

Опыт создания цепного привода ПЦ 35-3,5-0,5/2,5, монтируемого над устьем скважины

К.В. Валовский

д.т.н., заведующий лабораторией техники и технологии добычи нефти отдела ЭРС
kvalovsky@tatnipi.ru

И.Г. Шамсутдинов

заведующий сектором разработки технических средств отдела ЭРС
dobicha@tatnipu.ru

Н.В. Федосеенко,

ведущий инженер отдела ЭРС

В.М. Валовский

д.т.н., советник дирекции по технике и технологии в разработке нефтяных месторождений

"ТатНИПИнефть" ПАО "Татнефть" им. В.Д. Шашина, Бугульма, Россия

Предложена конструкция цепного привода штангового насоса открытого исполнения с длиной хода 3,5 м, грузоподъемностью 35 кН, монтируемая непосредственно над устьем малодебитных скважин. Корпус привода из двутавра совмещает функции несущей конструкции и направляющих противовеса. Даны характеристики привода в сравнении с приводом ПЦ30 конструкции БМЗ, сведения о монтаже и испытаниях. Проанализированы конструктивные решения, сформулированы пути их совершенствования. Предложено применение облегченного корпуса и съемных направляющих, а также фундамента на винтовых сваях.

Материалы и методы

Двутавр №55 ГОСТ 26020-83, редуктор 1ЦЗУ-160-100-31-У1, электродвигатель 4ВР90L4 мощностью 2,2 кВт, цепи 1НП 50,8-145 и 1НП 31,75-192 с разрывным усилием соответственно 263 и 100 кН. Обоснование технических характеристик и эксплуатационных преимуществ, создание опытного образца, промышленные испытания и анализ их результатов.

Ключевые слова

облегченный цепной привод, размещение над устьем скважины, техническая характеристика, конструктивные решения, направления совершенствования

Цепные приводы скважинных штанговых насосов (далее — СШН), разработанные и промышленно выпускаемые в ПАО «Татнефть», применяются для механизированной эксплуатации скважин с 2000 г. В Татнефти ими оборудовано более 2500 скважин, из которых более 1500 малодебитных и среднедебитных, скважин преимущественно «осложненного фонда», с высоковязкой продукцией, обводненных скважин, склонных к образованию стойких водонефтяных эмульсий, скважин с отложениями асфальтосмолопарафиновых веществ и др. На таких скважинах используются приводы ПЦ60-3-0,5/2,5 с длиной хода 3 м, максимальной нагрузкой в точке подвеса штанг 60 кН и частотой качаний от 0,5 до 2,5 в минуту, с электродвигателем мощностью до 5,5 кВт. Обеспечиваемая производительность откачки составляет от 1 до 20–30 м³ в сутки. Внедрение цепных приводов на этом фонде скважин позволило существенно сократить число подземных ремонтов, получить 20–30 % экономии энергетических затрат на подъем продукции и ряд других преимуществ [1].

В последнее время в ПАО «Татнефть» с целью увеличения нефтеизвлечения из пластов среднего карбона, залегающих на глубинах 600–1000 м, реализуется проект по уплотнению сетки скважин. Дебиты скважин по нефти в рамках данного проекта не превышают нескольких тонн в сутки. В связи с этим

с целью максимального сокращения затрат для уплотнения сетки бурятся скважины малого диаметра с обсадной колонной 114 или 102 мм. Для таких скважин грузоподъемность привода ПЦ60-3-0,5/2,5 является избыточной. Поэтому Бугульминским механическим заводом (БМЗ) ПАО «Татнефть» для эксплуатации скважин малого диаметра путем «облегчения» привода ПЦ60-3-0,5/2,5 разработан и освоен выпуск цепного привода ПЦ30 грузоподъемностью 30 кН с электродвигателем мощностью 3 кВт, имеющего массу (без уравновешивающих грузов) на 1800 кг меньше, чем ПЦ60 при одинаковой длине хода и частоте качаний [2]. Однако для монтажа привода ПЦ30 у устья скважины, как и в случае ПЦ60, требуется сооружение полноценного фундамента из специальной железобетонной плиты, что требует соответствующих затрат. Поэтому в качестве альтернативы приводу ПЦ30 в институте «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» специально для обеспечения максимального снижения затрат без ущерба (а по возможности с улучшением потребительских характеристик) разработана новая конструкция цепного привода ПЦ 35-3,5-0,5/2,5 с увеличенной до 3,5 м длиной хода, монтируемого непосредственно над устьем скважины на свайном фундаменте.

Общий вид привода ПЦ35-3,5-0,5/2,5 показан на рис. 1. Корпус 1 представляет собой сварную металлоконструкцию из двутавра №

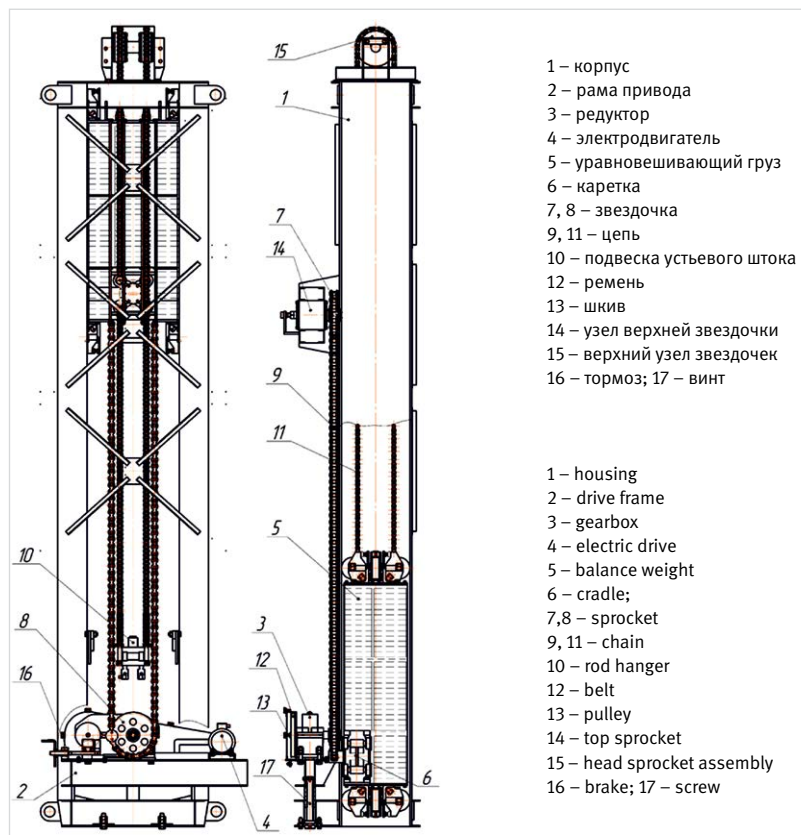


Рис. 1 — Привод ПЦ35-3,5-0,5/2,5
Fig. 1 — Pts35-3.5-0.5/2.5 drive



Рис. 2 — Опытный образец цепного привода ПЦ35-3,5-0,5/2,5 на скважине 4185 НГДУ «Елховнефть»
 Fig. 2 — Pilot PTs 35-3.5-0.5/2.5 chain drive at well #4185 of Elkhovneft Oil-and-Gas Production Division

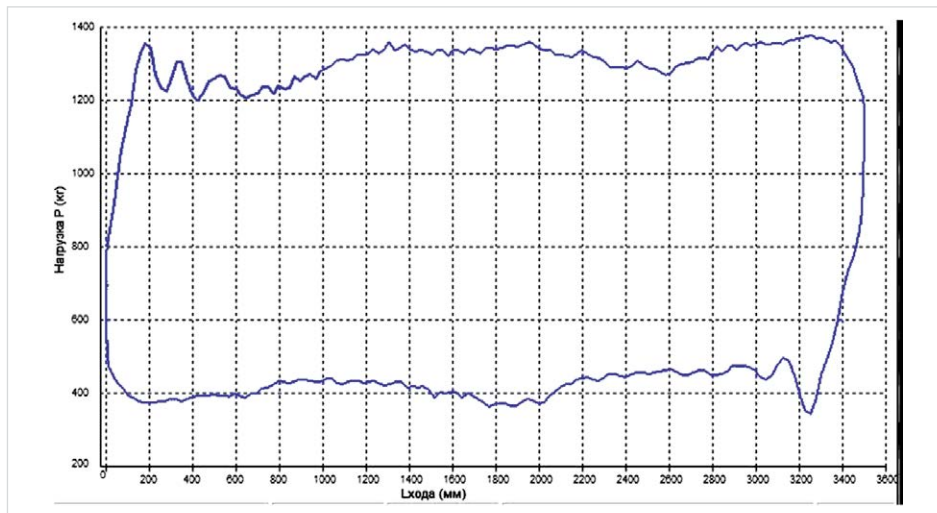


Рис. 3 — Динамограмма изменения усилий на подвеске штанг привода ПЦ35-3,5-0,5/2,5 на скважине 4185 НГДУ «Елховнефть»
 Fig. 3 — Rod hanger load curve for PTs35-3.5-0.5/2.5 chain drive at well #4185 of Elkhovneft Oil-and-Gas Production Division

55 ГОСТ 26020-83 [3] с параллельными гранями полок, что позволило конструктивно совместить в корпусе (причем без дополнительной обработки) функции несущей конструкции и направляющих противовеса. В электроприводе используется цилиндрический трехступенчатый редуктор 3 типа 1ЦЗУ-160-100-31-У1 с передаточным числом 100.

Электродвигатель 4 взрывозащищенный 4ВР90L4 номинальной мощностью 2,2 кВт с частотой вращения вала 1430 мин⁻¹. В преобразующем механизме применена роликовая цепь 9 типа 1НП 50,8–145 с разрывным усилием 263 кН. Делительный диаметр звездочек преобразующего механизма 7 и 8 составляет 324,9 мм. Подвеска устьевого штока 10 связана с уравновешивающим грузом 5 двумя параллельными роликовыми цепями 11 типа 1НП 31,75–192 с разрывным усилием каждой 100 кН. Регулировка натяжения цепи 9 выполняется с помощью винта 17. Двугавры корпуса служат направляющими для роликов уравновешивающего груза 5. При разработке привода предполагалось, что описанное решение по совмещению функций несущей конструкции и направляющих для роликов уравновешивающего груза позволит упростить как конструкцию привода, так и технологию его изготовления, дополнительно снизив затраты за счет унификации применяемого для металлоконструкции проката с используемым при производстве длинноходовых цепных приводов высокой грузоподъемности.

Поскольку в скважинах малого диаметра существуют ограничения по диаметру СШН, а нефть верхних горизонтов, как правило, имеет повышенную вязкость, увеличение производительности привода целесообразно только за счет увеличения длины его хода. Запас по производительности позволяет эксплуатировать конкретную скважину при меньшей частоте качаний, что, в свою очередь, повышает ресурс штанговой колонны и СШН. Решение об увеличении длины хода и максимальной нагрузки в точке подвеса штанг по сравнению с приводом ПЦ30 принято именно из этих соображений. Кроме того, расчеты показали, что при заданных параметрах устойчивая работа установки скважинного штангового насоса

(УСШН) с приводом ПЦ35 во всем диапазоне изменения параметров обеспечивается электродвигателем мощностью 2,2 кВт.

Техническая характеристика привода ПЦ35 в сравнении с приводом ПЦ30 приведена в таб. 1.

Опытный образец привода ПЦ35-3,5-0,5/2,5 был установлен на скважине 4185 Соколкинского нефтяного месторождения НГДУ «Елховнефть» ПАО «Татнефть». К сожалению, соорудить свайный фундамент по организационным причинам не удалось, и было принято решение первый образец привода смонтировать на промежуточной раме и небольшом бетонном основании (рис. 2).

Условный диаметр эксплуатационной колонны скважины — 102 мм. Скважина работает на два горизонта: интервал перфорации 871÷878 м — верейский горизонт; 884÷894 м — башкирский горизонт. Свойства нефти верейского горизонта: плотность в пластовых условиях — 901 кг/м³, вязкость — 57,4 мПа•с; в поверхностных условиях — 910 кг/м³ и 179,5 мПа•с соответственно. Пластовая температура — 23 °С, газовый фактор — 4,7

м³/т. Свойства нефти башкирского горизонта: плотность в пластовых условиях — 905 кг/м³, вязкость — 72 мПа•с; в поверхностных условиях — 919 кг/м³ и 139 мПа•с соответственно. Пластовая температура — 23°С, газовый фактор — 2,5 м³/т. В скважине работает СШН 20-125-RHAM-14-4 (вставной с условным диаметром плунжера 31,8 мм) группы посадки Fit-3. Насос спущен в НКТ60 на глубину 850 м на штангах класса Д_{супер} диаметром 13 мм (0÷802 м) и 16 мм (802÷850 м). Динамограмма изменения усилий на подвеске штанг привода ПЦ35-3,5-0,5/2,5 на скважине 4185 показана на рис. 3. Параметры работы УСШН на момент динамометрирования (16.10.2016): длина хода — 3,5 м, частота качаний — 2,0 мин⁻¹. Теоретическая производительность — 8 м³/сут. Потеря хода плунжера по динамограмме ≈ 0,2 м, коэффициент подачи насоса по динамограмме — 0,94. Форма динамограммы показывает нормальную работу насосной установки и привода.

Влияние вязкости продукции незначительное. Имеется некоторая утечка в клапанах насоса, о чем говорит закругленная

Наименование параметра	ПЦ 30-3-0,5/2,5	ПЦ 35-3,5-0,5/2,5
Максимальное усилие в точке подвеса штанг, кН	30	35 (+ 16,7 %)
Номинальная длина хода, м	3,0	3,5 (+ 16,7 %)
Крутящий момент на тихоходном валу редуктора, кН·м	2	2
Частота качаний, мин ⁻¹	0,5...2,5	0,5...2,5
Масса (без дополнительных уравновешивающих грузов), кг	2700	2600 (-3,7 %)
Масса полного комплекта дополнительных уравновешивающих грузов, кг	1996	2547 (+27,6 %)
Масса постоянной части уравновешивающего груза, кг	1200	500 (-58,3 %)
Габаритные размеры, мм, не более:		
· высота	6300	6000 (-4,8 %)
· длина	3345	1200 (-64,1 %)
· ширина	1730	1550 (-10,4 %)
Мощность электродвигателя, кВт	3	2,2 (-26,7 %)

Таб. 1 — Сравнение приводов ПЦ 35-3,5-0,5/2,5 и ПЦ 30-3-0,5/2,5
 Tab. 1 — Comparison of PTs35-3.5-0.5/2.5 and PTs30-3-0.5/2.5 chain drives

форма левого нижнего и правого верхнего углов динамограммы.

Таким образом, в ходе промысловых испытаний подтверждены как работоспособность привода, так и соответствие его технических характеристик заданным. Вместе с тем выявлены определенные сложности эксплуатации устьевого арматуры скважины из-за стесненных условий при ее расположении внутри промежуточной рамы привода.

Полученный опыт создания, изготовления

и испытаний опытного образца привода ПЦ35-3,5-0,5/2,5 позволяет наметить и некоторые направления его дальнейшего совершенствования. В частности, несколько неоднозначным представляется совмещение функций несущей конструкции и направляющих уравнивающего груза при применении двух стоек корпуса из двутавра шириной 550 мм. При большом запасе прочности на сжатие и устойчивости двутавр по ГОСТ 26020-83 имеет значительные допуски на геометрические размеры и некачественную поверхность. В частности, допустимые отклонения поперечного сечения двутавра № 55 составляют [3]: по высоте профиля ± 4 мм, по толщине полки ± 2 мм, перекос полок — до 3,3 мм. Такие отклонения затрудняют применение указанного двутавра в качестве направляющих при серийном производстве цепных приводов. Кроме того, корпус привода, представляющий собой сварную конструкцию из двух разнесенных двутавров № 55, выглядит при размещении над устьем скважины на свайном фундаменте неоправданно утяжеленным. Представляется целесообразным рассмотреть вариант выполнения корпуса привода в виде отдельной более легкой металлоконструкции, а направляющие сделать съемными и с регулируемым положением в пространстве, изготовив их из улучшенной стали с механической обработкой, гарантирующей высокое качество поверхности, как это предложено в [4]. В поперечном сечении направляющие могут быть квадратными, как это показано на рис. 4 и 5, или круглыми, что проще в технологическом плане.

В качестве фундамента привода целесообразно использовать винтовые сваи (рис. 6), вворачиваемые на необходимую глубину до прочного грунта и ниже глубины его промерзания в зимний период. Такое выполнение фундамента при размещении привода над устьем скважины существенно упростит и удешевит его монтаж, а также обеспечит устойчивость привода и гарантированное положение относительно устья скважины при любых изменениях климатических условий и, кроме того, позволит увеличить свободное пространство вокруг устьевого арматуры, необходимое для ее обслуживания.

Итоги

Разработана новая конструкция цепного привода грузоподъемностью 35 кН с длиной хода 3,5 м и частотой качаний в диапазоне от 0,5 до 2,5 мин⁻¹, в ходе промысловых испытаний подтверждены как работоспособность привода, так и соответствие его технических характеристик заданным. Вместе с тем выявлены определенные сложности эксплуатации устьевого арматуры скважины из-за стесненных условий при ее



Рис. 6 — Винтовая свая
Fig. 6 — Screw pile

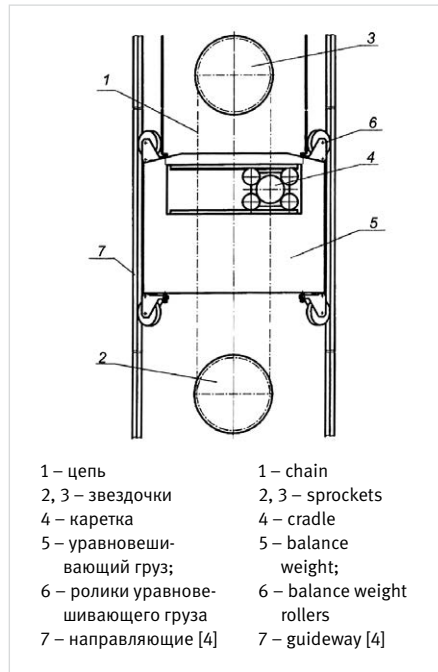
расположении внутри промежуточной рамы привода.

Выводы

Полученный опыт создания, изготовления и испытаний опытного образца привода ПЦ 35-3,5-0,5/2,5 позволил наметить и некоторые направления его дальнейшего совершенствования. В частности, представляется целесообразным рассмотреть вариант выполнения корпуса привода в виде отдельной более легкой металлоконструкции, а направляющие сделать съемными и с регулируемым положением в пространстве, изготовив их из улучшенной стали с механической обработкой, гарантирующей высокое качество поверхности. В качестве фундамента привода целесообразно использовать винтовые сваи, вворачиваемые на необходимую глубину до прочного грунта и ниже глубины его промерзания в зимний период.

Литература

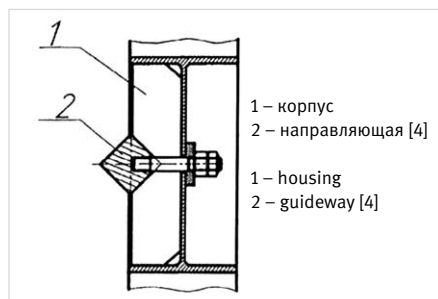
1. Ш.Ф. Тахаутдинов, Н.Г. Ибрагимов, В.М. Валовский, К.В. Валовский. Цепные приводы скважинных штанговых насосов. М.: Нефтяное хозяйство, 2014. 447 с.
2. М.В. Швецов, Г.Б. Бикбов, И.Ф. Калачев. Цепной привод ШГН для эффективной эксплуатации малодобитных скважин // Экспозиция Нефть Газ. 2016. № 5. С. 26–27.
3. ГОСТ 26020-83. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент. Введ. 01.01.1986. М.: Изд-во стандартов, 2003. 216 с.
4. Патент РФ №2301356. Цепной привод скважинного штангового насоса, приоритет от 10.01.06, кл. F04B 47/02.



- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1 – цепь | 1 – chain |
| 2, 3 – звездочки | 2, 3 – sprockets |
| 4 – каретка | 4 – cradle |
| 5 – уравнивающий груз; | 5 – balance weight; |
| 6 – ролики уравнивающего груза | 6 – balance weight rollers |
| 7 – направляющие [4] | 7 – guideway [4] |

Рис. 4 — Фрагмент преобразующего механизма цепного привода с уравнивающим грузом и направляющими

Fig. 4 — Fragment of chain drive converter mechanism with balance weight and guideways



- | | |
|----------------------|------------------|
| 1 – корпус | 1 – housing |
| 2 – направляющая [4] | 2 – guideway [4] |

Рис. 5 — Крепление съемной направляющей к корпусу:

Fig. 5 — Attachment of replaceable guideway to the housing

Authors

- K.V. Valovky** — Sc.D., head of petroleum engineering laboratory, well operation and workover department; kvalovsky@tatnipi.ru
I.G. Shamsutdinov — head of techniques development sector, well operation and workover department; dobicha@tatnipi.ru
N.V. Fedoseyenko — lead engineer, well operation and workover department
V.M. Valovsky — Sc.D., adviser on reservoir engineering technologies

Abstract

This work presents a novel design of an open-type chain drive for a sucker-rod pumping unit with a 3.5-m length stroke and a 35 kN load capacity. This chain drive is mounted directly above the well head, and is an optimal solution for rod-lift production of low-volume wells. For the chain drive body, double tee profiles with parallel faces are used, which serve as both a support structure and balance weight guides. The paper presents technical characteristics of the new-design chain drive in comparison to PTs 30 model chain drive developed by the Bugulma Mechanical Plant, as well as a case study. The authors analyze technical solutions and consider ways to improve the chain drive design. It is recommended to reduce weight of the chain body, use a screw-pile foundation, and dismountable guides made of high-grade steel.

Materials and methods

GOST 26020-83 I-beam No. 55 with Parallel Flange Edges, cylindrical triple reduction gearbox 1TsZU-160-100-31-U1, 2.2-kW explosion-proof motor 4BP90L4 with shaft speed of 1430 min⁻¹, roller chain 1NP 50.8–145 with breaking strength of 263 kN, roller chains 1NP 31.75–192 with breaking strength 100 kN. Theoretical substantiation of technical characteristics and operational advantages, design and construction of test specimen, filed testing, analysis of test results.

Keywords

light-weight structure, chain drive, mounting above wellhead, technical characteristics, design solutions, ways to improve performance

Results

A new chain drive was designed to enable lifting capacity of as high as 35 kN, stroke

length of 3.5 m and oscillation frequency from 0.5 to 2.5 min⁻¹. Field tests confirmed both serviceability of the drive and its compliance with specification requirements. At the same time, some challenges during wellhead operations were revealed. These were associated with limited-access conditions within drive sub-frame.

Conclusions

Lessons learned from development, construction and field testing of PTs 35-3.5-0.5/2.5 chain drive test specimen brought forth further design improvements. Particularly, the housing of the drive may be implemented as an independent lightweight metal structure while replaceable, space-adjustable guideways may be made of mechanically upgraded steel to ensure high quality of the surface. Appropriate drive base plates are screw piles screwed into the ground up to firm soil level and below soil frost depth in winter.

References

1. Sh.F. Takhautdinov, N.G. Ibragimov, V.M. Valovskiy, K.V. Valovskiy. *Tsepnye privody skvazhinnykh shtangovykh nasosov* [Sucker Rod Pump Chain Drives]. Moscow: Neftyanoye Khozaistvo, 2014, 447 p.
2. M.V. Shvetsov, G.B. Bikbov, I.F. Kalachev. *Tsepnoy privod ShGN dlya effektivnoy*

ekspluatatsii malodebitnykh skvazhin [Sucker Rod Pump Chain Drive for Efficient Operation of Low-Production Wells]. Exposition Oil Gas, 2016, issue 5, pp. 26–27.

3. GOST Standard No.26020-83. *Dvutavry stal'nye goryachekatanye s parallel'nymi granyami polok. Sortament* [Hot-Rolled

Steel I-beam with Parallel Flange Edges. Dimensions]. Introduced 01.01.1986, Moscow: Standards Publishing House, 2003, 216 p.

4. Patent RF No.2301356. *Tsepnoy privod skvazhinного shtangovogo nasosa* [Sucker Rod Pump Chain Drive]. Priority from 10.01.06, kl. F04B 47/02.

СЕМИНАР-КОНФЕРЕНЦИЯ

03–07 июня 2019

«Инновационные решения в области КРС, ПНП, ГНКТ, внутрискважинные работы и супервайзинг в горизонтальных и разветвленных скважинах»

09–13 сентября 2019

«Эксплуатация – добыча нефти и газа, ремонт и бурение горизонтальных скважин»



+7 (3452) 534 009
togc@bk.ru, in_tech@bk.ru
WWW.TOGC.INFO



НЕФТЬ ГАЗ
ЭКСПОЗИЦИЯ
Генеральный информационный партнер

