

# МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ УСТЬЯ СКВАЖИНЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАБОТ В СКВАЖИНАХ С ИЗБЫТОЧНЫМ УСТЬЕВЫМ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 550.8.028

**В.Л. Плотников**, ООО «Газпром георесурс» (Москва, РФ), office@gazpromgeofizika.ru

**А.А. Апанин**, НПФ «Центргазгеофизика» ООО «Газпром георесурс» (Кимры, РФ), office@cggf.ru

**Б.М. Кочергинский**, НПФ «Центргазгеофизика» ООО «Газпром георесурс», office@cggf.ru

**М.Л. Микин**, к.т.н., НПФ «Центргазгеофизика» ООО «Газпром георесурс», m.mikin@cggf.ru

**С.В. Катанаев**, НПФ «Центргазгеофизика» ООО «Газпром георесурс», office@cggf.ru

**Е.Б. Кочергинский**, НПФ «Центргазгеофизика» ООО «Газпром георесурс», office@cggf.ru

**Сотрудниками НПФ «Центргазгеофизика» ООО «Газпром георесурс» ПАО «Газпром» разработан универсальный многофункциональный интеллектуально-технологический комплекс для герметизации устья скважины при проведении геофизических исследований и работ в скважинах с избыточным устьевым давлением. Комплекс состоит из легких малогабаритных автономных функциональных узлов лубрикаторной установки, что дает техническую возможность дополнить любые лубрикаторные установки параметрического ряда (как новые, так и находящиеся в эксплуатации) интеллектуальной системой дистанционного контроля и управления. Многофункциональный интеллектуально-технологический комплекс работоспособен в условиях низких температур, позволяет минимизировать личное присутствие производственного персонала во взрывоопасных зонах, контролировать и регистрировать в режиме реального времени технологические параметры скважинного лубрикатора и станции подачи уплотнительной смазки, управлять испытательными, уплотнительными и противоаварийными устройствами, прогнозировать и предотвращать загибание узлов скважинного лубрикатора.**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ЛУБРИКАТОР, ГЕРМЕТИЗАЦИЯ, ДАТЧИК, МОДУЛЬ, СТАНЦИЯ, УСТАНОВКА, КОНТРОЛЬ, УПРАВЛЕНИЕ.

Интеллектуализация и автоматизация техники, поэтапное внедрение в технические объекты и системы, а также в различные технологии компонентов, обладающих интеллектуальными свойствами, – стратегическая задача современности.

В НПФ «Центргазгеофизика» ООО «Газпром георесурс» ПАО «Газпром» разработана и внедрена в производство геофизическая лубрикаторная установка «ИИМ – УЛГ 65×70» с интеллектуальными исполнительными механизмами (ИМ), позволяющая осуществлять полный контроль за технологическими параметрами

скважинного лубрикатора при проведении геофизических исследований и работ (ГИРС) в скважинах с избыточным давлением на устье, регистрировать их в режиме реального времени, управлять испытательными, уплотнительными и противоаварийными устройствами, прогнозировать возможности загибания узлов скважинного лубрикатора и в автоматическом режиме предотвращать его возникновение. В «ИИМ – УЛГ 65×70» используются преимущественно отечественные материалы и комплектующие. Разработка имеет государственную правовую охрану в виде патента на изобретение [1].

Использование таких установок в производственной деятельности позволяет при проведении ГИРС удалять производственный персонал геофизической партии из взрывоопасных зон, а также в полной мере выполнять требования действующих федеральных норм и правил в области промышленной безопасности [2], в которых прописана необходимость «...осуществлять мероприятия по обеспечению дистанционного контроля процессов на опасном производственном объекте, включающие регистрацию параметров, определяющих опасность технологических процессов». Зарегистрированные

**V.I. Plotnikov**, Gazprom georesurs LLC (Moscow, the Russian Federation), office@gazpromgeofizika.ru

**A.A. Apanin**, NPF Tsentrgazgeofizika at Gazprom georesurs LLC (Kimry, the Russian Federation), office@cggf.ru

**B.M. Kocherginskij**, NPF Tsentrgazgeofizika at Gazprom georesurs LLC, office@cggf.ru

**M.L. Mikin**, PhD in engineering, NPF Tsentrgazgeofizika at Gazprom georesurs LLC, m.mikin@cggf.ru

**S.V. Katanaev**, NPF Tsentrgazgeofizika at Gazprom georesurs LLC, office@cggf.ru

**Ye.B. Kocherginskij**, NPF Tsentrgazgeofizika at Gazprom georesurs LLC, office@cggf.ru

### Multi-functional smart technological complex for wellhead sealing during geophysical study and working in the wells that have excessive wellhead pressure

NPF Tsentrgazgeofizika at Gazprom georesurs LLC at Gazprom PJSC has developed a general multi-functional smart technological complex for wellhead sealing during geophysical study and working in the wells that have excessive wellhead pressure.

The complex comprises of light space-saving functional parts of lubricator unit, which gives a technical possibility to supplement any parametric lubricator units (new or operated) with a smart remote control and management system. Multi-functional smart technological complex is operative at low temperatures and allows to minimize physical presence of production staff in explosive areas, control and record real-time process parameters of the downhole lubricator and seal grease station, manage checkers, seal assemblies and anticrash devices, predict and prevent hydrate formation in downhole lubricator units.

**KEYWORDS:** LUBRICATOR, SEALING, CONTROLLER, MODULE, STATION, UNIT, CONTROL, MANAGEMENT.

станцией контроля и управления «ИИМ – УЛГ 65×70» технологические параметры позволяют объективно оценивать экологическую обстановку при проведении ГИРС и качество выполненных работ.

Особенности и возможности комплекса подробно описаны в работе [3]. «ИИМ – УЛГ 65×70» была создана для проведения ГИРС в действующих газовых скважинах с наиболее тяжелыми условиями эксплуатации: устьевым давлением до 70 МПа, наличием в скважинном флюиде агрессивных компонентов, возможностью образования газовых гидратов. Именно для таких скважин наиболее актуальны вопросы дистанционного контроля и управления исполнительными и противоаварийными механизмами скважинного лубрикатора, регистрация технологических параметров в режиме реального времени. Однако необходимость повышения безопасности работ, минимизация риска для персонала, регистрация технологических параметров и снижение материальных затрат актуальны не только при проведении ГИРС в скважинах с экстремальными условиями эксплуатации, но и в случае скважин с герметизированным устьем.

Одномоментная замена лубрикаторных установок в производственных партиях более прогрессивными экономически нецелесообразна. Кроме того, горно-геологические условия скважин, на которых используются такие установки, существенно разнятся, в связи с чем их конструкция должна предусматривать возможность адаптации под конкретные условия и задачи. Учитывая вышеизложенное, был разработан комплекс для герметизации устья скважины при проведении геофизических исследований и работ в скважинах с избыточным устьевым давлением.

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Комплекс состоит из системы модулей, которые реализуют отдельные функции дистанционного контроля, управления и регистрации технологических параметров лубрикаторной установки (СКУЛ-МР). Все составные части полностью автономны, унифицированы и могут использоваться как для дооснащения серийных лубрикаторных установок параметрического ряда, так и для изготовления новых изделий. Необходимый набор модулей определяет заказчик. Система позволяет работать с лубрикаторными установками

различной степени сложности в зависимости от их типа и решаемых при проведении ГИРС задач. Модули можно легко адаптировать под конкретные скважинные условия, они приспособлены к ручному и программному управлению. Питание всех модулей и привод ИИМ осуществляется от дизель-генератора или промышленной сети, что позволяет отказаться от источника сжатого воздуха – компрессора, тем самым удешевить систему и расширить температурный диапазон ее использования.

Исходной информацией в СКУЛ-МР служат показания датчиков, установленных в функциональных узлах скважинного лубрикатора и наземных исполнительных устройствах:

- датчик регистрации внутрискважинного давления (в переходном фланце);
- датчики положения плашек (в превенторе);
- датчик положения вилки и датчик давления в приемной камере (в корпусе сигнализирующего устройства);
- температурный датчик контроля гидратообразования (в инжекторе);
- датчик регистрации утечек газа (в уплотнительном устройстве)

в месте выхода геофизического кабеля);

- датчик натяжения геофизического кабеля (в траверсе).

В наземных исполнительных устройствах, установке нагнетания уплотнительной смазки, станции управления лубрикато-ром и ингибиторной установке монтируются датчики давления, температуры и уровня жидкости в баке; в устройстве обогрева лубрикатора – датчик температуры; в противоаварийных устройствах – датчики перемещения.

Система SKUЛ-МР (рис. 1) состоит из шести независимых модулей: одного модуля регистрации и управления (МРУ) и пяти исполнительных, которые могут применяться как отдельно, так и в различных комбинациях друг с другом:

- модуль интеллектуального управления закачкой уплотнительной смазки и опрессовки SKUЛ-МР 1.0;

- модуль управления ИМ скважинного лубрикатора SKUЛ-МР 2.0;

- модуль управления закачкой ингибитора SKUЛ-МР 3.0;

- модуль обогрева лубрикатора SKUЛ-МР 4.0;

- модуль противоаварийного контроля SKUЛ-МР 5.0.

Центральное звено всех модулей системы – МРУ. Он используется для тестирования, сбора и обработки информации от датчиков, организации программного управления ИМ и регистрации технологических параметров лубрикаторной установки в режиме реального времени. Основа МРУ – сенсорный панельный контроллер, который служит для управления модулями и для отображения служебной информации в режиме реального времени. Передача данных производится от датчиков по радиоканалу в сеть, построенную на интерфейсе RS-485. Программное обеспечение (ПО) имеет интуитивно понятный интерфейс, разработанный специально для сенсорного экрана контроллера, что упрощает работу оператора, сконцентрировав органы

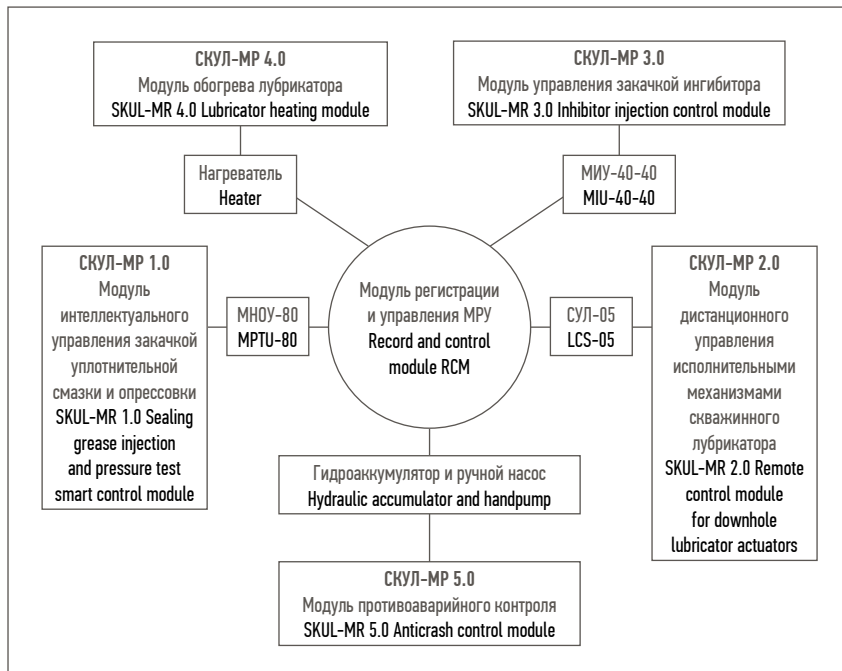


Рис. 1. Функциональная схема SKUЛ-МР: МИУ – мобильная ингибиторная установка; МНОУ – мобильная нагнетательно-опрессовочная установка

Fig. 1. Functional scheme of SKUL-MR: MIU – mobile inhibitor unit; MPTU – mobile pressure test unit; LCS – lubricator control unit

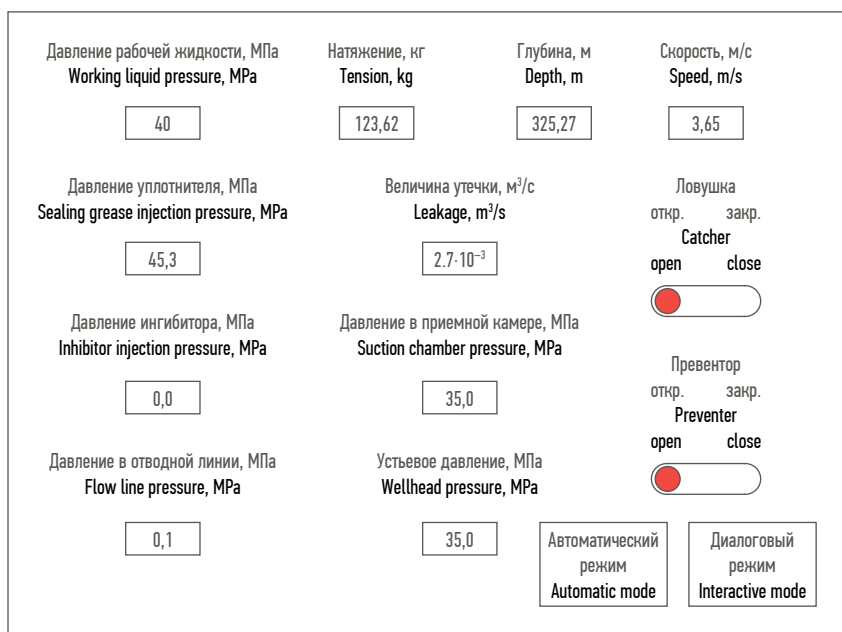


Рис. 2. Внешний вид интерфейса МРУ при работе в автоматическом режиме

Fig. 2. RCM interface appearance in automatic mode

управления и индикации в одном месте. Программное обеспечение модуля обеспечивает выполнение следующих задач:

- выбор одного из двух режимов работы: автоматический или диалоговый;

– индикация текущего состояния ИМ лубрикаторной установки и технологических параметров ее работы;

- управление ИМ;
- регистрация параметров и состояния ИМ лубрикаторной уста-

новки с записью информации в память контроллера или на сменный носитель.

Внешний вид интерфейса МРУ при работе в автоматическом режиме представлен на рис. 2. В составе системы СКУЛ-МР ИМ модулей могут использоваться в ручном режиме как отдельные функциональные узлы лубрикаторной установки, а также в ручном, автоматическом и программно-управляемых режимах.

Конструктивно модули СКУЛ-МР 1.0 – СКУЛ-МР 5.0 состоят из датчиков, установленных в функциональных узлах лубрикаторной установки, и ИМ, приводящих в действие движущиеся части функциональных узлов. Нижеперечисленные элементы содержатся в ИМ модулей СКУЛ-МР 1.0 – СКУЛ-МР 3.0:

- гидробак с датчиками давления, температуры и уровня жидкости;
- насосный агрегат, опущенный в гидробак;
- шкаф управления;
- рукава высокого давления для подачи и отвода жидкости. Исполнительный механизм модуля СКУЛ-МР 4.0 представляет собой нагревательное устройство, надеваемое на уплотнительное устройство скважинного лубрикатора, а модуля СКУЛ-МР 5.0 – ручной насос и гидроаккумулятор. Преимущество ИМ модулей СКУЛ-МР 1.0 – СКУЛ-МР 3.0 заключается в том, что подача уплотнительной смазки, рабочей жидкости или ингибитора осуществляется при помощи радиально-поршневого насоса. Управление насосом и поддержание заданного давления осуществляется за счет управления частотой вращения асинхронного двигателя с помощью векторного преобразователя частоты. Выбор такой конструкции позволяет отказаться от применения в составе устьевого геофизического оборудования источника сжатого воздуха (компрессора).

Еще одно существенное преимущество вновь разработанных ИМ по сравнению с аналогами заключается в возможности использования в условиях отрицательных температур окружающей среды (до  $-20^{\circ}\text{C}$ ), а малые вес и габариты позволяют изготавливать их в виде автономных устройств и доставлять на скважину практически любым типом транспортного средства по отдельности или совместно со скважинным лубрикатором в специализированном транспортном модуле.

*Модуль контроля и дистанционного управления нагнетанием уплотнительной смазки СКУЛ-МР 1.0* позволяет осуществлять и оптимизировать процесс нагнетания уплотнительной смазки в уплотнительное устройство скважинного лубрикатора и межпревенторное пространство, а также проводить опрессовку скважинного лубрикатора. Его функциональная схема представлена на рис. 3. Исполнительный механизм модуля (МНОУ-80) предназначен для поддержания заданного давления нагнетания уплотнительной смазки в уплотнительное устройство, в межпревенторное пространство

**INDEX**  
ИНДУСТРИЯ

Официальный представитель  
**ООО «Гагаринский светотехнический завод»**  
и **ООО Фирма «Индустрия»**



«ИНДУСТРИЯ» предлагает широкий ассортимент  
русского светотехнического оборудования:

- для освещения взрывоопасных зон на предприятиях нефтегазовой и химической промышленности;
- для освещения объектов общепромышленного назначения;
- транспортного освещения для нужд Ж/Д;
- для освещения объектов военно-промышленного комплекса.

☎ 8 (800) 350-75-20  
✉ [project@industriya-m.ru](mailto:project@industriya-m.ru)  
🌐 [www.industriya-m.ru](http://www.industriya-m.ru)

на правах рекламы

ООО Фирма «Индустрия»



ООО «Гагаринский светотехнический завод»

или в испытательное устройство. Исходную информацию для управления закачкой обеспечивают установленные в баке со смазкой МНОУ-80 датчики давления и уровня уплотнительной смазки, а также датчики утечек скважинного флюида и устьевого скважинного давления, установленные в скважинном лубрикаторе.

Модуль контроля и дистанционного управления исполнительными механизмами скважинного лубрикатора СКУЛ-МР 2.0 позволяет управлять следующими техническими элементами:

- контактным уплотнением;
- перепускным краном;
- превентором;
- сигнализирующим устройством;
- отводной линией и контролировать:
- положение плашек превенторов;
- положение вилки сигнализирующего устройства;
- давление в контактном уплотнителе;
- давление рабочей жидкости в баке.

Функциональная схема СКУЛ-МР 2.0 представлена на рис. 4. Его ИМ (СУЛ-5) предназначен для управления ИМ скважинного лубрикатора при проведении ГИРС. Исходную информацию обеспечивают датчики устьевого давления и давления в приемной камере скважинного лубрикатора, датчики положения подвижных частей функциональных узлов, а также датчики температуры и уровня жидкости, установленные в баке с рабочей жидкостью СУЛ-5.

Модуль контроля и дистанционного управления закачкой ингибитора в скважину СКУЛ-МР 3.0 (рис. 5) позволяет прогнозировать возможность гидратообразования и осуществлять автоматическую регулировку количества ингибитора, подаваемого в затрубное пространство газовых и газоконденсатных скважин в целях предотвращения образования гидратных пробок и отложений в районах с низкими

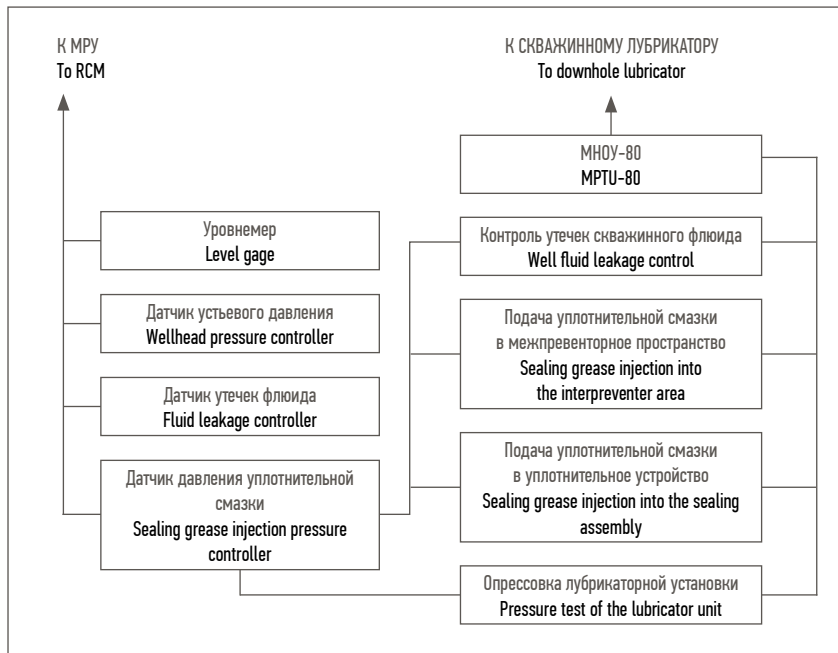


Рис. 3. Функциональная схема СКУЛ-МР 1.0  
Fig. 3. Functional scheme of SKUL-MR 1.0

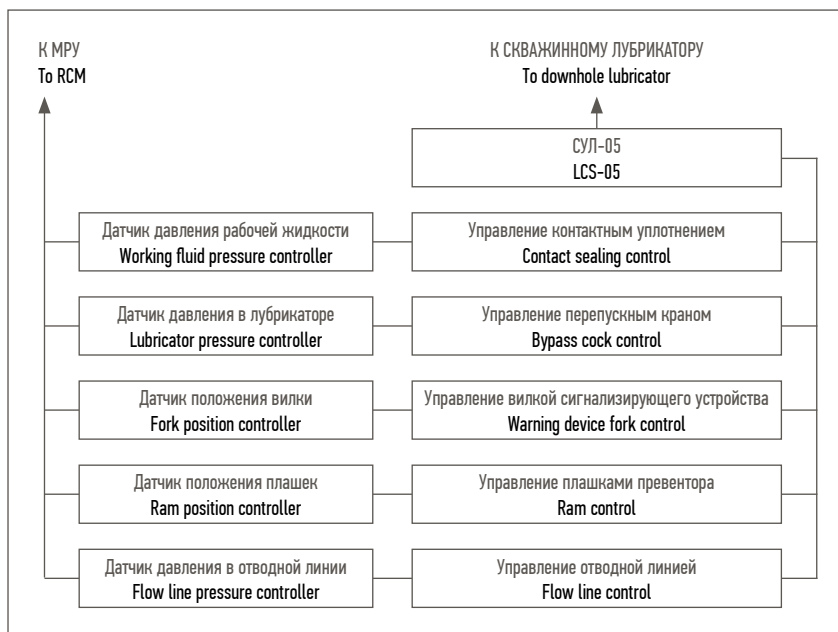


Рис. 4. Функциональная схема СКУЛ-МР 2.0  
Fig. 4. Functional scheme of SKUL-MR 2.0

температурами окружающей среды. Для прогнозирования СКУЛ-МР 3.0 оценивает значения следующих параметров:

- температуру газа в месте возможного гидратообразования;
- давление в приемной камере скважинного лубрикатора;
- натяжение геофизического кабеля.

Для регулируемой подачи ингибитора в затрубное пространство газовых и газоконденсатных скважин для предотвращения образования гидратных пробок и отложений в районах с низкими температурами окружающей среды предназначен ИМ модуля (МИУ-40-40). Установка также может применяться для подачи поверхностно-

активного вещества (ПАВ) к забю газовой скважины для выноса жидкости и оптимизации работы скважины. Исходную информацию в целях управления ингибированием обеспечивают датчики устьевого давления и давления в приемной камере скважинного лубрикатора, датчики температуры и натяжения кабеля, установленные в скважинном лубрикаторе, а также датчики температуры и уровня жидкости, установленные в баке с ингибитором МИУ-40-40.

Модуль контролируемого обогрева скважинного лубрикатора SKUL-MR 4.0 (рис. 6) предназначен для растепления кристаллогидратов и предотвращения гидратообразования. Исполнительный механизм SKUL-MR 4.0 позволяет задавать температуру включения обогревателя скважинного лубрикатора и контролировать температуру в уплотнительном устройстве. Исходную информацию для управления нагревателем обеспечивают установленные в скважинном лубрикаторе датчики устьевого давления скважины, датчики давления в приемной камере скважинного лубрикатора, а также датчики температуры и натяжения кабеля.

Модуль противоаварийного контроля SKUL-MR 5.0 (рис. 7) предназначен для предотвращения аварийных ситуаций при проведении ГИРС и в случае необходимости – дистанционного управления противоаварийными устройствами скважинного лубрикатора в ручном режиме. Его ИМ – гидроаккумулятор и ручной насос. Модуль обеспечивает визуализацию на информационном табло ряда важных параметров:

- натяжение геофизического кабеля;
- давление в приемной камере;
- положение плашек превенторов;
- положение вилки сигнализирующего устройства.

Исходную информацию для управления защитными и противоаварийными механизмами обеспечивают датчики натяжения

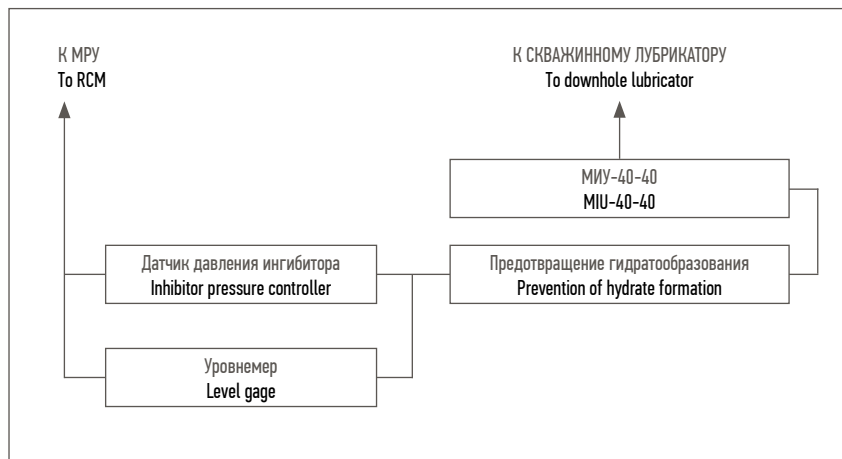


Рис. 5. Функциональная схема SKUL-MR 3.0  
Fig. 5. Functional scheme of SKUL-MR 3.0

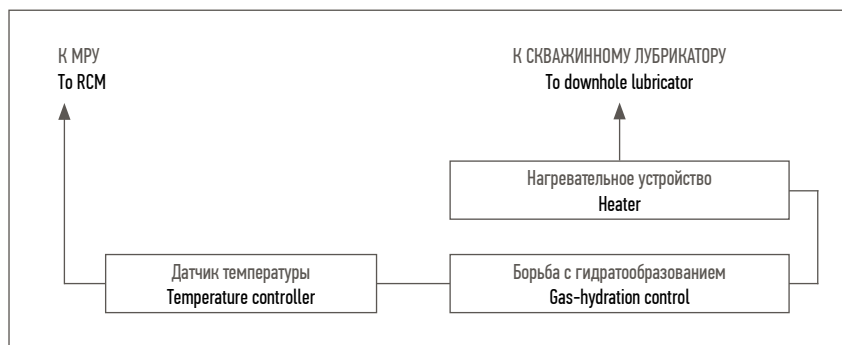


Рис. 6. Функциональная схема SKUL-MR 4.0  
Fig. 6. Functional scheme of SKUL-MR 4.0

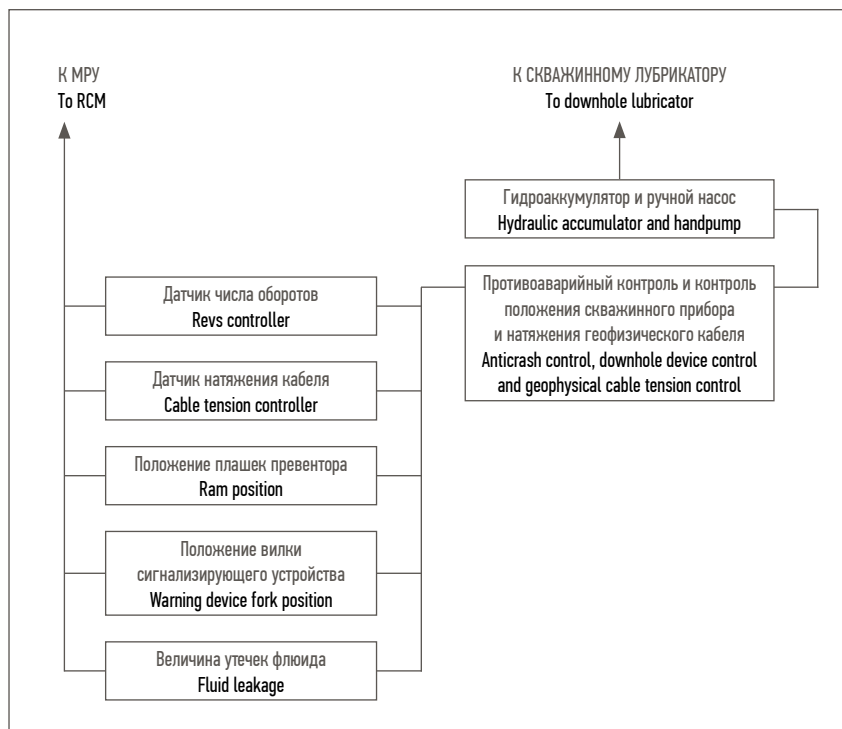


Рис. 7. Функциональная схема SKUL-MR 5.0  
Fig. 7. Functional scheme of SKUL-MR 5.0

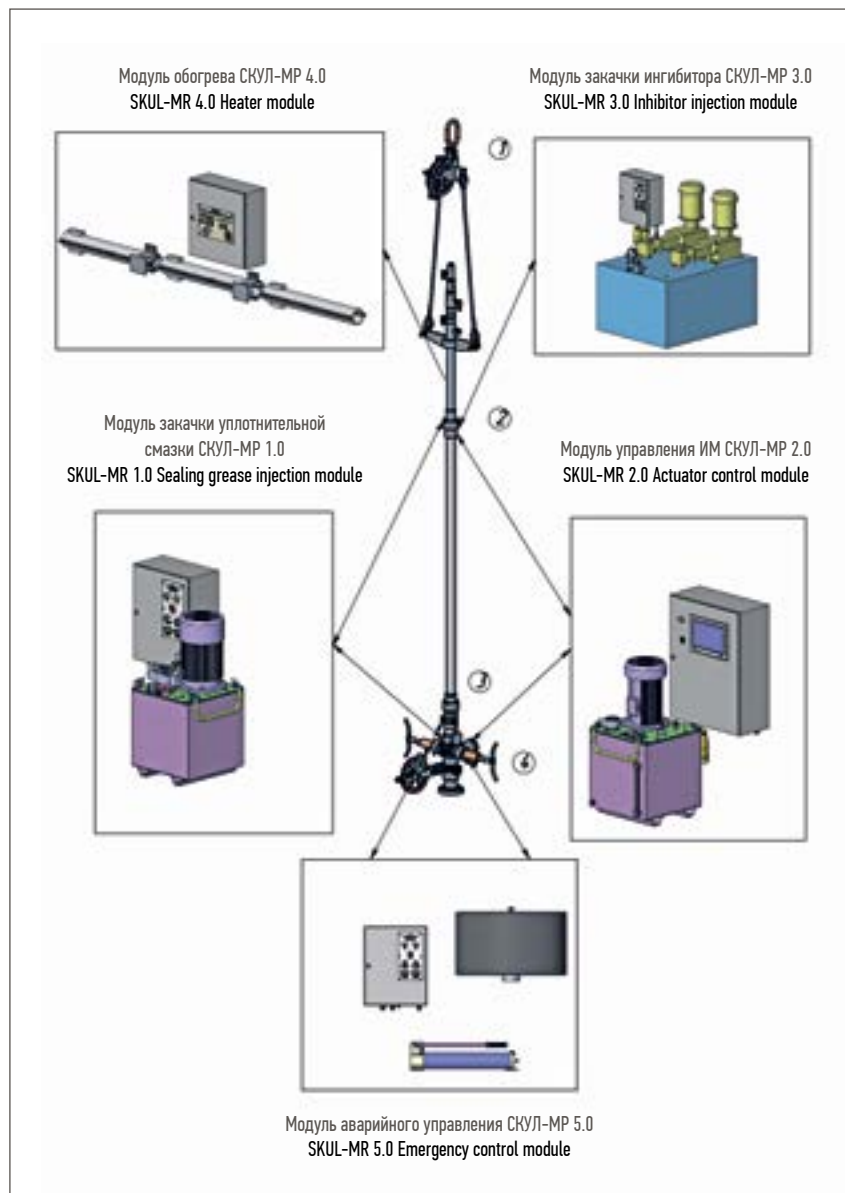


Рис. 8. Общий вид исполнительных модулей SKUL-MR и их взаимодействие с функциональными узлами скважинного лубрикатора: 1) траверса (грузозахватное приспособление); 2) уплотнительное устройство (сальник); 3) сигнализирующее устройство (ловушка); 4) превентор  
Fig. 8. General appearance of SKUL-MR modules and their interaction with downhole lubricator functional units: 1) yoke (handling tool); 2) sealing assembly (packing); 3) warning device (catcher); 4) preventer

каротажного кабеля, давления в приемной камере скважинного лубрикатора и положения подвижных частей функциональных узлов скважинного лубрикатора.

Общий вид описанных выше ИМ всех модулей SKUL-MR и их взаимодействие с функциональными узлами скважинного лубрикатора представлены на рис. 8.

### ВЫВОДЫ

Использование представленного в статье многофункционального интеллектуально-технологического комплекса «ИИМ – УЛГ 65×70» при проведении ГИРС в действующих скважинах обеспечивает:

- возможность создания гибкой системы интеллектуальной герметизации действующих скважин, адаптированной под конкретные условия и задачи;
- улучшение организации труда;
- удаление персонала геофизической партии из взрывоопасных зон при проведении ГИРС;
- снижение рисков возникновения нештатных и аварийных ситуаций;
- контроль утечек скважинного флюида в атмосферу;
- предотвращение осложнений, вызываемых образованием ледо-гидратных пробок;
- контроль герметичности скважинного лубрикатора после смены прибора;
- контроль за расходом технологических жидкостей в процессе проведения работ и оптимизация их расхода;
- повышение безопасности скважинных операций. ■

### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент №2598666 РФ. Лубрикаторная установка с интеллектуальными исполнительными механизмами/С.В. Катанаев, Б.М. Кочергинский, В.Л. Плотников и др. Заявл. 03.07.2015, опубл. 27.09.2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://patentimages.storage.googleapis.com/46/4d/b1/2df33889e21393/RU2598666C1.pdf> (дата обращения: 29.08.2019).
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499011004/> (дата обращения: 29.08.2019).
3. Апанин А.А., Катанаев С.В., Кочергинский Е.Б. Геофизическая лубрикаторная установка с интеллектуальными исполнительными механизмами // Каротажник. 2017. №11 (281). С. 148–157.

### REFERENCES

- (1) Katanaev SV, Kocherginskij BM, Plotnikov VL, et al. *Lubricator plant with intelligent actuators*. RU2598666 (Patent) 2015. Sept 27. Available from: <https://patentimages.storage.googleapis.com/46/4d/b1/2df33889e21393/RU2598666C1.pdf> [Accessed: 29th August 2019]. (In Russian)
- (2) Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service of Russia. *Fed. L. No 101 (March 12, 2013). Safety rules in oil and gas industry*. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/499011004/> [Accessed: 29th August 2019]. (In Russian)
- (3) Apanin AA, Katanaev SV, Kocherginskij YeB. *Lubricator plant with intelligent actuators*. *Well Logger = Karotazhnik*. 2017; 11(281): 148–157. (In Russian)