

УДК 621.65: 622.279

Э.В. Абрамова, Р.И. Вахитова, Д.В. Мазанкина (Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, Российская Федерация), А.М. Азизов (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ВИНТОВЫХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО ГАЗСОДЕРЖАНИЯ

E.V. Abramova, R.I. Vakhitova, D.V. Mazankina (Almetyevsk State Oil Institute, Almetyevsk, Russian Federation), A.M. Azizov (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

PECULIARITIES OF SCREW-PUMP UNITS WORK IN INCREASED GAS CONTENT CONDITIONS

Введение

С целью совершенствования технологий эксплуатации скважин, оборудованных установками винтовых насосов, на нефтяных месторождениях с высоким газовым фактором актуальной является разработка устройства, перепускающего затрубный газ в колонну насосно-компрессорных труб.

Цели и задачи

Усовершенствование устройства для перепуска затрубного газа при эксплуатации скважин с высоким газовым фактором с использованием установок винтовых насосов с целью увеличения потенциала добычи.

Результаты

Разработано автоматическое устройство для перепуска затрубного газа в колонну насосно-компрессорных труб, использование которого позволяет снизить величину давления газа в затрубном пространстве, уменьшить вероятность образования гидратных пробок, увеличить уровень пластовой жидкости над насосом и производительность установки.

Background

In order to improve the technology of operating wells equipped with screw-pump units in oil fields with increased gas content, it is important to develop a device passing annulus gas into a tubing string.

Aims and Objectives

Improvement of the device for annular gas bypass in the operation of wells with increased gas content by means of screw pump units to increase the production potential.

Results

An automatic device for the transfer of annular gas to the tubing string has been developed, the use of which makes it possible to reduce the value of the gas pressure in the annulus, reduce the likelihood of formation of hydrate plugs, increase the level of the formation fluid above the pump and the productivity of the unit.

Ключевые слова: добывающая скважина, установки винтовых насосов, газовый фактор, затрубный газ, колонна насосно-компрессорных труб

Key words: production well, screw-pump units, gas-oil ratio, annular gas, tubing string

В связи с увеличением доли нефтяных месторождений с пластовой продукцией средней и высокой вязкости все более широкое применение находят установки электро-винтовых насосов (УЭВН), обладающие рядом достоинств:

- высокий коэффициент полезного действия при эксплуатации малодебитных скважин по сравнению с установками электрических центробежных насосов (УЭЦН), в которых высокие тепловые потери, и с установками скважинных штанговых насосов (УСШН) благодаря отсутствию возвратно-поступательного движения насосных штанг;
- эксплуатационные расходы на электроэнергию меньше до 50 % по сравнению со станками-качалками той же производительности;
- малая металлоемкость, составляющая не более 10 % от привода УСШН;
- небольшие экологические риски;
- минимальные сроки и стоимость обустройства и монтажа установки благодаря отсутствию специального фундамента и небольшой объем обслуживания наземной части [1].

На рисунке 1 приведен пример построения карты применения технологий в зависимости от глубины пласта. На карте отмечены области эффективного применения для каждой из рассматриваемых технологий добычи нефти. Критерием применения технологии является значение NPV, которое должно отличаться от максимального значения среди всех технологий не более чем на 0,5 тыс. у.е. Согласно проведенным расчетам, вся область изменения влияющих параметров ($1000 \leq H \leq 2500$ м, $0 \leq \Gamma \leq 400$ м³/т) покрывается хотя бы одной из технологий. При этом характерными критериями для применения

УЭЦН являются большая глубина залегания пласта и низкое газосодержание в пластовой нефти, для УСШН - малая глубина залегания пласта и низкий газовый фактор, для УЭВН - высокий газовый фактор при малой и средней глубине скважины. Штанговые винтовые насосы (таблица 1) могут успешно использоваться в мало- и среднедебитных скважинах (до 60 м³/сут) как в стандартных (нормальных) геолого-технических условиях, так и в осложненных, с повышенным содержанием механических примесей и газа в откачиваемой продукции [2].

Тем не менее, при работе винтовых установок встречаются неблагоприятные факторы, существенно осложняющие их эксплуатацию. К ним относятся износ рабочих органов насоса, эластомеров, засорение насоса, отложение солей и т.д. [3].

Анализ причин ремонтов фонда УЭВН показывает, что наиболее актуальной задачей остается борьба с износом эластомеров. Эластомеры работают в условиях воздействия агрессивной среды и воспринимают изменяющиеся по циклам нагрузки: многократное сжатие и растяжение, трение о поверхность металлического ротора, абразивный износ и др.

В результате воздействия указанных факторов теряется эластичность, изменяется твердость, снижается прочность полимерной обкладки статора [4].

Винтовые установки применяют в нефтяных скважинах в условиях повышенного газосодержания (до 75 % на приеме насоса). Одной из основных причин выхода из строя эластомера в винтовой паре является его перегрев, который происходит из-за отсутствия жидкостной смазки, вытесненной высоким давлением затрубного газа [1].

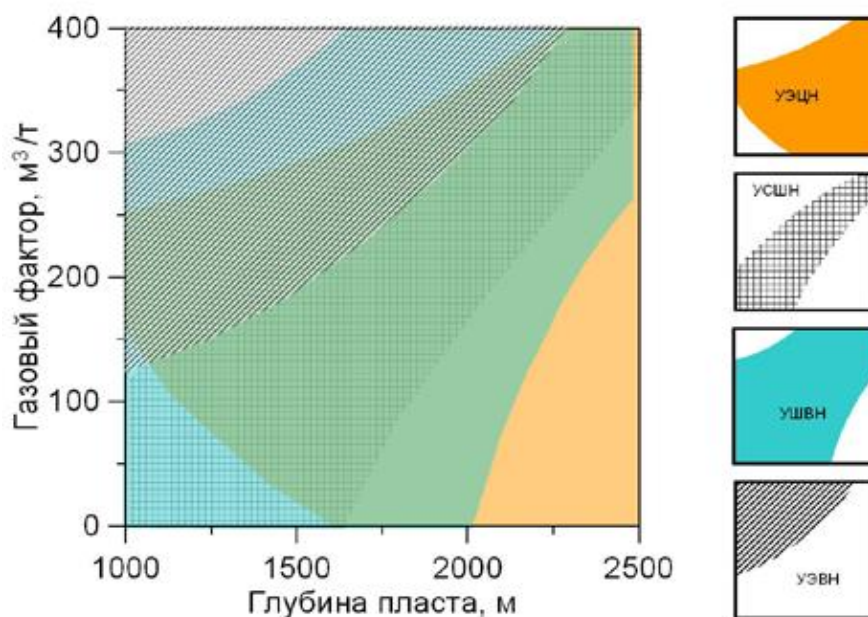


Рисунок 1. Зависимость газового фактора от глубины залегающего пласта при изменении расчетных значений наработки для различных установок

Таблица 1. Области применения механизированных насосных систем по вязкости и дебитам скважин

Тип установки	Диапазон дебитов, м³/сут	Оптимальный диапазон вязкости, мПа·с	Максимальная вязкость, мПа·с
УСШН	0,10-0,85	1-500	2500
УЭЦН	10-800	1-45	85
УЭДН	5-100	1-30	100
УЭВН	4-200	10-1000	10000
УВНП	0,1-240,0	30-10000	60000

Потеря работоспособности резиновых изделий в газосодержащих средах высокого давления зависит от спада контактного напряжения и накопления остаточной деформации, от развития дефектов при растворении газа в резине и при сбросе давления. К разновидностям таких дефектов относятся преждевременное набухание, слоистость структуры резины, трещины в наружном слое, каверны с глянцевой поверхностью во внутреннем слое и пустоты [4]. Избыточное

количество газа в пространстве между насосно-компрессорными трубами (НКТ) и обсадной колонной приводит к образованию газогидратов, снижению динамического уровня в скважине и т.д. [5]. Следствием снижения динамического уровня является необходимость увеличения глубины спуска насоса, что сопряжено с дополнительными расходами насосно-компрессорных труб и электрического кабеля, увеличением нагрузки на колонну НКТ. Давление газа в затрубном простран-

ве играет определяющую роль в формировании давления в приемной части насоса, отражая технико-экономические показатели работы скважины [1]. Винтовые установки наиболее часто используются на низкодебитном фонде скважин. Для низкопродуктивных скважин с дебитами $10 \text{ м}^3/\text{сут}$ и ниже оптимальным является поддержание такого режима эксплуатации, когда динамический уровень приближается к приему насоса. Рекомендуется применение устройства для удаления газа из затрубного пространства скважины. За счет перепуска газа из затрубного пространства добывающей скважины в НКТ с помощью автоматического струйного устройства уровень жидкости в затрубье повышается, от чего образуется дополнительный потенциал добычи [6].

В скважинах, осложненных содержанием в продукции значительного количества свободного газа, широкое распространение получили струйные насосы. Например, перепуск газожидкостной смеси струйным насосом, установленным ниже динамического уровня, позволяет снизить содержание газа в

смеси и, как следствие, снизить его выделение и накапливание в затрубном пространстве.

Врезка эжекторного устройства в колонну насосно-компрессорных труб над винтовым насосом обеспечивает перепуск газа из затрубного пространства в НКТ, снижает давление и увеличивает уровень жидкости в затрубье.

Для перепуска затрубного газа рассматривается автоматическое струйное устройство [7], позволяющее повысить надежность и эффективность автоматического устройства для перепуска затрубного газа в целях понижения давления в затрубном пространстве скважин, оснащенных штанговыми установками винтовых насосов.

Конструкция винтового насоса в скважине с автоматическим устройством для перепуска затрубного газа в колонну НКТ приведена на рисунке 2.

Автоматическое устройство для перепуска затрубного газа в колонну НКТ изображено на рисунке 3.

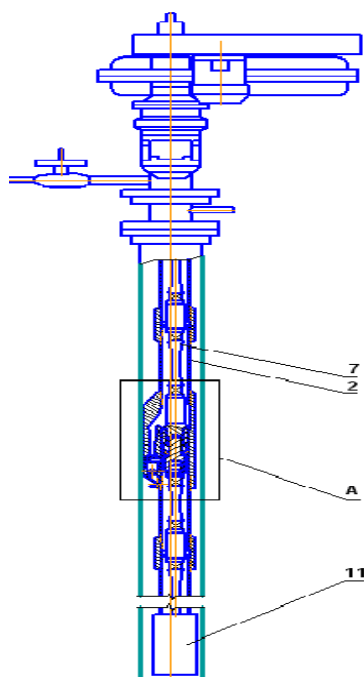


Рисунок 2. Винтовой насос с автоматическим устройством для перепуска затрубного газа

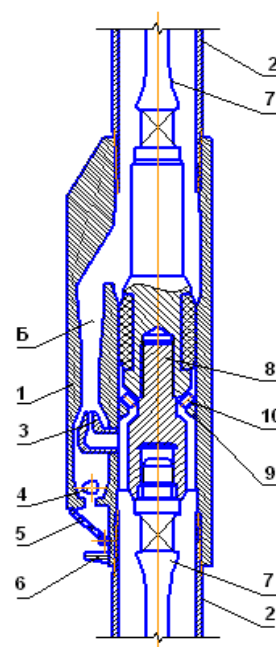


Рисунок 3. Автоматическое устройство для перепуска затрубного газа

Внутренняя часть корпуса 1 (рисунок 3) имеет гидравлический канал Б с сужением по центру. Канал соединяет полость насосно-компрессорных труб 2 через патрубок 3, расположенный по осевой линии. Патрубок соединен с затрубным пространством через обратный шаровой клапан 4.

При спуске автоматического устройства в скважину шарнирный колпачок 5 обратного шарового клапана 4 находится в закрытом состоянии. Под собственным весом после установки клапан раскрывается до уровня ограничителя хода 6. Колонна штанг 7 выполнена с отклонителем потока 8 в виде цилиндрического утолщения, которое имеет посадку по ходу в направлении стенок корпуса 1 данного устройства и опирается на треугольный равнобедренный упор 9 с помощью радиально-упорного подшипника 10. Этот подшипник не препятствует вращению колонны штанг. К стенкам корпуса прилегает наибольшее основание треугольного упора 9. Диаметр окружности, проведенной через вершину треугольника, больше диаметра винта насоса 11 (рисунок 2).

Принцип работы перепускного устройства состоит в следующем: при работе винтового насоса при изменении направления истечения газожидкостной смеси с помощью отклонителя потока данная смесь поступает через патрубок в суженный канал. В узкой области снижается давление газожидкостной смеси из-за ее ускоренного движения. В результате высокое давление затрубного газа действует на обратный шаровой клапан, открывает его и перепускает газ в НКТ. Смесь пластовой продукции затрубного газа по гидравлическому каналу попадает в полость НКТ выше отклонителя потока.

После перепуска газа в НКТ наблюдается облегчение газожидкостной смеси в полости насосно-компрессорных труб и одновременно с этим снижение энергии, затрачиваемой на подъем скважинной продукции на дневную поверхность. Так как газ поднялся из затрубного пространства, давление газа

снижается, и шаровой клапан закрывается до тех пор, пока давление вновь не увеличится. Далее цикл повторяется [7].

Использование автоматического струйного устройства для перепуска газа позволяет независимо от температурных условий работы скважин, эксплуатируемых установками штанговых винтовых насосов с поверхностным приводом, снизить величину давления газа в затрубном пространстве, увеличить уровень пластовой жидкости над насосом, увеличить производительность установки, уменьшить вероятность образования гидратных пробок.

При использовании автоматического клапанного устройства для перепуска затрубного газа можно достичь уменьшения глубины подвески насоса за счет увеличения уровня пластовой продукции в затрубном пространстве, при этом снизить расход насосно-компрессорных труб, насосных штанг и увеличить межремонтный период работы установки [8].

Выводы

Работоспособность скважинных винтовых насосов зависит от того, насколько давление насыщения нефти газами превышает давление на приеме насоса, а также от вязкости и обводненности добываемой жидкости.

За счет снижения затрубного давления из-за перепуска газа в НКТ происходит увеличение уровня жидкости в затрубном пространстве, что компенсируется увеличением скорости отбора пластовой жидкости винтовым насосом или уменьшением глубины подвески насоса при сохранении дебита скважины.

Технология применения автоматического устройства для перепуска затрубного газа в колонну НКТ совместно с винтовым насосом является приоритетной для низкопродуктивных скважин, в которых в силу различных причин (высокое давление в линии, неисправность обратного клапана) реализуются высокие затрубные давления.

Список литературы

1. Абрамова Э.В., Давлетов М.Ш. Особенности добычи нефти винтовыми насосными установками с поверхностным приводом // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2013. Т. XI. С. 86-91.
2. Уразаков К.Р., Топольников А.С., Абрамова Э.В. Область эффективного применения винтовых насосов для добычи нефти // Территория Нефтегаз. 2010. № 2. С.18-22.
3. Абрамова Э.В., Вахитова Р.И., Сарачева Д.А. О характерных неисправностях установок винтовых насосов // Матер. науч. сессии ученых по итогам 2010 года. Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2011. С. 114-116.
4. Валовский В.М. Винтовые насосы для добычи нефти: учеб. пособие. М.: Изд-во «Нефтяное хозяйство», 2012. 248 с.
5. Вахитова Р.И., Абрамова Э.В., Сарачева Д.А. Методы снижения давления газа в затрубном пространстве // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2011. Т. IX. С. 198-204.
6. Уразаков К.Р., Абрамова Э.В., Топольников А.С., Миннигалимов Р.З. Технология увеличения добычи нефти из малопродуктивных скважин // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2013. № 4. С. 201-211. URL: http://ogbus.ru/authors/UrazakovKR/UrazakovKR_1.pdf.
7. Пат. 2496971 РФ, МПК Е 21 В 34/30. Автоматическое устройство для перепуска затрубного газа в колонну насосно-компрессорных труб / К.Р. Уразаков, Р.И. Вахитова, Э.В. Абрамова, А.С. Топольников; А.Р. Буранчин, В.А. Костилевский. 2012106234/03, заявл. 21.02.2012; опубл. 27.10.2013. Бюл. № 30.
8. Абрамова Э.В., Вахитова Р.И., Исмагилов С.Ф. Автоматическое устройство для перепуска затрубного газа в скважинах, оборудованных винтовыми насосами // Глобализация науки: проблемы и перспективы: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. С. 62-65.

References

1. Abramova E.V., Davletov M.Sh. Osobennosti dobychi nefi vintovymi nasosnymi ustanovkami s poverkhnostnym privodom [Peculiarities of Oil Production Screw Pump with a Drive]. *Uchenye zapiski Almet'yevskogo gosudarstvennogo nefyanogo instituta - Scientific Notes of Almet'yevsk State Oil Institute*, Almet'yevsk, Almet'yevskiy gosudarstvennyy nefyanoy institut, 2013, T. XI, pp. 86-91. (in Russ.).
2. Urazakov K.R., Topol'nikov A.S., Abramova E.V. Oblast' effektivnogo primeneniya vintovykh nasosov dlya dobychi nefi [The Region of Effective Application of Progressive Cavity Pumps for Oil Production]. *Territoriya Neftegaz - Oil and Gas Territory*, 2010, No. 2, pp.18-22. (in Russ.).
3. Abramova E.V., Vakhitova R.I., Saracheva D.A. O kharakternykh neispravnostyakh ustanovok vintovykh nasosov [The Characteristic Faults of Screw Pump]. *Materialy nauchnoy sessii uchenykh po itogam 2010 goda* [Materials of Scientific Session of Scientists on the Results of 2010]. Almet'yevsk, Almet'yevskiy gosudarstvennyy nefyanoy institut, 2011, pp. 114-116. (in Russ.).
4. Valovskii V.M. *Vintovye nasosy dlya dobychi nefi: ucheb. posobie* [Screw Pumps for Oil Production: Textbook]. Moscow, Oil industry Publ., 2012. 248 p. (in Russ.).
5. Vakhitova R.I., Abramova E.V., Saracheva D.A. Metody snizheniya davleniya gaza v zatrubnom prostranstve [Methods of Gas Pressure Decrease in the Casing Annulus]. *Uchenye zapiski Almet'yevskogo gosudarstvennogo nefyanogo instituta - Scientific Notes of Almet'yevsk State Oil Institute*, Almet'yevsk, Almet'yevskiy gosudarstvennyy nefyanoy institut, 2011, T. IX, pp. 198-204. (in Russ.).
6. Urazakov K.R., Abramova E.V., Topol'nikov A.S., Minnigalimov R.Z. Tekhnologiya uvelicheniya dobychi nefi iz maloproduktivnykh skvazhin [Technology for Increasing Oil from Low-Productive Wells]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2013, No. 4, pp. 201-211. URL: http://ogbus.ru/authors/UrazakovKR/UrazakovKR_1.pdf. (in Russ.).
7. Urazakov K.R., Vakhitova R.I., Abramova E.V., Topol'nikov A.S., Buranchin A.R., Kostilevskii V.A. *Avtomaticheskoe ustroystvo dlya perepuska zatrubnogo gaza v kolonnu nasosno-kompressornykh trub* [Automatic Device for Transferring Annular Gas to a String of Tubing]. Patent RF, No. 2496971, 2013. (in Russ.).
8. Abramova E.V., Vakhitova R.I., Ismagilov S.F. *Avtomaticheskoe ustroystvo dlya perepuska zatrubnogo gaza v skvazhinakh, oborudovannykh vintovymi nasosami* [Automatic Device for Bypassing Annulus Gas in Wells Equipped with Screw Pumps]. *Sbornik statey Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsi «Globalizatsiya nauki: problemy i perspektivy»* [Collection of Articles of International Scientific-Practical Conference «Globalization of Science: Problems and Perspectives»]. Ufa, RITs BashGU, 2014, pp. 62-65. (in Russ.).

Авторы

• Абрамова Эльвира Васимовна
Альметьевский государственный нефтяной институт
Старший преподаватель кафедры
«Электро- и теплоэнергетика»
Российская Федерация, 423450, г. Альметьевск,
ул. Р. Фахретдина, 42
тел. (88553) 31-00-60
e-mail: teplotexagni@yandex.ru

• Вахитова Роза Ильгизовна, канд. техн. наук
Альметьевский государственный нефтяной институт
Доцент кафедры «Электро- и теплоэнергетика»
Российская Федерация, 423450, г. Альметьевск,
ул. Р. Фахретдина, 42
тел. (88553) 31-00-60
e-mail: teplotexagni@yandex.ru

• Мазанкина Дарья В.
Альметьевский государственный нефтяной институт
Старший преподаватель кафедры
«Электро- и теплоэнергетика»
Российская Федерация, 423450, г. Альметьевск,
ул. Р. Фахретдина, 42
тел. (88553) 31-00-60
e-mail: teplotexagni@yandex.ru

• Азизов Амир Мурад аглу
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Аспирант кафедры «Технологические машины
и оборудование»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, д. 1
e-mail: Azizov.amir@mail.ru

The Authors

• Abramova Elvira V.
Almetyevsk State Oil Institute
Senior Lecturer of Electric and Power System
Department
42, R. Fakhretdin str., Almetyevsk, 423450,
Russian Federation
tel: (88553) 31-00-60
e-mail: teplotexagni@yandex.ru

• Vakhitova Roza I., Candidate of Technical Sciences
Almetyevsk State Oil Institute
Assistant Professor of Electric and Power System
Department
42, R. Fakhretdin str., Almetyevsk, 423450,
Russian Federation
tel: (88553) 31-00-60
e-mail: teplotexagni@yandex.ru

• Mazankina Daria V.
Almetyevsk State Oil Institute
Senior Lecturer of Electric and Power System
Department
42, R. Fakhretdin str., Almetyevsk, 423450,
Russian Federation
tel: (88553) 31-00-60
e-mail: teplotexagni@yandex.ru

• Azizov Amir M.
Ufa State Petroleum Technological University
Post-Graduate Student of Technological Machines
and Equipment Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: Azizov.amir@mail.ru