,30 | 35,48 | 24,70 | 100-150 | 12 | -1,45 | 1,50 | 1,70 | 1,42 | - | |
| 1819,90 | 35,20 | 24,96 | режим СПК | - | -0,27 | 0,26 | 0,31 | - | 0,13 | |
| 1869,40 | 34,09 | 25,86 | 100-130 | 5,4 | -1,12 | 0,90 | 1,23 | 2,27 | - | |
| 1894,00 | 34,24 | 25,77 | режим СПК | - | 0,16 | -0,09 | 0,07 | - | 0,07 | |
| 1918,60 | 34,89 | 24,45 | 280-310 | 10 | 0,65 | -1,31 | 0,99 | 0,99 | - | |
| 1943,40 | 34,58 | 24,65 | режим СПК | 0 | -0,31 | 0,20 | 0,33 | - | 0,13 | |
| 1968,10 | 34,40 | 24,94 | режим СПК | 0 | -0,18 | 0,29 | 0,25 | - | 0,10 | Викуловская |
| 1992,70 | 32,86 | 26,59 | 20-40 | 12 | -1,53 | 1,65 | 1,78 | 1,48 | - | |
| 2017,40 | 33,91 | 26,08 | 330-0 | 13,6 | 1,05 | -0,51 | 1,09 | 0,80 | - | |
| 2042,10 | 34,97 | 25,44 | 320-0 | 22,1 | 1,06 | -0,64 | 1,12 | 0,50 | - | |
| 2066,80 | 36,14 | 23,45 | 320-350 | 13,6 | 1,17 | -1,99 | 1,65 | 1,21 | - | |
| 2091,60 | 37,07 | 22,52 | 340-350 | 11,1 | 0,93 | -0,93 | 1,08 | 0,97 | - | |
| 2116,20 | 37,94 | 24,27 | режим СПК | 0 | 0,87 | 1,75 | 1,37 | - | 0,56 | |
| 2141,00 | 37,91 | 21,99 | режим СПК | 0 | -0,03 | -2,28 | 1,40 | - | 0,56 | |
| 2165,60 | 36,92 | 25,56 | 90-110 | 13,5 | -0,99 | 3,57 | 2,39 | 1,77 | - | |
| 2190,20 | 36,42 | 31,35 | 60-110 | 24,6 | -0,50 | 5,79 | 3,49 | 1,42 | - | |
| 2214,90 | 34,89 | 33,79 | 70-160 | 21,1 | -1,52 | 2,43 | 2,08 | 0,99 | - | |
| 2239,40 | 34,75 | 34,07 | режим СПК | 0 | -0,14 | 0,28 | 0,22 | - | 0,09 | Алымская |
| 2264,10 | 32,90 | 34,49 | 110-150 | 12 | -1,85 | 0,42 | 1,86 | 1,55 | - | |
| 2288,70 | 31,67 | 37,88 | 90-120 | 13,5 | -1,24 | 3,39 | 2,19 | 1,62 | - | |
| 2313,20 | 30,09 | 42,05 | 90-120 | 20,6 | -1,58 | 4,16 | 2,66 | 1,29 | - | |
| 2337,80 | 30,29 | 46,12 | 50-90 | 24,6 | 0,20 | 4,07 | 2,06 | 0,84 | - | |
| 2362,30 | 29,90 | 49,68 | 50-100 | 24,6 | -0,39 | 3,56 | 1,83 | 0,74 | - | |
| 2387,00 | 29,39 | 54,15 | 90-100 | 24,6 | -0,52 | 4,47 | 2,27 | 0,92 | - | |

 интервалы в режиме направленного бурения

 интервалы в режиме стабилизации

Последующий процесс управляемого роторного бурения характеризуется вращением всей бурильной колонны, кроме корпуса РУС-ГМ, который скользит и не вращается за счет прижатия отклоняющих плашек к стенкам ствола скважины. При этом усилие прижатия отклоняющих плашек создает боковое усилие на долото, которое искривляет траекторию ствола скважины в выставленном направлении. Поворот корпуса и, соответственно, потеря выставленного направления бурения отслеживаются магнитометром в нижнем модуле телеметрии и передаются на устье по гидравлическому каналу связи.

Перед опытно-промышленными испытаниями прототипы РУС-ГМ прошли стендовые испытания на установке горизонтально-наклонного бурения в испытательном полигоне Центра разработки ООО НПП «БУРИНТЕХ». Их результаты подтвердили работоспособность РУС-

ГМ по удержанию выставленной ориентации корпуса при скольжении в режиме наклонно-направленного бурения внутри обсадной трубы, имитирующей стенки ствола скважины.

С 2016 г. ООО НПП «БУРИНТЕХ» совместно с ПАО «Газпромнефть» в рамках реализации совместных мероприятий по импортозамещению начали проводить опытно-промышленные испытания отечественной роторно-управляемой системы гидромеханического типа РУС-ГМ-195 [2]. Испытания в январе 2018 г. на площадке ООО «Газпромнефть-Хантос» стали третьими по счету и были признаны успешными. Специально для них были изготовлены опытные образцы роторно-управляемой системы РУС-ГМ-195 третьего поколения для бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин диаметром 220,7 мм.

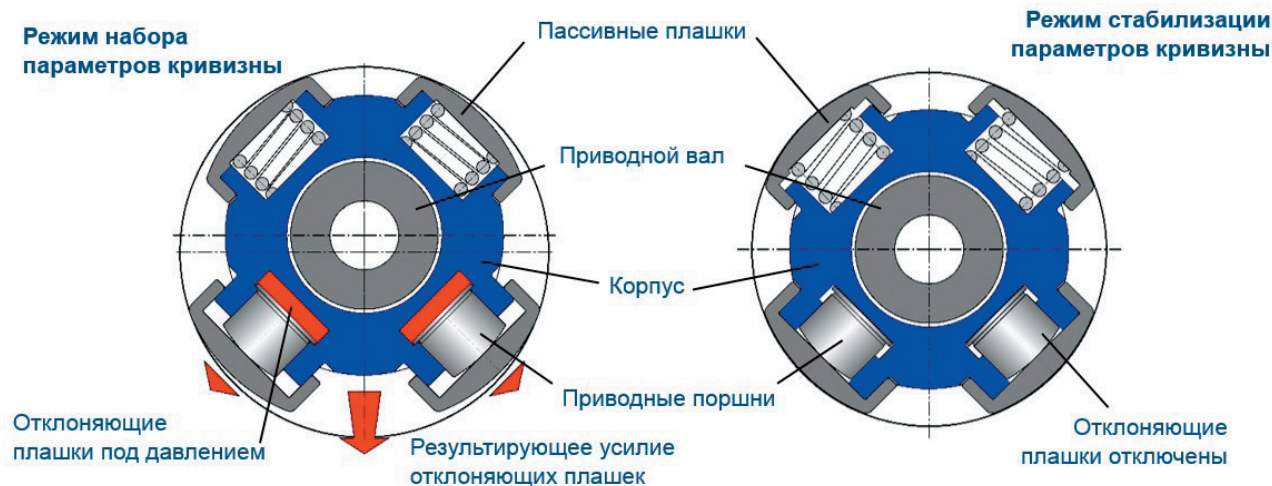


Рис. 2.

Состав КНБК с РУС-ГМ-195:

БИТ 220,7 РВ 613.В.319-01+РУС-ГМ-195+КСН-210+НУБТ-172 (т/с «Compass»)+НОС-172+НУБТ-172 +ост. инструмент.

Пробурен интервал 1500 – 2398 м с РУС-ГМ-195 без критических отклонений от плановой траектории с максимальными параметрами интенсивности при управляемом роторном бурении $-1,8^\circ$ на 10 м проходки. В табл. приведены замеры по полученному пробуренному интервалу.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-ПРОМЫСЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ:

• Пробурен интервал 1500 – 2398 м без критических отклонений от плановой траектории ствола скважины со средней пространственной интенсивностью при ро-

торном управляемом бурении $0,9^\circ$ на 10 м проходки. Максимальная пространственная интенсивность составила $1,8^\circ/10$ м проходки.

• Подтверждена работоспособность по удержанию выставленной ориентации геостационарного корпуса при роторном управляемом бурении. При бурении участков направленного бурения необходимости в перевыставлении ориентации корпуса не возникало. Средняя скорость проворота корпуса составляла $10 - 20^\circ$ за 10 м проходки.

• Подтверждена работоспособность модуля электроники по отслеживанию в реальном времени положения корпуса при роторном управляемом бурении.

• Выявлена необходимость в незначительных конструктивных доработках роторно-управляемой системы РУС-ГМ-195 перед началом коммерческой реализации в 2019 г.

• Выявлены требования к системам верхнего привода по обеспечению скорости вращения инструмента от 150 об/мин. для достижения показателей механической скорости бурения, сопоставимых со скоростями при бурении винтовыми забойными двигателями.

НПП «БУРИНТЕХ» становится все более многопрофильным. Гамма выпускаемой продукции постоянно совершенствуется. Появление управляемых роторных систем дополняет арсенал усовершенствований, появившихся в последнее десятилетие. При этом технология управляемого роторного бурения продолжает развиваться. И сегодня компания активно разрабатывает роторно-управляемую систему в габарите 124 мм, первый прототип которой планирует выпустить в конце 2019 г.

Литература

- Ишмуратов И.Р., Гиниятов Д.С. Корректор подачи – демфер производства ООО НПП «БУРИНТЕХ» // Бурение и нефть. 2014. № 12. С. 36–38.
- Закиров А.Я. Первые результаты испытаний роторно-управляемых систем российского производства // Журнал ПРОНЕФТЬ. 2016. № 2. С. 43–47.

Reference

- Ishmuratov I.R., Giniyatov D.S. Korrektor podachi – demfer proizvodstva NPP «BURINTEKH» LLC [Feed corrector - damper produced by NPP «BURINTEKH» LLC]. *Bureniye i nefit'* [Drilling and oil], 2014, no. 12, pp. 36–38. (In Russian).
- Zakirov A.YA. Pervyye rezul'taty ispytaniy rotomo-upravlyayemykh sistem rossiyskogo proizvodstva [The first results of tests of rotary-controlled systems produced in Russia]. «PRONEFT'» [«PRONEFT'»], 2016, no. 2, pp. 43–47. (In Russian). ■

