

УДК 550.3:531

**ТЕХНОЛОГИЯ БЕСКАБЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ  
НА СКВАЖИНАХ, ОБОРУДОВАННЫХ ШТАНГОВЫМИ  
ГЛУБИННЫМИ НАСОСАМИ****<sup>1</sup>Арсланов Р.И., <sup>1</sup>Сулейманов Р.Н., <sup>2</sup>Галеев А.С.**<sup>1</sup>*Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
Октябрьский, e-mail: Arslanov59@mail.ru;*<sup>2</sup>*Альметьевский государственный нефтяной институт, Альметьевск*

Развитие нефтяной и газовой промышленности в области геофизических исследований характеризуется в настоящее время переходом от кабельного каротажа к системам стационарного скважинного мониторинга. Разработка специальной техники и современных технологий доставки скважинной информации на поверхность является актуальной задачей для геофизической науки. Решение этой проблемы возможно на основе применения комбинированных каналов связи забой – устье скважины, в том числе бескабельных. Авторами рассмотрены вопросы научного обоснования и технической реализации бескабельного канала передачи информации с забоя на устье скважины, оборудованной штанговыми скважинными насосными установками. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, подтверждающих возможность использования составных частей конструкции нефтяных скважин, оборудованных штанговыми глубинными насосами, при определенных условиях в качестве элементов канала связи. Показано, что колонна труб НКТ и штанговая колонна, выполненные из высококачественного электропроводящего материала, могут при определенных условиях исполнять роль элементов двухпроводного канала связи между устьем и забоем скважины. Представлены основные параметры и технические характеристики опытного образца информационно-измерительного комплекса по передаче данных с забоя на устье, предназначенного для контроля в режиме реального времени за такими параметрами, как температура и давление. Передача информации осуществляется при помощи комплекса, состоящего из погружного модуля, наземного блока и колонны НКТ и колонны штанг, которые служат линией связи. При этом авторами разработаны, изготовлены и опробованы конструкции погружного и наземного модулей комплекса. Сконструирован узел гальванической развязки из изоляционных втулок, обеспечивающий электрическое разобщение полированного штока с колонной штанг от остальных частей наземного оборудования станка-качалки.

**Ключевые слова:** передача информации, канал связи, нефтяная скважина, колонна НКТ, колонна штанг, информационно-измерительный комплекс

**CABLE-FREE DATA TRANSFER TECHNOLOGY FOR WELLS EQUIPPED  
WITH ROD-TYPE DEEP-WATER PUMPS****<sup>1</sup>Arslanov R.I., <sup>1</sup>Suleymanov R.N., <sup>2</sup>Galeev A.S.**<sup>1</sup>*Branch of Ufa State Petroleum Technological University in the City of Oktyabrsky,  
Oktyabrsky, e-mail: Arslanov59@mail.ru;*<sup>2</sup>*Almetyevsk State Oil Institute, Almetyevsk*

Trends in the development of geophysical research in the global and gas industry are aimed at the transition from cable logging to downhole systems of stationary deep Geomonitoring. In this regard, there is a need to develop special equipment and technologies for delivering well information to the surface. The solution to this problem is possible with the help of cable-free communication channels, including combined ones. The authors consider the issues of scientific justification and technical implementation of a cable-free channel for transmitting information from the bottom to the wellhead equipped with rod-type downhole pumping units. The results of theoretical and experimental studies confirming the possibility of using the components of the design of oil wells equipped with rod depth pumps, under certain conditions, as elements of the communication channel. It is shown that the tubing column and the rod column made of high-quality conductive material can, under certain conditions, act as elements of a two-wire communication channel between the wellhead and the bottom of the well. The main parameters and technical characteristics of a prototype information and measurement system for transmitting data from the face to the mouth, designed for real-time monitoring of parameters such as temperature and pressure, are presented. Information is transmitted using a complex consisting of a submersible module, a ground unit, and a tubing column and a column of rods that serve as a communication line. At the same time, the authors have developed, manufactured and tested the design of the submersible and ground modules of the complex. A galvanic isolation unit made of insulating bushings was designed to provide electrical separation of the polished rod with the column of rods from the rest of the ground equipment of the rocking machine.

**Keywords:** information transfer, communication channel, oil well, tubing string, a sucker rod string, information-measuring complex

В процессе добычи нефти технологические условия в пласте и скважине непрерывно изменяются. Для принятия оперативных решений по управлению работой оборудо-

вания необходимо непрерывно получать достоверную информацию о скважине и о пласте. Данная информация позволяет организовать экономически оправданную

добычу нефти, выбрать правильную технологию и оборудование для подъема жидкости из скважины. Измерение скважинных параметров, сбор, обработка и передача информации от забоя скважины к устью представляют собой сложную инженерную, математическую, технологическую и логистическую задачу. Причем если задачи сбора и первичной обработки информации решаются достаточно эффективно с помощью современных методов и информационных технологий, то проблема передачи информации на устье скважины является актуальной и представляющей интерес для научной и практической деятельности.

Развитие нефтяной и газовой промышленности в области геофизических исследований характеризуется в настоящее время переходом от кабельного каротажа к системам стационарного скважинного мониторинга. Забойные датчики, работающие в таких системах по дистанционно-автономному принципу, могут взять на себя основные функции геофизических исследований. В связи с этим возникает необходимость в разработке специальной техники и технологий доставки скважинной информации на поверхность, так как традиционные методы исследований с помощью аппаратуры, спускаемой в скважину на кабеле, имеют существенные ограничения.

Все существующие способы передачи информации от забоя к устью скважин изначально были изобретены для исследования бурящихся скважин. Изобретенные каналы связи в основном сконструированы под свойства бурящихся скважин. В дальнейшем данные способы были изменены для исследования действующих добывающих и нагнетательных скважин. Но в работающих скважинах существует ряд свойств, осложняющих применение традиционных для бурения каналов связи.

Одной из главных причин является отсутствие необходимого для спуска геофизических приборов свободного пространства. Наибольшие осложнения происходят при больших углах наклона скважин. Часто происходящие заклинивания прибора в межтрубном пространстве приводят к обрыву каротажного кабеля или специальной проволоки. Извлечь такой заклинивший прибор можно только с помощью бригады подземного ремонта скважин. Еще одной причиной, осложняющей применение традиционных для бурения каналов связи, является большой временной период между спускоподъемными операциями. Данный период равен

межремонтному периоду насосного оборудования и в среднем варьируется от года до нескольких лет. Канал связи должен функционировать все это время, что крайне сложно реализовать, если передатчик на забое питается от аккумуляторных батарей. При таком временном периоде между спускоподъемными операциями информация с автономных скважинных приборов устаревает.

Решение этой проблемы возможно с помощью бескабельных каналов связи, в том числе комбинированных. Анализ существующих и предлагаемых в отечественных и зарубежных патентах способов передачи информации показывает [1, 2], что их надежность, быстроедействие, помехоустойчивость, возможность двухсторонней связи во многом зависят от свойств среды, через которую передается сигнал (горная порода, буровой раствор, промывочная жидкость, колонна бурильных труб). Свойства передающей среды чаще всего являются неисследованными, они меняются во времени и пространстве, сильно зависят от температуры и давления [3, 4]. Поэтому для получения надежного и высокоэффективного канала связи, аналогичного по техническим характеристикам проводным каналам, необходимо в качестве передающей среды применять материалы со стабильными и заранее известными проводящими характеристиками. При этом должен максимально учитываться способ добычи нефти и соответствующее ему техническое и технологическое оснащение нефтяной скважины.

Целью исследования является разработка технологии бескабельной передачи информации с забоя на устье на скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосами.

#### **Материалы и методы исследования**

В качестве объектов исследования рассматривались нефтяные скважины, оборудованные штанговыми скважинными насосными установками (ШСНУ). Особенностью таких скважин является то, что нефть поставляется на поверхность с помощью плунжерного (поршневого) насоса. Насос находится на глубине до 3000 м и приводится в действие колонной штанг поверхностным приводом от станка-качалки. Насосная установка состоит из сложной системы наземного и подземного оборудования, основную часть которых составляют насосно-компрессорные трубы (НКТ), колонна насосных штанг (НШ) и штанговый скважинный насос (ШСН).

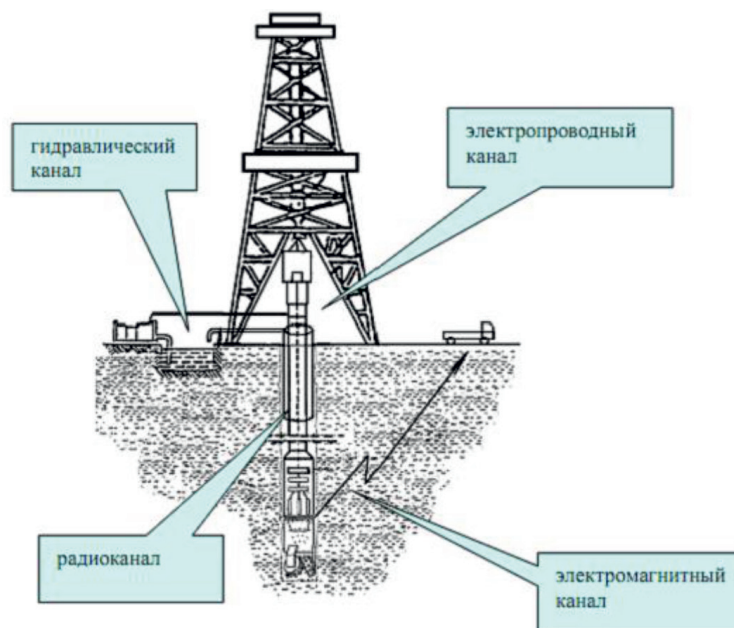


Рис. 1. Каналы связи телеметрических систем

Разработка технологии передачи информации с забоя на устье скважины, оборудованной ШСНУ, является сложной, но очень важной технической и технологической задачей, так как значительная часть фонда действующих скважин стран СНГ (до 66%) разрабатывается с применением ШСНУ.

Канал связи «забой – устье» формируется совокупностью технических средств, предназначенных для передачи информации от источника к получателю. Передатчик сигнала, линия связи и приемник сигнала – основные составляющие канала связи. Передатчик служит для преобразования информации с забоя скважины в стандартный сигнал, который передается по конкретной линии связи. Приемник сигнала предназначен для получения сигнала от канала связи и его преобразования в форму, удобную для дальнейшей обработки. Линия связи – важнейший элемент канала связи, предназначенный для передачи сигналов от передатчика к приемнику. В качестве линии связи могут служить технологические жидкости, электрические кабели, акустические импульсы по металлу трубы, электромагнитные колебания, которые образуют соответственно гидравлический, электропроводный, радиоканал и электромагнитный каналы связи (рис. 1). Возможны различные комбинации этих способов.

На основании вышеизложенного материала можно сказать, что предметом иссле-

дований являются приборы и устройства, в том числе часть технического оборудования скважины, которые обеспечивают бесперебойную и достоверную передачу информации с забоя на устье. Методы исследований и вопросы метрологического обеспечения геофизического оборудования подробно рассмотрены авторами монографии [1] под редакцией А.А. Молчанова.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ особенностей конструктивного оформления скважины, оборудованной штанговым глубинным насосом, как объекта для создания эффективного канала связи, показал следующее. Схематичное изображение скважины, оснащенной штанговой скважинной насосной установкой, представлено на рис. 2. На схеме явно видно, что колонна труб НКТ и штанговая колонна, выполненные из высококачественного электропроводящего материала, могут при определенных условиях исполнять роль элементов двухпроводного канала связи между устьем и забоем скважины.

Теоретические расчеты и экспериментальные исследования [5, 6] показали возможность реализации бескабельного канала связи на скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосными установками. Авторами предложен и запатентован способ передачи информации по электромагнитно-

му каналу связи, а также устройство для его осуществления, в котором в качестве линии связи предложено использовать колонны штанг и насосно-компрессорных труб. Передача информации по каналу связи осуществляется при помощи устройства, состоящего из погружного модуля, наземного блока и колонны НКТ и колонны штанг, которые служат линией связи.

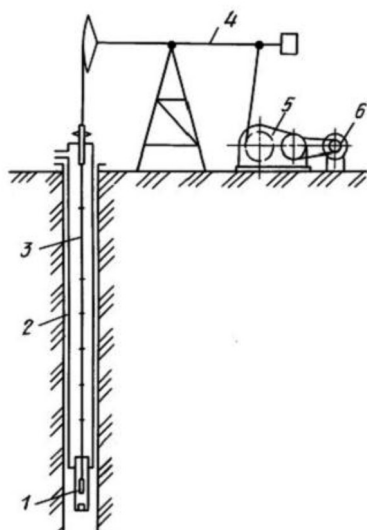


Рис. 2. Схематичное изображение скважины, оснащенной ШСНУ: 1 – насос; 2 – колонна НКТ; 3 – штанговая колонна; 4 – станок-качалка; 5 – редуктор; 6 – двигатель

Принципиальная схема канала связи мониторинга ШСНУ с гальваническим каналом связи для передачи скважинной информации представлена на рис. 3. Погружной модуль располагается в непосредственной близости от приема скважинного насоса и состоит из электронного блока с батареями питания, а также датчиками измерений температуры и давления, электронную плату с блоками процессорной обработки, памяти и передачи информации в наземную

станцию управления по гальваническому каналу связи. В задачи электронного блока входит проведение сеансов измерений давления и температуры, осуществление записи значений измеряемых параметров во внутреннюю память и передача информации на устье скважины по каналу связи.

Для этого погружной модуль содержит разделитель, который создает большое сопротивление между верхним участком НКТ и нижним (расположенным ниже разделителя), и ключ, который может «замкнуть» (резко уменьшить сопротивление) верхний и нижний участок НКТ.

Передача информации на устье скважины осуществляется путем замыкания и размыкания ключа в соответствии с передаваемой информацией и используемым методом кодирования. Наземный блок связи с погружным модулем обеспечивает декодировку передаваемого погружным модулем сигнала и передачу информации на контроллер блок контроля и управления ШСНУ по интерфейсу «RS485», используя протокол «ModbusRTU».

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований, выполненных для обоснования возможности применения бескабельного гальванического канала связи на скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосными установками, были сформированы предварительные параметры и характеристики (таблица) опытно-экспериментального образца комплекса по передаче данных с забоя на устье, предназначенного для контроля в режиме реального времени за такими параметрами, как температура и давление. Комплекс должен состоять из наземного блока и погружного модуля. По воздействию механическим и климатическим факторам в соответствии с требованиями ГОСТ 26116-84 погружной модуль относится к группе МС 2-1, КС 4-2, наземный блок – к группе МС1, КС Г.

#### Основные параметры и характеристики измерительно-информационного комплекса

Наименование	Размерность	Значение
Давление (диапазон измерения)	МПа	0–10
Температура (диапазон измерения)	°C	5–45
Абсолютная погрешность измерения температуры	%	±0,5
Разрешающая способность от верхнего предела (по давлению)	МПа	0,00002
Разрешающая способность (по температуре)	°C	0,03
Период непрерывной работы	сут.	500
Рабочая температура	°C	45
Гидростатическое давление	МПа	20



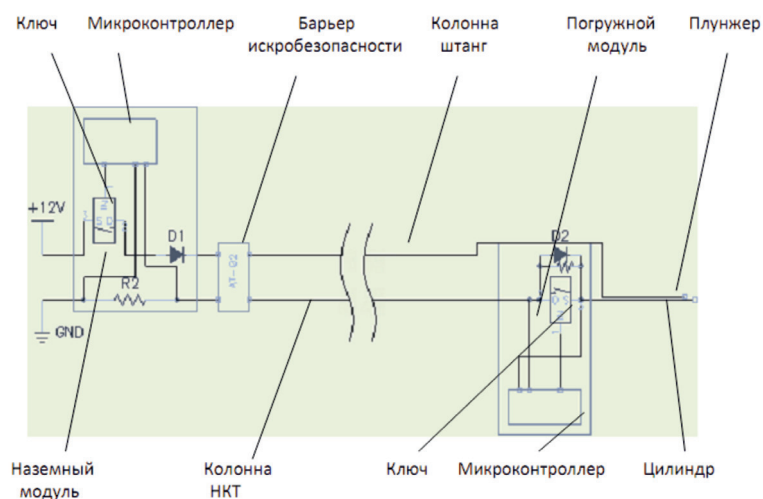


Рис. 3. Принципиальная схема канала связи

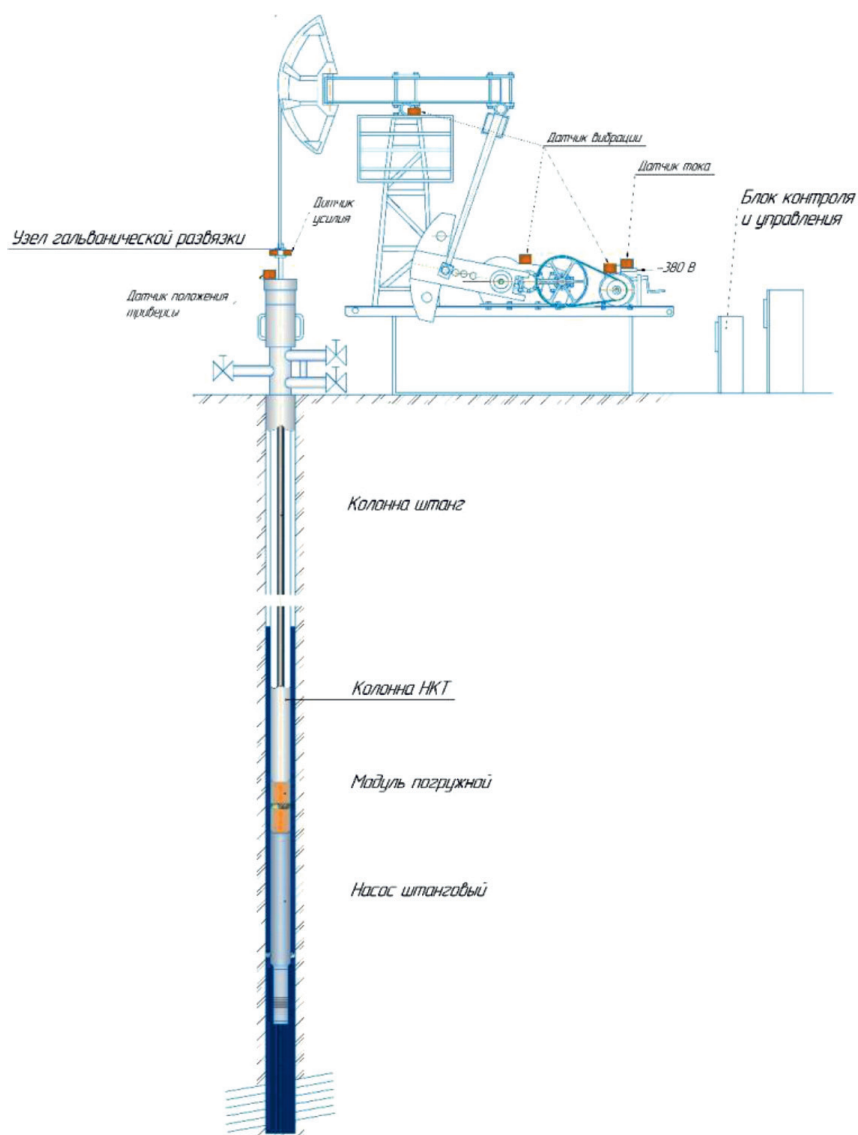


Рис. 4. Компонировка ШСНУ со станцией мониторинга с гальваническим каналом связи

Передача информации по гальваническому каналу связи осуществляется при помощи комплекса, состоящего из погружного модуля, наземного блока и колонны НКТ и колонны штанг, которые служат линией связи.

Общий вид станции мониторинга СШНУ с гальваническим каналом связи для передачи скважинной информации представлен на рис. 4. Погружной модуль располагается в непосредственной близости от приема скважинного насоса и состоит из электронного блока с батареями питания, а также датчиками измерений температуры и давления, электронной платы с блоками процессорной обработки, памяти и передачи информации в наземную станцию управления по гальваническому каналу связи.

Узел гальванической развязки из изоляционных втулок обеспечивает электрическое разобщение полированного штока с колонной штанг от остальных частей наземного оборудования станка-качалки. Наземный модуль гальванического канала связи обеспечивает прием и обработку данных с погружного модуля.

### Заключение

Проведено научное и техническое обоснование возможности передачи информации с забоя на устье скважины, оснащенной ШСНУ, по каналу связи, состоящему из колонны штанг и колонны НКТ.

Разработан и технически реализован информационно-измерительный комплекс, позволяющий осуществлять контроль основных технологических параметров скважин, оборудованных штанговыми глубинными насосами. Опытные-промышленные испытания информационно-измерительного комплекса подтвердили возможность организации бескабельного канала связи в скважинах.

### Список литературы / References

1. Абрамов Г.С., Барычев А.В., Камнев Ю.М., Молчанов А.А., Сараев А.А., Сараев А.Н. Опыт эксплуатации и перспективы развития забойных инклинометрических систем с электромагнитным каналом связи // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2001. № 1–2. С. 23–26.

Abramov G.S., Barychev A.V., Kamnev Yu.M., Molchanov A.A., Saraev A.A., Saraev A.N. operational Experience and prospects for the development of bottom-hole inclinometric systems with an electro-magnetic communication channel // Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti. 2001. № 1–2. P. 23–26 (in Russian).

2. Молчанов А.А., Абрамов Г.С. Бескабельные измерительные системы для исследований нефтегазовых скважин (теория и практика). М.: ВНИИОЭНГ, 2004. 516 с.

Molchanov A.A., Abramov G.S. cable-Less measuring systems for oil and gas well research (theory and practice). M.: VNIIOENG, 2004, 516 p. (in Russian).

3. Рыжанов Ю.В., Ковалев А.Е. Способ формирования пакетов данных измерений бескабельной телеметрической системы в процессе бурения скважины разделитель скважинного прибора телеметрической системы // Патент РФ № 2394257. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «БИТАС». 2010. Бюл. № 19.

4. Чупров В.П., Бельков А.В., Мишин Ю.С., Шибанов С.Н. Результаты изучения затухания сигнала в электромагнитном канале связи // Каротажник. 2011. № 5 (203). С. 11–16.

Chuprov V.P., Belkov A.V., Mishin Yu.S., Shibanov S.N. Results of studying signal attenuation in an electro-magnetic communication channel // Logotazhnik. 2011. № 5 (203). P. 11–16 (in Russian).

5. Галеев А.С., Арсланов Р.И., Ермилов П.П., Кузьмин И.А. Контроль технического состояния ШСНУ в процессе периодической эксплуатации // Нефтегазовое дело. 2012. № 1. С. 24–29.

Galeev A.S., Arslanov R.I., Ermilov P.P., Kuzmin I.A. Control of the technical condition of the SSNU during periodic operation // Neftegazovoye delo. 2012. № 1. P. 24–29 (in Russian).

6. Галеев А.С., Григорьев В.М., Арсланов Р.И., Ермилов П.П. О возможности применения беспроводного гальванического канала связи на скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосами // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2012. № 4 (7). С. 44–48.

Galeev A.S., Grigoriev V.M., Arslanov R.I., Ermilov P.P. Possible application of wireless galvanic communication channel at the wells equipped with deep bottom hold-down pumps // Modern fundamental and applied research. 2012. № 4 (7). P. 44–48 (in Russian).