

DOI: 10.17516/1999-494X-0369

УДК 621.822.172

Increasing Efficiency of the Oil Production Using Hydraulic Screw Pumps at Iraq's Judaida Oilfield

**Alnayef M. Almohammad, Maksim V. Brungardt,
Natalia G. Kvesko, Artem V. Brungardt,
Evgeny A. Sorokin and Natalia A. Kolbasina***
*Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russian Federation*

Received 17.09.2021, received in revised form 31.01.2022, accepted 06.02.2022

Abstract. The article describes in detail the operation principle of the screw pump and gives recommendations on the use of screw-type hydraulic machines to reduce the cost of oil production on the example of a field in Iraq.

Keywords: screw pump, oilfield, operating principle, sucker rod pumping unit, production method.

Citation: Almohammad, A. M., Brungardt, M. V., Kvesko, N. G., Brungardt, A.V., Sorokin, E. A., Kolbasina N. A. Increasing Efficiency of the Oil Production Using Hydraulic Screw Pumps at Iraq's Judaida Oilfield. J. Sib. Fed. Univ. Eng. & Technol., 2022, 15(1), 6–13. DOI: 10.17516/1999-494X-0369

Повышение эффективности добычи нефти с применением установок винтовых гидронасосов на месторождении «Джудайда» (Judaida) Республики Ирак

А. М. Альнайеф, М. В. Брунгардт, Н. Г. Квеско,
А. В. Брунгардт, Е. А. Сорокин, Н. А. Колбасина
*Сибирский федеральный университет
Российская Федерация, Красноярск*

Аннотация. Подробно описан принцип работы винтового насоса и даны рекомендации по использованию установок винтовых погружных насосов для снижения себестоимости нефтедобычи на примере месторождения в Ираке.

Ключевые слова: винтовой насос, месторождение, принцип работы, штанговая насосная установка, способ добычи.

Цитирование: Альмохаммад, А. М. Повышение эффективности добычи нефти с применением установок винтовых гидронасосов на месторождении «Джудайда» (Judaida) Республики Ирак / А. М. Альмохаммад, М. В. Брунгардт, Н. Г. Квеско, А. В. Брунгардт, Е. А. Сорокин, Н. А. Колбасина // Журн. Сиб. федер. унта. Техника и технологии, 2022, 15(1). С. 6–13. DOI: 10.17516/199-9494X-0369

Актуальность темы. Проблема освоения месторождений высоковязкой нефти крайне актуальна для Ирака. На сегодняшний день для добычи и перекачки высоковязкой нефти в основном используются штанговые установки.

Текущее состояние мировой экономики ставит перед нефтедобывающей отраслью новые задачи, связанные в том числе и с оптимизацией затрат при нефтедобыче с целью снижения себестоимости конечного продукта. Одним из путей снижения может стать изменение технологии откачки нефти из скважины с целью снижения конечных затрат на данную операцию. Рассмотрим этот вопрос на примере месторождения «Джудайда» в Ираке.

Объект исследования. Газонефтяное месторождение «Джудайда» (Judaida) расположено в северной части Ирака в 58 км к северо-востоку от г. Тикрит между месторождениями «Хамрин» и «Джамбур». Месторождение приурочено к антиклинали северо-западного – юго-восточного простирания с осложнением разломом, было открыто в 1989 г., но разработано в 1991 г. Длина складки 12, 5 км, ширина – 5, 7 км [1, 2].

Нефтеносность установлена в отложениях олигоцена – нижнего миоцена и верхнего мела. В олигоцен-нижнемиоценовом резервуаре выявлено два продуктивных горизонта. Верхний приурочен к мергелистым сильнотрещиноватым известнякам свиты Джерибе (нижний миоцен) на глубине 2800 м. Плотность нефти 2,890 г/см³.

Плотность нефти на поверхности 2,966 г/см³, пластовое давление 25 МПа, давление насыщения ($P_{нас}$) 21 МПа, обводненность продукции скважины 21 %, пластовая температура ($t_{пл}$) 70 °С, динамический уровень по вертикали 1200 М, содержание серы 2,9 % (вес.), асфальтенов – 2,8 (вес.), содержание парафинов 2,9 %, газовый фактор 80 м³/м³. Состав газа, об. %: CH₄–73,5 %; C₂H₄–6, 8 %; C₃H₈–2,9 %; C₄H₁₀–1, 8 %; C₅H₁₂–0, 41 %; C₆H₁₄ + высшие – 0,22 %; N₂–0 %; CO₂–0,0 %; H₂S – 0,0 %.

Пористость до 21 %; проницаемость между 155 и 400 мД.

Нижний продуктивный горизонт связан с доломитизированными и оолитовыми порово-кавернозными известняками свит верхний Киркук-Евфрат (олигоцен – нижний миоцен), залегающими на глубине 2900–3200 м (рис. 1–3). Плотность нефти 2,988 г/см³.

Дебиты нефти из основного продуктивного горизонта (свита Кальхур) равны 2000 бар /сут. Начальные доказанные запасы нефти месторождения составляют от 60 млн т (по состоянию на 1.01.2011 [3]).

Запасы нефти в залежи относятся к категории крупных. Подошвенная вода с минерализацией 70 г/л оказывает давление для вытеснения нефти из пласта совместно с закачиваемой водой в нагнетательные скважины.

Эксплуатационных скважин – 25.

Из 40 скважин действующего добывающего фонда 10 работают фонтаном, 5 оборудованы ЭЦН, 10 – винтовые.

Нагнетательных скважин – 25.

Наблюдательных скважин – 10.

В газовом фонде 3 скважины, из них 2 действующие, 1 наблюдательная.

За время эксплуатации нефтяных скважин произошло падение давление от 29 до 21 МПа, которое привело к прекращению фонтанирования. В сложившейся ситуации рациональным является возобновление дебитов скважин механизированными способами, которые должны обеспечивать высокую продуктивность скважин на месторождении «Джудайда».

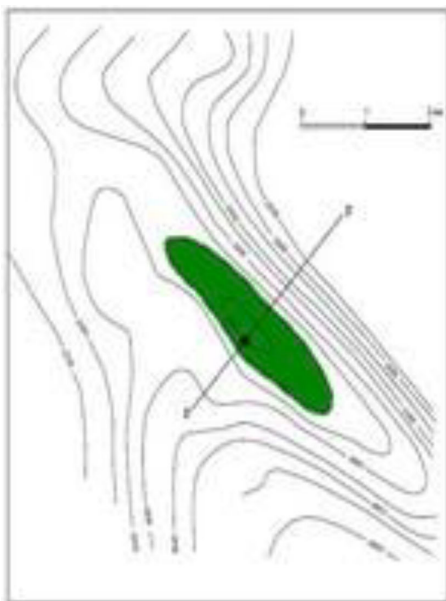


Рис. 1. Структурная карта подошвы свиты Джудайда

Fig. 1. Structural map of the base of the Judaida Formation

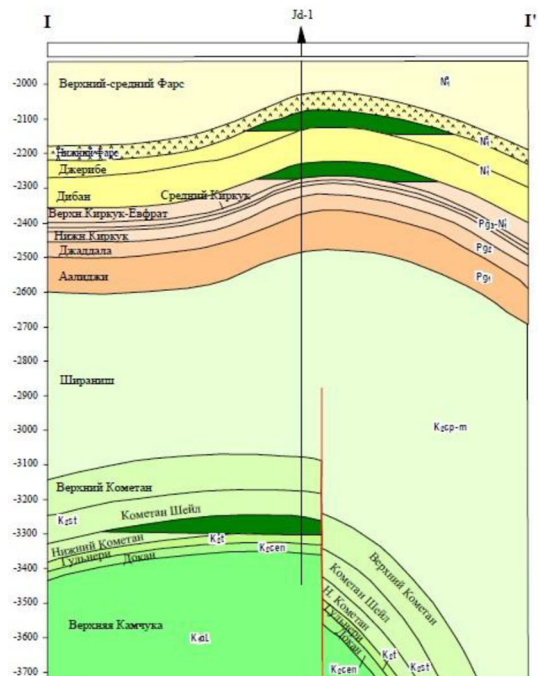


Рис. 2. Геологический профиль по линии I–I'

Fig. 2. Geological profile along the line I–I'

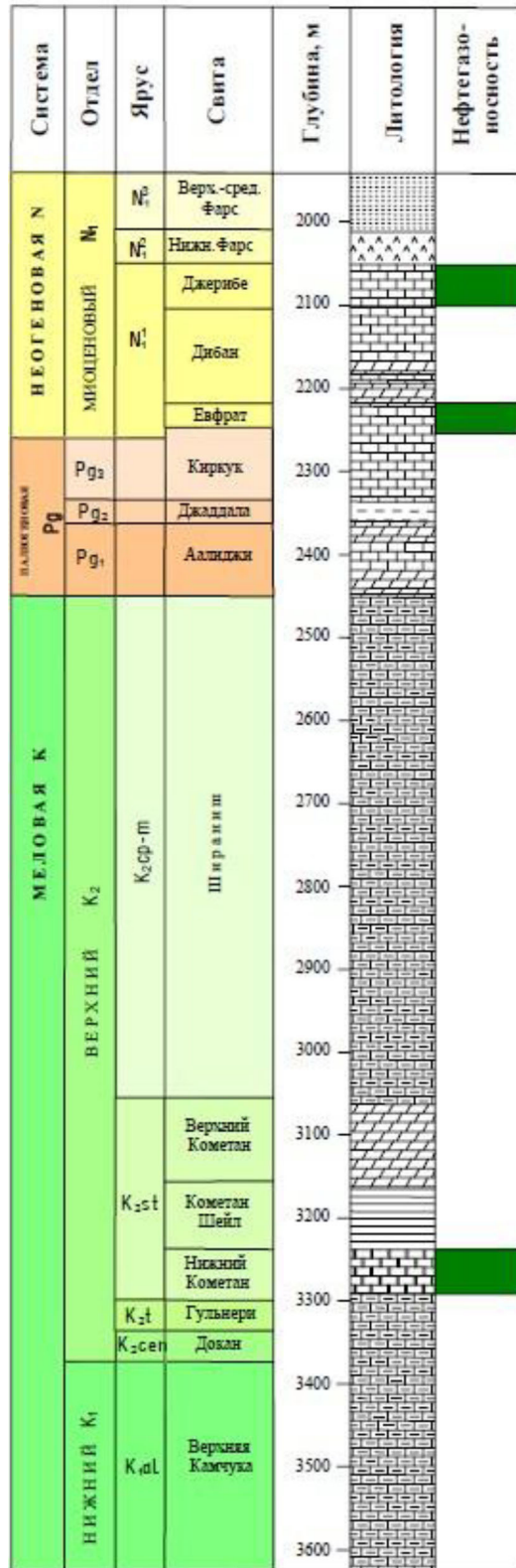


Рис. 3. Геологический разрез продуктивных отложений

Fig. 3. Geological section of productive deposits

Наиболее рациональна технология добычи нефти с помощью установок винтовых насосов. В этом случае выбор оборудования для установок винтовых насосов производится индивидуально, согласно параметрам существующих скважин.

Механизированная добыча углеводородов в Ираке производится при помощи различных типов оборудования. Для механизированной добычи применяют различные типы насосного оборудования в зависимости от глубины и характеристик месторождения. При глубине залегания не более 1200 м применяют штанговые глубинные установки (УШГН, рис. 4). Несмотря на то что такая технология отработана десятилетиями, она не лишена существенных недостатков, связанных как с недостаточной надежностью, трудоемкостью технического обслуживания и ремонта, так и с негативным действием на экологию прилегающей местности. Так, при

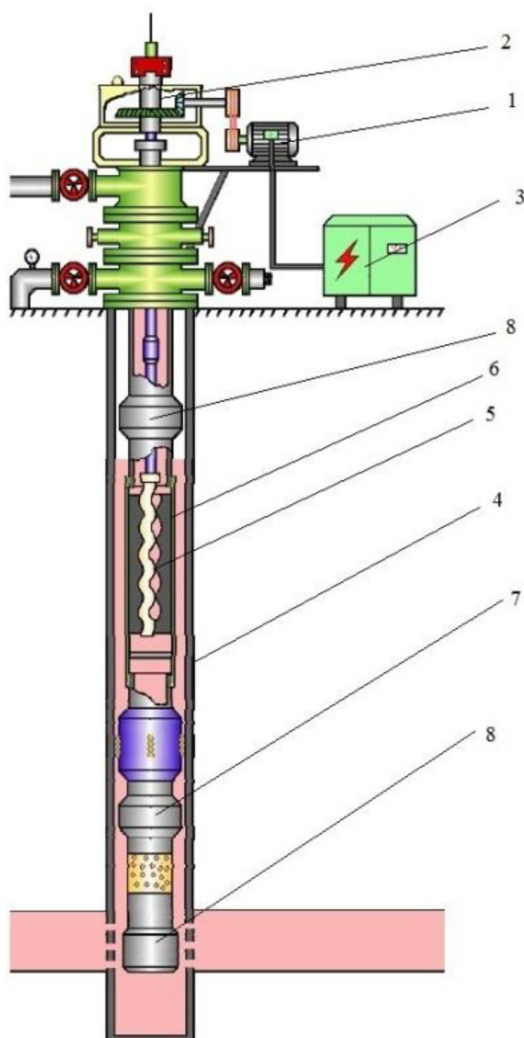


Рис. 4. Погружной винтовой насос с поверхностным приводом: 1 – первичный двигатель; 2 – редуктор; 3 – станция управления; 4 – корпус насоса; 5 – ротор; 6 – статор; 7 – центратор; 8 – якорь

Fig. 4. Submersible screw pump with surface drive: 1 – prime mover; 2 – reducer; 3 – control station; 4 – pump housing; 5 – rotor; 6 – stator; 7 – centralizer; 8 – anchor

возвратно-поступательном движении отполированного штока качалки активно изнашивается устьевой сальник, что приводит к разливу нефти. При глубине не более 3500 м используются установки электрического центробежного насоса (УЭЦН). Установки погружных винтовых электронасосов (УЭВН) можно использовать при глубине более 3000 м, поэтому в качестве одной из наиболее перспективных технологий поднятия нефти на месторождении «Джудайда» из нефтесодержащих пластов более глубокого залегания предлагается способ механизированной эксплуатации скважин с использованием *установок электровинтовых насосов (УЭВН)* [3, 6]. В дальнейшем решаются технические вопросы для применения данного вида оборудования в Ираке на других месторождениях с глубиной более 3000 м.

Основные эксплуатационные преимущества использования винтовых насосов: низкая металлоемкость в сравнении со штанговыми насосами; отсутствие специального фундамента; низкая цена; низкое энергопотребление привода установки; простота установки и обслуживания; невысокие экологические риски; более высокий срок службы; невысокая энергоемкость привода насосно-компрессионной трубы (НКТ); высокие значения напора и подачи; гибкость и многовариантность компоновки насосной установки; широкий диапазон регулирования технологических параметров работы; возможность использования в добыче как нормальной, так и маловязкой нефти и нефти с высокой вязкостью; высокая надежность при перекачке пластовой жидкости с повышенным содержанием механических примесей (до 50 %); высокая работоспособность при контакте с вязкой нефтью с большим содержанием газа при высоком давлении насыщения, с низким коэффициентом продуктивности и др.; неизменность параметров при повышении вязкости более (200 сП); возможность использования без потери эффективности в наклонных и горизонтальных скважинах [7, 8].

Принцип работы. Для понимания принципа работы винтового насоса можно представить его в виде комплекса устройств, укрупненно состоящего из двух частей, – рабочей части и привода рабочей части [5]. Привод рабочей части состоит из первичного двигателя 1, как правило, электрического, а также редуктора 2, предназначенного для изменения скорости вращения и крутящего момента, и управляющей станции 3. Рабочая часть состоит из корпуса 4 винтового насоса, в котором имеется рабочая камера насоса и рабочий орган – вытеснитель.

Вытеснитель, называемый также ротором 5, получает вращение от привода через редуктор 2. Ротор находится в рабочей камере, в данном случае называемой также статором 6. **Ротор** изготовлен в виде винта небольшого диаметра, имеющего глубокую круглую резьбу с большим шагом – расстоянием между соседними витками резьбы. **Статор** изготовлен в виде полостигайки аналогично ротору, но не с наружными, а с внутренними витками резьбы, причем у ротора резьба выполнена однозаходной, в то время как у статора она двухзаходная, причем шаг резьбы статора больше, чем у ротора. Формы обеих резьб – на роторе 5 и на статоре 6 – подобраны таким образом, что поверхность ротора-винта касается поверхности статора-гайки и образует пятно контакта на вершине витка резьбы по всей длине винта, причем при вращении винта контакт остается постоянным без отрыва от поверхности статора и без заклинивания.

Благодаря такому сочетанию форм тел вращения, шага и модуля резьбы, при вращении ротора винтообразной формы, являющегося рабочим органом – вытеснителем, внутри рабочей камеры – статора – перемещается некоторый объем вязкой жидкости от полости всасывания к полости нагнетания. При вращении поверхность ротора отходит от поверхности статора,

в результате чего создается разрежение, вследствие чего в рабочую камеру поступает жидкость. Объем жидкости ограничен внутренней поверхностью статора, наружной поверхностью ротора и тем самым пятном контакта между вершиной витка винта-ротора, и гайкой-статором, о котором упоминалось выше. При вращении пятно контакта без отрыва перемещается вверх, так как форма ротора и статора предусматривает постоянный контакт поверхностей при любом угле поворота ротора. По этой причине захваченный объем жидкости под действием разрежения и силы инерции, полученной в процессе воздействия на объем жидкости, начинает перемещение от полости всасывания вверх, будучи ограниченным контактирующими поверхностями ротора и статора между соседними витками. В полости всасывания при этом происходит процесс вытеснения жидкости к полости нагнетания и одновременный процесс захвата следующей порции жидкости, так как винт-ротор вновь отходит от поверхности статора теперь уже во втором витке резьбы.

В зависимости от места расположения двигателя различают установки винтовых насосов с *поверхностным* и с *погружным* приводом. В первом случае передача энергии от двигателя, расположенного на поверхности, к насосу осуществляется посредством колонны вращающихся насосных штанг. Такие насосные установки позволяют откачивать пластовую жидкость с производительностью до 2000 бар/сут с глубины до 3000 м. Во втором случае электродвигатель входит в состав погружной части насосной установки и соединен с наземной станцией управления с помощью электрического кабеля. Установки винтовых насосов с погружным электродвигателем (УЭВН) могут использоваться в более глубоких искривленных и горизонтальных скважинах, где применение УШГН ограничено из-за штанг, и обеспечивать более высокий дебит.

Техническое предложение. В связи с тем, что винтовые насосы не являются узконаправленной технологией добычи нефти, а могут массово использоваться и успешно конкурировать с традиционными технологиями, при этом основные достоинства винтовых насосов, перечисленные выше, обуславливают их экономическую рентабельность и экологическую безопасность, предлагается принять их к использованию на месторождении «Джудайда» Республики Ирак в тех случаях, где применение центробежного (УЭЦН) и штангового (УШГН) насосов ограничено или невозможно, либо с целью снижения себестоимости нефтедобычи как альтернатива традиционным способам добычи нефти. При этом необходимо учитывать, что эффективность работы винтовых насосов (УЭВН), как и других способов добычи, существенно снижается под действием осложняющих факторов, к которым относятся кривизна стволов скважин, наличие в добываемой жидкости повышенного количества твердых взвешенных частиц (ТВЧ), свободной газовой фазы, значительная вязкость откачиваемой среды. Эти факторы вызывают износ трущихся пар и разрушение эластомера, снижение напора и подачи насосов, аварии с насосными штангами.

Заключение. На примере месторождения «Джудайда», Ирак, достаточно наглядно показано направление снижения себестоимости добычи нефти путем изменения стоимости оборудования и его обслуживания; особенно высокое влияние этих технико-экономических показателей возникает, как в нашем примере, в случае наличия разрыва и разности нефтеносности пластов. Винтовые насосы могут массово использоваться и успешно конкурировать с традиционными технологиями добычи нефти в широком диапазоне изменения параметров

сырья. При этом основные достоинства винтовых насосов (работа с высоковязкими эмульсиями, большим содержанием механических примесей и свободного газа в пластовой жидкости) обеспечивают их преимущества в тех зонах, где применение центробежных и штанговых насосов ограничено, невозможно или экономически нецелесообразно. При выборе оптимального способа добычи нефти следует не только уделять особое внимание технологическим преимуществам и недостаткам способов эксплуатации, но и учитывать такие параметры, как наработка на отказ, стоимость оборудования и его ремонта, ценовая и налоговая политика государства.

Список литературы / References

- [1] R. Moineau. Gear Mechanism. USA Patent № 1892217, 27.04.1931
- [2] Балденко Д. Ф., Бидман М. Г., Калишевский В. Л. и др. *Винтовые насосы*. М., Машиностроение, 1981. [Baldenko, D.F., Bidman M. G., Kalishevsky V.L. and other. *Screw pumps*. М., Mechanical Engineering, 1981 (in Russian)]
- [3] Балденко Д. Ф. *Винтовые гидравлические машины. Машины и нефтяное оборудование*. М., ВНИИОЭНГ, 1979, № 9. [Baldenko D.F. *Screw hydraulic machines. Machines and oil equipment*. М., VNIIOENG, 1979, No. 9 (in Russian)]
- [4] Балденко Д. Ф., Балденко Ф. Д. *Перспективы применения и критерии эффективности одновинтовых гидромашин в нефтяной промышленности. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море*. М., ВНИИОЭНГ, 1995, № 4–5. [Baldenko D. F., Baldenko F. D. *Application prospects and efficiency criteria for single-screw hydraulic machines in the oil industry. Construction of oil and gas wells onshore and offshore*. М., VNIIOENG, 1995, No. 4–5 (in Russian)]
- [5] Оборудование для добычи нефти и газа [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва: ООО «Торговый дом «Ринако», 2000.– 1 эл. опт. диск (CD-ROM). [Equipment for oil and gas production [Electronic resource]. – Electron. Dan. – Moscow: LLC «Trading House» Rinako «, 2000. – 1 e-mail. wholesale disc (CD-ROM) (in Russian)]
- [6] Ратов А. М., Хейфец А. С. *Одновинтовые скважинные электронасосы в Советском Союзе и за рубежом*. М., ЦИНТИхимнефтемаш, 1979. [Ratov A. M., Kheifets A. S. *Single-screw borehole electric pumps in the Soviet Union and abroad*. М., TsINTIkhimneftemash, 1979 (in Russian)]
- [7] Балденко Д. Ф., Балденко Ф. Д., Власов А. В., Хабеецкая В. А., Шардаков М. В. *Параметрический ряд многозаходных скважинных винтовых насосов. Нефтепромысловое дело*. М., ВНИИОЭНГ, 2001, № 8. [Baldenko D.F., Baldenko F. D., Vlasov A. V., Khabetskaya V. A., Shardakov M. V. *Parametric range of multi-way borehole screw pumps. Oilfield business*. М., VNIIOENG, 2001, No. 8 (in Russian)]
- [8] Коротяев Ю. А. *Прогрессивный инструмент для формообразования зубьев многозаходных героторных механизмов винтовых забойных двигателей и насосов*. М., ВНИИОЭНГ, 2002. [Korotayev Yu. A. *An advanced tool for shaping the teeth of multi-pass gerotor mechanisms of downhole motors and pumps*. М., VNIIOENG, 2002 (in Russian)]
- [9] Балденко Д. Ф., Балденко Ф. Д. Перспективы создания гидроприводных винтовых насосных установок для добычи нефти. *Нефтяное хозяйство*, 2002, 3. [Baldenko, D.F., Baldenko, F.D. Prospects for the creation of hydraulic screw pumping units for oil production. *Oil industry*, 2002, 3 (in Russian)]