



ПРИМЕНЕНИЕ ВЗД Ø106 ММ С ПРОФИЛИРОВАННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ СЕКЦИЯМИ ПРОИЗВОДСТВА ЗАО «ГИДРОБУР-СЕРВИС» В СКВАЖИНАХ ОАО «ОРЕНБУРГНЕФТЬ» ТНК-ВР

ФУФАЧЕВ Олег Игоревич
 Главный конструктор
 ЗАО «Гидробур-сервис», к.т.н.

МИТРОФАНОВ Андрей Васильевич
 Начальник службы сервиса
 ЗАО «Гидробур-сервис»

Профилированный статор «Гидробур-сервис» отличается увеличенной жесткостью зубьев и улучшенным контактным уплотнением, благодаря чему уменьшаются объемные потери и повышается КПД рабочих органов ВЗД. Использование такой конструкции позволяет снизить механический износ деталей, улучшить охлаждение эластомера и уменьшить искажение расчетного профиля обкладки под действием внутреннего давления и температуры и, как следствие, повысить долговечность рабочих органов ВЗД. В 2011–2012 годах ВЗД с профилированными секциями производства «Гидробур-сервис» применялись при строительстве скважин на месторождениях ОАО «Оренбургнефть» ТНК-ВР. По итогам I кв. 2012 года средняя проходка на один двигатель составила 178,7 м, средний МРП ВЗД — 86,75 часа, максимальная наработка — 173 часа циркуляции. На некоторых скважинах были достигнуты рекордные значения механической скорости проходки.

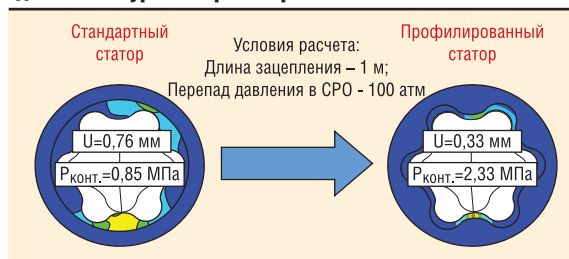
ВЗД с профилированными секциями впервые появились на мировом рынке в 1980-х годах. В России двигатели такой конструкции начали внедряться около шести лет тому назад. В настоящее время ВЗД с профилированными секциями производятся несколькими компаниями и применяются на скважинах многих месторождений.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОФИЛИРОВАННЫХ СТАТОРОВ: ПОВЫШЕНИЕ КПД РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВЗД.

Сегодня существует более десяти способов изготовления профилированных пар. Компания «Гидробур-сервис» изготавливает пары методом литья и радиальнойковки. При этом основная цель профилирования статоров состоит в повышении КПД двигателя, чтобы при неизменной затраченной энергии в виде расхода промывочной жидкости и давления получить больше мощности на выходе:

$$\eta = M \cdot \omega / P \cdot Q$$

Рис. 1. Перемещение зубьев стандартного и профилированного статоров под действием перепада давления бурового раствора в СРО



где: η — КПД двигателя; M — крутящий момент на валу ВЗД; ω — угловая скорость вращения вала ВЗД; P — перепад давления жидкости в двигательной секции; Q — расход жидкости

Двигатели с профилированными статорами обладают более высоким КПД за счет того, что профилирование придает жесткость винтовым зубьям статора, и при прокатке бурового раствора через пару зубья значительно меньше отгибаются. Расчеты показывают, что в рабочем режиме двигателя зубья профилированного статора перемещаются в два раза меньше зубьев обычного статора (рис. 1, U), а контактное давление в зоне контакта профилированного статора с ротором более чем в два раза выше, благодаря чему обеспечивается значительное сокращение утечек жидкости между рабочими камерами.

В ходе стендовых испытаний также установлено, что применение профилированных статоров увеличивает крутящий момент двигателя в 1,5–2 раза при неизменной длине зацепления.

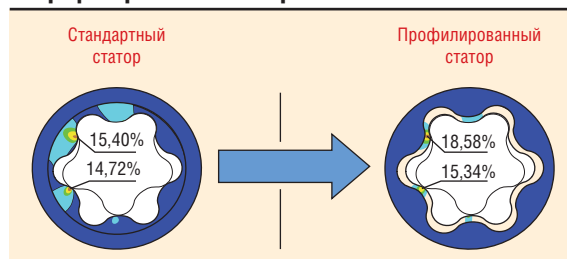
ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОБКЛАДОК И ИСКАЖЕНИЕ ПРОФИЛЯ

В связи с тем, что толщина резиновой обкладки профилированного статора меньше, толщины обкладки стандартного статора, относительная деформация резины первого выше на 20% (рис. 2). Между тем известно, что с ростом деформации уменьшается долговечность работы материала. И если пересчитать результаты испытания резины ИРП-1226 на циклическую выносливость в срок службы двигательной секции в режиме максимального КПД, то обычная пара отработала бы 300 часов, а профилированная — только 240 часов.

Однако следует иметь в виду, что испытания проводились с охлаждением резиновых образцов на воздухе, тогда как резиновая обкладка охлаждается потоком промывочной жидкости.

Для учета этого фактора мы провели тепловой расчет работы двигателя в режиме максимального КПД с охлаждением статора внутри и снаружи потоком жид-

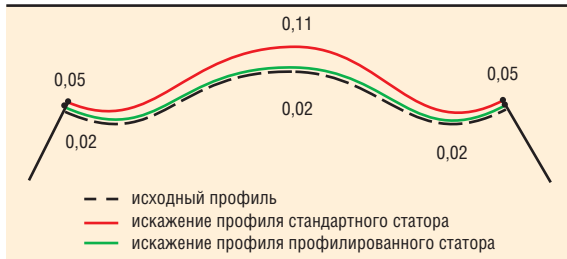
Рис. 2. Деформация резины в обычном и профилированном статоре



ЗАО "Гидробур-сервис"
Тел.: (342) 259-39-17
Факс: (342) 259-39-16
E-mail: OFufachev@mail.ru
AndreyMitrofanow@rambler.ru, Gidrobur@gmail.com
614025, г.Пермь, ул. Героев Хасана, 105, корп. 162.



Рис. 3. Искажение геометрии расчетного профиля обкладки в расчетном и профилированном статоре



кости с температурой 20°. Как оказалось, в этих условиях резина обычного статора разогревается до 97°, а профилированного — только до 63°.

Еще более интересные результаты может дать применение профилированных статоров в горячих скважинах, где температура разогрева обкладки статора определяет долговечность двигателя в целом. Расчеты говорят о том, что при забойной температуре в 110° резина обычного статора разогревается до 178°, а профилированного — только до 143°.

Вспомним, что 180° — это температура термического разрушения резины, и температура разогрева резины обычного статора к ней приближается.

Таким образом, охлаждение резины профилированного статора происходит более эффективно, а это увеличивает срок службы статора.

Помимо этого, при разогреве в профилированном статоре искажения профиля в пять раз меньше, чем в обычном статоре (рис. 3). При разогреве до 60° натяг в паре с обычным статором может увеличиться на 0,2 мм, в то время как в паре с профилированным статором он увеличится всего на 0,04 мм.

Чем меньше искажения профиля, тем меньше риск преждевременного износа рабочей пары и механические потери на трение.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Помимо описанных выше основных преимуществ профилированных ВЗД, есть и ряд дополнительных. Например, профилирование позволяет использовать более короткие секции рабочих органов (СРО) по сравнению с обычными при одинаковых энергетических характеристиках. Благодаря этому уменьшается расстояние между датчиками системы телеметрии и долотом.

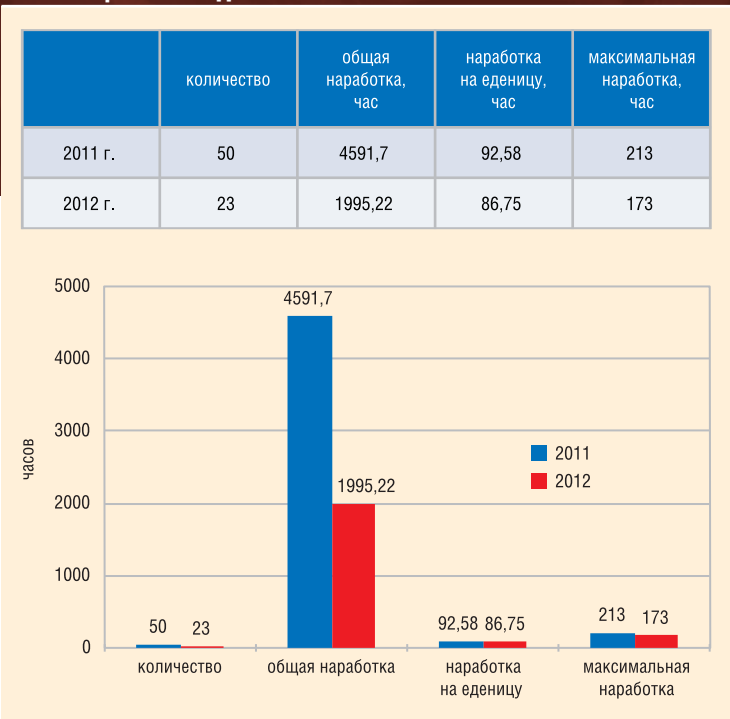
И, наоборот, при одинаковой длине СРО профилированные секции будут отличаться более высоким крутящим моментом, что позволяет более эффективно применять долота PDC. Энергетические характеристики обычных СРО значительно уступают таковым профилированных СРО (табл. 1).

И, как уже было сказано выше, возможна более эффективная отработка профилированных СРО в горячих скважинах.

Таблица 1

Энергетические характеристики обычных и профилированных СРО			
	Профилированная СРО «Гидробур-сервис»	Обычная СРО (осреднен. хар-ка)	Изменение параметра
Длина СРО 2000 мм, $k = 7 / 8$, $Q = 12$ л/с, $\Delta P = 50$ атм			
Частота вращения вала на хх, об/мин.	185	180	
Момент на рабочем режиме, кгс-м	220	140	увеличение на 57%
Мощность, кВт	35	22	увеличение на 60%
Длина СРО 2000 мм, $k = 6 / 7$, $Q = 12$ л/с, $\Delta P = 60$ атм			
Частота вращения вала на хх, об/мин.	320	282	
Момент на рабочем режиме, кгс-м	150	136	увеличение на 11%
Мощность, кВт	42	33	увеличение на 28%
Длина СРО 3000 мм, $k = 6 / 7$, $Q = 12$ л/с, $\Delta P = 70$ атм			
Частота вращения вала на хх, об/мин.	321	220	
Момент на рабочем режиме, кгс-м	290	220	увеличение на 32%
Мощность, кВт	68	36	увеличение на 88%

Рис. 4 Нарботка ВЗД в часах



Впрочем, профилированные СРО не лишены и некоторых недостатков. Так, к сожалению, процесс производства профилированного статора более трудоемок. И, во-вторых, попадание в профилированную секцию твердого постороннего предмета размером 3–4 мм может вызвать вырыв резины. Поэтому очистке бурового раствора при использовании профилированных пар следует уделять особое внимание.

Рис. 5. Нарботка ВЗД в метрах проходки

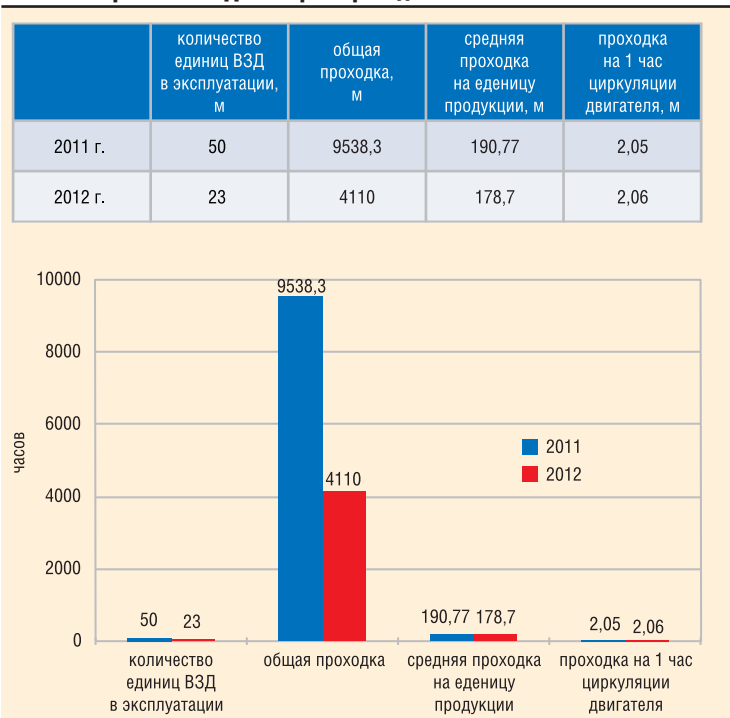


Таблица 2

Объекты работы ЗАО «Гидробур-сервис»	
ОАО «Оренбургнефть»	НГДУ «Сорочинскнефть»
Объекты работ (месторождения):	Объекты работ (месторождения):
<ul style="list-style-type: none"> - Гаршинское - Бобровское - Покровское - Спиридоновское - Долговское - Тананыкское - Севастьяновское - Н./Медведкинское 	<ul style="list-style-type: none"> - З.Куштакское - Боголюбовское - Сорочинско-Никольское - Кодяковское-Загорское - Рашкинское-Родинское - Ананьевское - З.Ольховское - Родниковское - Ольховское

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Оборудование «Гидробур-сервис» использовалось при строительстве скважин на Гаршинском, Бобровском, Покровском, Долговском, Севастьяновском и других месторождениях ОАО «Оренбургнефть» ТНК-ВР (табл. 2).

Литологическая характеристика Оренбургской области представлена в верхней части геологического разреза глинами, суглинками, алевролитами с прослоями мергелей. Средняя и нижняя часть разреза представлена ангидритами, песчаниками, крепкими известняками и доломитами, местами кремне-елые с категорией твердости от крепких до очень крепких. Восстановление скважин методом ЗБС осуществляется в основном на турнейский ярус, паширский горизонт, ардатовские и воробьевские слои (табл. 3).

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БУРЕНИЯ В 2011–2012 ГГ.

«Гидробур-сервис» начал работать на месторождениях «Оренбургнефти» в 2011 году. В 2011 году было осуществлено 50 рейсов двигателей, общая наработка составила 4591,7 часа, наработка на единицу — 92,58 часа, максимальная наработка — 213 часов циркуляции при бурении скважины №314 Рашкинского месторождения в интервале 2060–2558 м.

За I кв. 2012 года осуществлено 23 рейса двигателей, общая наработка составила 1995,22 часа, наработка на единицу — 86,75 часа, максимальная наработка — 173 часа циркуляции при бурении скважины №1207 Родинского месторождения в интервале 1553–1960 м (рис. 4).

За 2011 год двигателями ЗАО «Гидробур-сервис» пробурено 9538,3 м, средняя проходка на один двигатель составила 190,77 м, проходка на один час циркуляции двигателя — 2,05 м. За I кв. 2012 года пробурено 4110 м, средняя проходка на один двигатель составила 178,7 м, проходка на один час циркуляции двигателя — 2,06 м (рис. 5).

Основной причиной вывода двигателей из аренды стала смена КНБК. В 2011 году из-за этого было выведено 52% ВЗД, а за I кв. 2012 года — 74%. Отказы ВЗД за 2011 год составили 6% (рис. 6).

Таблица 3

Краткая литологическая характеристика Оренбургской области	
Геологический возраст	Краткая литологическая характеристика
Четвертичные отл.	Суглинки, глины с прослоями песков и с включениями гальки и щебёнки.
Триас + Юра + Мел	Глины, суглинки, алевролиты, пески, песчаники с прослоями и линзами мергелей и конгломератов.
Татарский ярус	Чередование глин, алевролитов, песчаников с прослоями мергелей, известняков, доломитов.
В-Казанский п-ярус	Доломиты с прослоями ангидритов, глин, песчаников, мергелей, известняков, каменных солей.
Калиновская свита	Долмиты политоморфные, мелкозернистые, пористые. Известняки плотные крепкие с прослоями мергелей.
Уфимский ярус	Переслаивание глин, алевролитов, песчаников, с прослоями известняков, мергелей, доломитов, с прослоями гипса.
Кунгурский ярус (ир.)	Переслаивание ангидритов, каменных солей с прослоями и линзами доломитов и мергелей
Кунгурский ярус (фил.)	Ангидриты, в нижней части доломиты засульфаченные и заглинизированные.
Артинский ярус	Доломиты, известняки с прослоями ангидритов и мергелей.
Сакмарский ярус	Доломиты, известняки с прослоями ангидритов в средней части.
Ассельский ярус	Доломиты и известняки участками глинистые и сульфатизированные.
Верхний карбон	Известняки, доломиты (участками крепкие) с прослоями ангидритов.
Мячковский горизонт	Известняки, доломиты крепкие.
Подольский горизонт	Известняки, доломиты крепкие в нижней части глинистые.
Каширский горизонт	Известняки крепкие, участками глинистые, с прослоями мергелей, доломитов и пропластками аргиллитов.
Верейский горизонт	Переслаивание аргиллитов с алевролитами и песчаниками.
Башкирский ярус	Известняки слабопористые, реже доломиты с тонкими прослоями аргиллитов.
Серпуховский ярус	Доломиты, реже известняки, в нижней части переслаивание мергелей, алевролитов, аргиллитов.
Окский н-горизонт	Известняки и доломиты, участками глинистые, в верхней части с мощными прослоями ангидритов.
Тульский горизонт	Известняки очень крепкие, прослоями окремненные.
Бобриковский горизонт	Переслаивание аргиллитов, алевролитов и песчаников.
Турнейский ярус	Известняки и доломиты, в верхней части — пористые и глинистые в средней и нижней — плотные.
Фаменский ярус	Доломиты и известняки плотные и пористо-кавернозные, крепкие, участками окремненные и в прослоях глинистые
В-Франский п-ярус	Известняки и доломиты плотные, крепкие с прослоями глинисто-алевритистых пород.
Сарг. + Семиул. гор.	Известняки плотные, местами окремненные и доломитизированные, в нижней части глинистые.
Кыновский горизонт	Аргиллиты с прослоями алевролитов и известняков.
Пашийский горизонт	Песчаники кварцевые, алевролиты, аргиллиты.
Мулинские слои	Аргиллиты с прослоями алевролитов и известняков.
Ардатовские слои	В верхней части — известняки крепкие, в средней — алевролиты и аргиллиты, в нижней — песчаниками кварцевыми крепкими до очень крепких.
Воробьевские слои	В верхней части — алевролиты и аргиллиты с прослоями известняков, в средней части — песчаники кварцевые и окремненные, пористые и плотные, очень крепкие, в нижней — аргиллиты с прослоями алевролитов и известняков.
Афонинский горизонт	Известняки плотные и трещиновато-кавернозно-пористые, прослоями глинистые

Рис. 6. Причины вывода ВЗД из аренды в 2011 году и в I кв. 2012 года

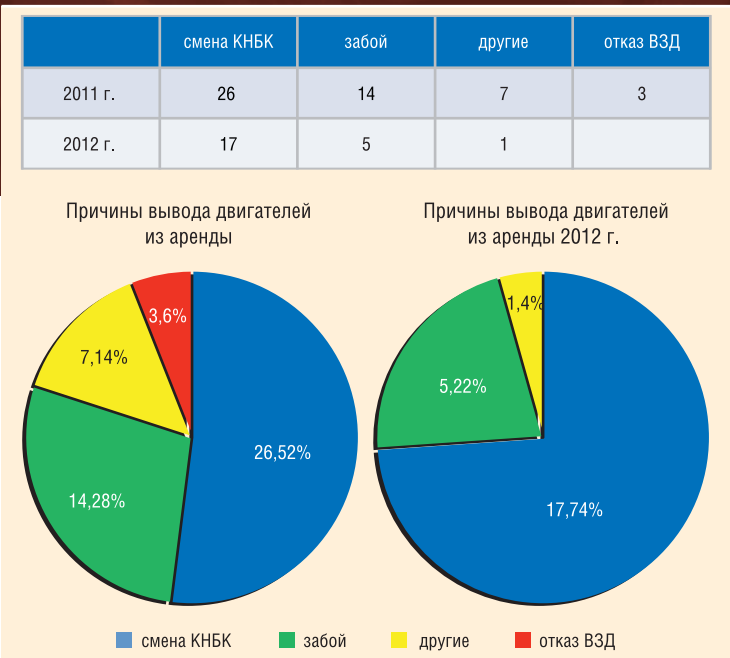
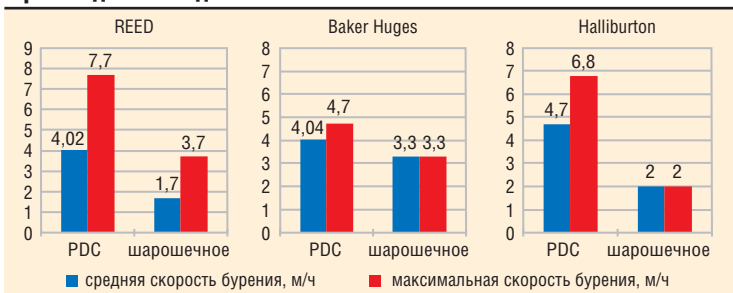


Рис. 7 Механическая скорость бурения при работе с различными производителями долот



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЗД С РАЗЛИЧНЫМИ ДОЛОТАМИ

При строительстве скважин с использованием ВЗД производства «Гидробур-сервис» применялся породоразрушающий инструмент таких компаний как Baker Huges, Halliburton, REED Hycalog и SMITH.

Наилучшая средняя скорость проходки при бурении шарошечными долотами достигнута при работе с

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

Вопрос: Андрей Васильевич, на какой стадии строительства скважин принимается решение об использовании тех или иных видов долот и двигателей?

Андрей Митрофанов: Этот вопрос решается на стадии проектирования строительства скважин на совещаниях подрядчиков. Мы заранее знали, какие долота будут использоваться при бурении, и с учетом этого смогли предложить наиболее подходящие двигатели и решить, какой режим бурения будет оптимален.

Вопрос: Как Вы рассчитываете стоимость работы двигателя?

А.М.: Мы принимаем в расчет стоимость метра бурения и часа циркуляции двигателя.

долотами Baker Huges, а при бурении долотами типа PDC — при работе с долотами Halliburton (рис. 7). Работа с долотами компании SMITH в этих расчетах не учитывалась, так как этот производитель поставлял только долота PDC.

Максимальная скорость проходки при бурении шарошечным долотом была достигнута при использовании долота 123,8GXD-20 компании Baker Huges. Максимальная скорость проходки при бурении долотом PDC была достигнута при использовании долота 123,8FXD53M производства Halliburton.

При бурении скважины №3950 Кодяковского месторождения с использованием долот компании REED Hycalog были достигнуты рекордные скорости бурения: средняя скорость бурения шарошечным долотом составила 3,7 м/ч, а моментальная скорость бурения достигала 8 м/ч.

Средняя скорость бурения долотом PDC составила 7,7 м/ч, моментальная скорость бурения достигала 12 м/ч, однако при бурении данной скважины в качестве промывочной жидкости использовалась техническая вода, и при бурении возникли катастрофические поглощения промывочной жидкости. Скважину пришлось законсервировать (табл. 4). ♦

Таблица 4

Механическая скорость бурения при работе с долотами различных производителей						
Производитель	Марка долота	Месторождение, скважина	Производительность насосов, л/с	Нагрузка на долото, т	Мех. скорость, м/ч	Примечания
REED	123.8R-30AP	3950 Кодяковское	10,5	6	3,7	Бурение на тех. воде
REED	123,8DSR508	3950 Кодяковское	11	5	7,7	Бурение на тех. воде
Baker Huges	123,8GXD-20	1483 С.Никольское	11	3	3,3	
Baker Huges	123.8 VGE-20	1551 С.Никольское	10	4	4,7	
Halliburton	120,6 FH-30	439 Родинское	11,5	6	2	
Halliburton	123,8FXD53M	703 Боголюбовское	10,5	4	6,8	
Halliburton	142.9FXD64	136 Тархановская	12	6	4,8	