

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2023.23.84.110

## Развитие стандартов систем защиты промышленных кабельных линий в скважине

**Самогин Артем Сергеевич**

Ассистент,  
МИРЭА – Российский технологический университет,  
119454, Российская Федерация, Москва, просп. Вернадского, 78;  
e-mail: Samogin@mail.ru

**Зеленая Екатерина Алексеевна**

Студент,  
МИРЭА – Российский технологический университет,  
119454, Российская Федерация, Москва, просп. Вернадского, 78;  
e-mail: Samogin@mail.ru

### Аннотация

В статье исследуются вопросы, связанные с развитием стандартов систем защиты промышленных кабельных линий в скважине. Отмечается, что в настоящее время на рынке нефтегазового оборудования существует дефицит систем защиты кабелей. В результате кабельные линии, находясь в скважине, подвержены разного рода воздействию. Это приводит к возникновению пожаров, коррозии, а также механическим повреждениям. При этом комплекс мер, направленных на предупреждение механических повреждений, занимает центральное место в системе защиты кабельных линий. Вследствие этого разработка современного оборудования, позволяющего повысить ресурс кабельных линий и время их эксплуатации в скважине, является одной из основных задач ученых нефтегазовой отрасли.

### Для цитирования в научных исследованиях

Самогин А.С., Зеленая Е.А. Развитие стандартов систем защиты промышленных кабельных линий в скважине // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 5А. С. 771-783. DOI: 10.34670/AR.2023.23.84.110

### Ключевые слова

Кабельные линии, защита кабеля, нефтегазовая отрасль, добыча газа, повреждение кабеля.

## Введение

В населенных пунктах и на территориях предприятий электрические и информационные сети, как правило, кабельные. Когда кабель только монтируется в скважину, то обнаружить его довольно легко, поскольку он еще хорошо виден. Но если с момента монтажа кабеля уже прошел длительный промежуток времени, увидеть его обычно невозможно. Это связано с тем, что он находится где-то внутри конструкции [Белоруссов и др., 1987]. В этом случае при проведении ремонта или иных работ в скважине может возникнуть угроза повреждения скрытого кабеля. Для того, чтобы предотвратить повреждения кабеля от механических и иных повреждений, необходимо применять специальные меры. Они будут поддерживать целостность кабеля, а вся структура, с которой он связан, будет защищена от аварий.

Как правило, понятие «защита кабельных линий» подразделяется на несколько категорий, таких как предупреждение пожара; защита от коррозии; предотвращение механических повреждений кабельных трасс.

Комплекс мероприятий, проводимых с целью предупреждения пожара в кабельных трассах, занимает одно из важных мест в рамках защиты кабельных линий. Это обусловлено частым возникновением короткого замыкания и воспламенения обмотки из-за подачи токов высокого напряжения [Листратенков, 2006]. В рамках обеспечения пожарной безопасности применяются специальные изделия, изготовленные из антиоксидантных материалов. Данные изделия имеют высокое значение кислородного индекса и низкие параметры образования дыма и выделения хлористого водорода. Помимо этого, используются локальные системы оповещения и пожаротушения в местах повышенной опасности. Они оперативно предоставляют данные о возгорании, тем самым эффективно предотвращая его распространение.

Защита кабельных линий от коррозии также является одним из обязательных ключевых мероприятий, которое проводится при прокладке линий. Поскольку металлические оболочки данных изделий быстро разрушаются в результате взаимодействия с окружающей средой, то на их поверхность принято наносить слой брони из краски или лака, который предотвращает попадание кислотных-щелочных веществ непосредственно в структуру металла. В тех местах, где нанесение специальных покрытий невозможно, используются инновационные отсасывающие пункты, по которым стекаются обратные токи от сети [Леонов, Пешков, Рязанов, Холодный, 2006].

Комплекс мер по предотвращению механических повреждений кабельных трасс также разнообразен. Для того, чтобы избежать механического повреждения кабелей, над ним обычно устанавливают железобетонные плиты, которые укладываются поверх засыпки кабельной линии, а также специальные короба и трубы. Если же место засыпки предполагает отсутствие серьезного механического давления на данный участок, то используют обычный кирпич. Для оперативного ориентирования используются сигнальные листы из полимерного материала (ЛПЗС) или защитно-сигнальные ленты, изготавливаемые из полиэтилена высокой прочности толщиной 3,5-5 мм, с нанесенной на поверхности яркой, хорошо заметной предупредительной надписью [Иманов и др., 1999]. Такой метод идентификации позволяет не только предупредить о кабеле, но и защитить его от повреждений. Чаще всего защита кабеля, проложенного в грунте, выполняется при помощи железобетонных плит, полнотелого кирпича и защитно-сигнальных лент.

Аварии, длительное нарушение электроснабжения объектов, поражение людей электротоком, выход из строя оборудования, а также его дорогостоящий и сложный ремонт –

все это является результатом механических повреждения электрического кабеля. Для предотвращения таких серьезных последствий применение специальных мер защиты кабеля от механических повреждений является крайне необходимым.

### Основная часть

При добыче газа довольно часто происходят механические повреждения кабельных линий в скважине, возникающие в процессе спускоподъемных операций (СПО), а также их износ. В таком случае повышение ресурса кабельных линий невозможно без их защиты с помощью дополнительных средств [Меньшов, Ершов, Яризов, 2000]. В результате этого в настоящее время актуальными остаются задачи разработки и внедрения высокоэффективного оборудования, механизм действия которого позволит обеспечить защиту кабельных линий в скважине.



Рисунок 1 – УЭЦН

Одним из наиболее широко распространенных и обеспечивающих основную часть добычи газа видов оборудования являются установки электроприводных центробежных насосов (УЭЦН), которые также, в свою очередь, оснащены кабелями.

Среди основных методов производства протекторов кабелей УЭЦН следует назвать следующие:

- 1) Точное литье по выплавляемым моделям литейными сталями по ГОСТ 977-88. В таком случае цельная литая конструкция, отсутствие острых кромок и углов атаки обеспечивает проход ПК внутри обсадной колонны без осложнений и зацепов, а толщина стенок протектора до 7 мм надежно защищает кабель от повреждений в месте муфтового соединения благодаря пластичности материала;

- 2) Холодная штамповка, при которой заготовки обрабатываются на специальном оборудовании под большим давлением. Изменяется их форма и размер. Другие геометрические характеристики деталей остаются в изначальном состоянии. В процессе штамповки металл становится гораздо прочнее. В то время как использование листовой стали приводит: из-за наличия острых атакующих кромок способствует затяжке кабеля при СПО и самопроизвольному открытию протектора, при ударе протектор сминается, меняя геометрию изнутри и повреждая тем самым кабельную линию [Сушков и др., 2017].



**Рисунок 2 – Системы защиты погружного оборудования и кабельных линий в скважине**

Система защиты кабельных линий в скважине состоит из следующих элементов:

1. Протектор кабеля (ПК) (рис. 3). ПК является износостойкой конструкцией. В нем отсутствуют острые кромки и углы атаки. Быстроразъемное болтовое соединение стандартного ряда резьб упрощает и ускоряет монтаж/демонтаж. Запирающие устройства исключают самопроизвольное открывание протектора в процессе СПО. Болты с гроверными шайбами предотвращают их выпадение из корпуса протектора. Существует симметричная фиксация протектора относительно муфты НКТ. При этом ПК обладает высокой адаптивностью, поскольку существует широкая номенклатура типоразмеров: ПК-48, ПК-60, ПК-73, ПК-89, ПК-102, ПК-114, ПК-140, а также широкая номенклатура типоразмеров кабельных линий УЭЦН. При этом тип резьбы труб: ГОСТ, соединения с премиальными резьбами (EUE, JFE BEAR, TMC, HQSC1, HYDRIL и т.п.). ПК обладает 98% ремонтпригодностью, а также рассчитан на многократное использование – 5 лет, 25 СПО.

2. Роликовый протектор кабельных линий (РПКЛ) (рис. 4). Предназначен для снижения сопротивления колонны НКТ ( $\text{Ø}48\text{-}140$ ) со стенками обсадной колонны скважины, гарантирует беспрепятственный спуск и последующий подъем насосной установки с проектной глубины в наклонных и горизонтальных скважинах, центрируя колонну труб НКТ относительно стенок обсадной колонны при прохождении участков максимальной кривизны. РПКЛ оснащен пазом под погружной кабель для его удержания на теле трубы НКТ в процессе СПО [Манова и др., 2010].



**Рисунок 3 – Протектор кабеля**



**Рисунок 4 – РПКЛ**

РПКЛ – это цельнолитая конструкция, которая обеспечивает прочность и износостойкость протектора, исключает наличие острых кромок и углов атаки, гарантирует проход системы внутри обсадной колонны без осложнений и зацепов.

Наличие специального быстроразъемное болтовое крепление ускоряет монтаж-демонтаж протектора и исключает возможность неправильной установки протектора. Оснащенность болта стопорным кольцом исключает самопроизвольный отворот гайки при транспортировке и

потерю крепежных элементов при монтаже-демонтаже [Сушков и др., 2008]. Болтовое соединение спрятано в тело протектора, поэтому при ударе или трении протектора о стенки скважины исключается отворот или разрушение болтового соединения. Страгивающее усилие – не менее 8 тонн.

- 3) Центральер трубный (ЦТ) (рис. 5). ЦТ гарантирует фиксацию погружных кабельных линий на теле трубы НКТ ( $\text{Ø}48 - 140$ ), защиту кабеля от повреждения при возникновении провисания или перехлестов, а также центрирование колонны труб НКТ относительно стенок обсадной колонны скважины при прохождении участков максимальной кривизны, предотвращая контакт труб и муфт НКТ с обсадной колонной и их истирание в процессе СПО.



**Рисунок 5 – Трубный центральер**

- 4) Центральер насосный (ЦН) (рис. 6). ЦН гарантирует фиксацию кабельного удлинителя в месте соединения трубы, НКТ ( $\text{Ø}48 - 140$ ) и ловильной головки УЭЦН, предотвращая истирание и излом удлинителя, а также центрирование колонны труб НКТ и насосной установки относительно стенок обсадной колонны скважины, предотвращая контакт с ее стенками и обеспечивая защиту от механических повреждений в процессе СПО [Назарычев, Андреев, Таджибаев, 2006].



**Рисунок 6 – Насосный центральер**

- 5) Протектолайзер универсальной конструкции (рис. 7). Протектолайзер устанавливается на фланцевые соединения всех секций УЭЦН российских производителей, установок REDA, Baker Hughes в рамках габаритной группы.

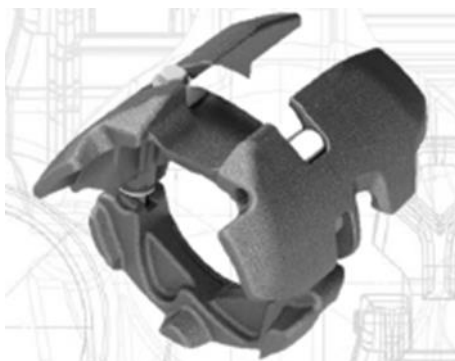


**Рисунок 7 – Протектолайзер**

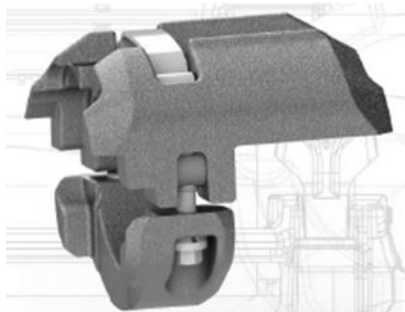
Цельнолитая конструкция протектолайзера обеспечивает его прочность и износостойкость, исключает наличие острых кромок и углов атаки, гарантирует проход системы внутри обсадной колонны без осложнений и зацепов. Наличие специальных пазов корпуса, в которые входят гайки фланцевых соединений, предотвращает их развинчивание от вибрации во время работы установки УЭЦН [Куффель, Цаенгль, Куффель, 2011].



**Рисунок 8 – PR Schlumberger REDA**



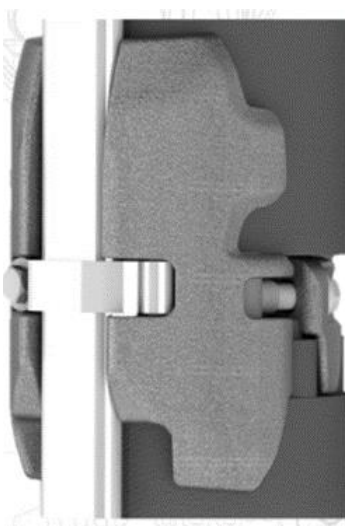
**Рисунок 9 – PR RUS, УЭЦН Российских производителей**



**Рисунок 10 – РВН Baker Hughes**

3. Протектолайзер универсальный (ПУ) (рис. 11, табл. 1). Предназначен для фиксации и защиты кабельного удлинителя установок электрических центробежных насосов (УЭЦН).

Одна модель протектолайзера ПУ устанавливается на фланцевые соединения всех секций УЭЦН Российских производителей (ПК «Борец», ПК «Новомет», ЛУКОЙЛ, ГК «Алмаз», ОАО «Алнас», ООО «Новые технологии», ООО «Лемаз») в рамках габаритной группы (2 и 2А, 3, 4, 5 и 5А, 6).



**Рисунок 11 – Протектолайзер ПУ**

**Таблица 1 – Характеристики универсальных протектолайзеров**

Модель	Габарит УЭЦН	Производитель УЭЦН	Размер кабельного удлинителя	Внешний диаметр протектолайзера	Секция УЭЦН
ПУ-2	2, 2А	Новомет, Борец, Алмаз	Ш (18.00-25.0)х В (7.5-9.0)	81	1, 2, 3, 4, 5
ПУ-3	3	Новомет, Борец	Ш (18.00-25.0)х В (6.5-9.0)	95	
ПУ-4	4	Борец	Ш (16.00-26.0)х В (5.5-10.0)	105	
ПУ-5	5, 5А	Новомет, Борец, Алмаз, Лемаз, Новые Технологии	Ш (26.00-38.0) х В (12.0-15.0)	122 -124	1, 2, 3, 4, 5



Модель	Габарит УЭЦН	Производитель УЭЦН	Размер кабельного удлинителя	Внешний диаметр протектолайзера	Секция УЭЦН
PR-3-4-RUS	5, 5А	Новомет, Борец, Лукойл, Алмаз, Алнас, Лемаз, Новые Технологии	Ш (26.00-38.0) x В (12.0-15.0)	120 -122	
ПУ-6	6	Борец	Ш (26.00-40.0) x В (12.5-15.0)	141	

б) Протектолайзер REDA (PR) (рис. 12, табл. 2). Предназначен для фиксации и защиты кабельного удлинителя установок электрических центробежных насосов (УЭЦН).

Одна модель протектолайзера REDA устанавливается на фланцевые соединения всех секций УЭЦН Schlumberger REDA (ORIGINAL, MAXIMUS, EZLINE) в рамках габаритной группы (387-400, серия 500).

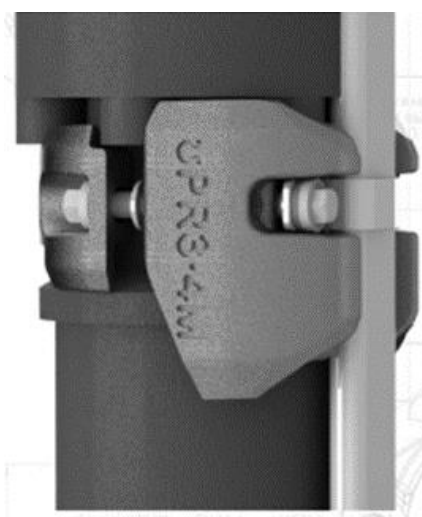


Рисунок 12 – Протектолайзер REDA

Таблица 2 – Характеристики протектолайзеров REDA

Модель	Габарит УЭЦН	Производитель УЭЦН	Размер кабельного удлинителя	Внешний диаметр протектолайзера	Секция УЭЦН
PR-3-4-M	387, 400	REDA (ORIGINAL, MAXIMUS, EZLINE)	Ш (26.00-38.0) x В (12.5-15.0)+ кабель Ø ¼"	118 –120 (129 –131 с кабелем Ø ¼")	1, 2, 3, 4, 5
PR-5-PUMP	538, 540, 562		Ш (26.00-38.0) x В (12.5-15.0)	154 -161	2, 3
PR-5 MOTOR	540, 562		Ш (26.00-38.0) x В (12.5-15.0)	140 -148	4, 5

7) Протектолайзер BAKER HUGHES (рис. 13, табл. 3). Предназначен для фиксации и защиты кабельного удлинителя установок электрических центробежных насосов (УЭЦН).

Одна модель протектолайзера BAKER HUGHES (BH) устанавливается на фланцевые соединения всех секций УЭЦН Baker hughes (CENTURION, CENTURIONBD, RELIANT) в рамках габаритной группы (серии 300, 400, 500).

Все протектолайзеры производятся методом точного литья, оснащены надежным болтовым механизмом крепления и защитой против проворота.

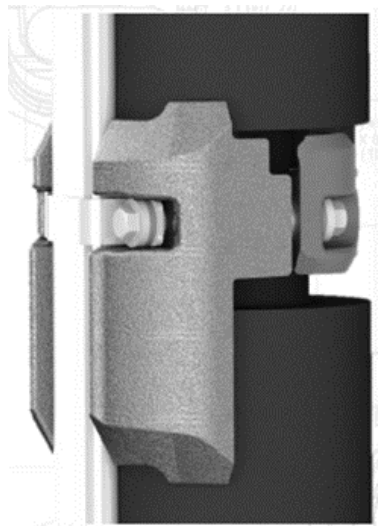


Рисунок 13 – Протектолайзер ВН

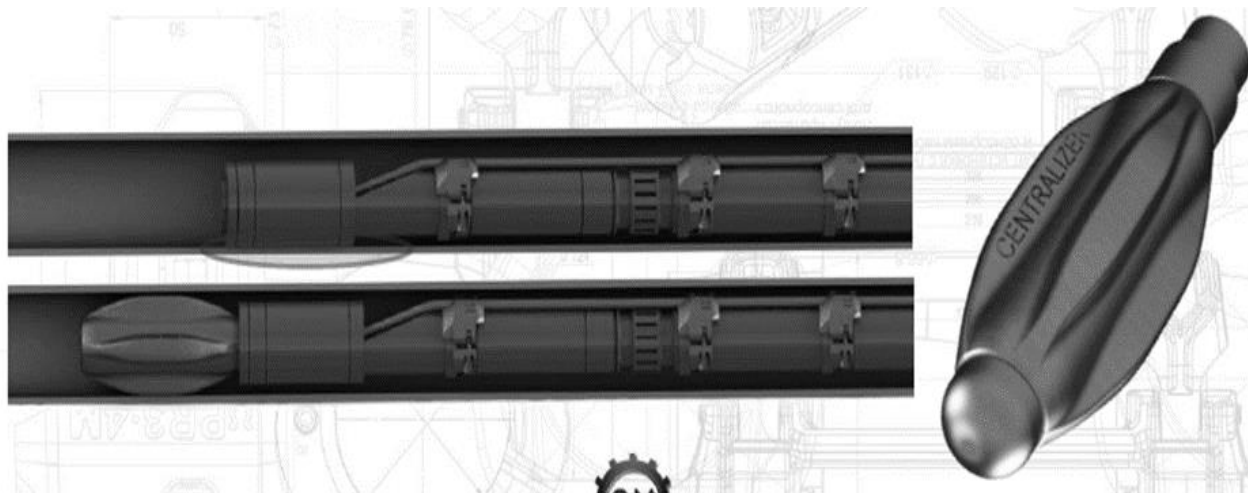
Таблица 3 – Характеристики протектолайзеров BAKER HUGHES

Модель протектолайзера	Габарит УЭЦН	Производитель УЭЦН	Размер кабельного удлинителя	Внешний диаметр протектолайзера	Секция УЭЦН
РВН-338	338,375, Ловильная головка 73	BAKER HUGHES (CENTURION, CENTURION BD, RELIANT)	Ш (30.00) x B (10.0-12.0)	105	1, 2, 3, 4, 5
РВН-3-4-Н	Ловильная головка 73, 89		Ш (26.00-38.0) x B (12.5-15.0)	120 -125	1
РВН-3-4	385, 400P, 400PHV, 400, 400PS CHINA		Ш (26.00-38.0) x B (12.5-15.0)	120 -124	2, 3, 4, 5
РВН-5	513, 538P, 538PLS, 562, Ловильная головка 102, 114		Ш (26.00-31.5) x B (12.6)	155	1, 2, 3, 4, 5

8) Централайзер резонансный (ЦР) (рис. 14). Централайзер улавливается на погружной электродвигатель (ПЭД), предназначен для его центрирования в скважине, снижения контакта корпуса ПЭД со стенками обсадной колонны в процессе СПО, предотвращения поперечных вибраций и устранения резонанса при работе УЭЦН [Сушков В.В., Сухачев И.С., 2016].

Функции централайзера:

- обеспечение равномерного охлаждения восходящими потоками;
- защита монельного покрытия пэд;
- максимальная эффективность прохождения по обсадной колонне;
- многоразовое использование;
- длительный срок службы.



**Рисунок 14 – Резонансный централизер**

### **Заключение**

Таким образом, вопрос защиты кабельных линий в скважине активно исследуется учеными. Специалисты проводят различные научные изыскания с целью выявления способов, способных минимизировать механическое повреждение кабелей. В результате этого в данной области уже имеются передовые разработки, использование которых позволит обеспечить сохранность кабеля при негативно воздействующих факторах. Дальнейшее усовершенствование данного оборудования поможет сохранить ресурс кабельных линий на высоком уровне и предотвратить их быстрый износ.

### **Библиография**

1. Белоруссов Н.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник. 5 изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1987. 536 с.
2. Иманов Г.М. и др. Защита электрических сетей предприятий нефти и газа от перенапряжений. СПб.: ПЭИПК Минтопэнерго России, 1999. 312 с.
3. Куффель Е., Цаенгль В., Куффель Дж. Техника и электрофизика высоких напряжений: учебно-справочное руководство. Долгопрудный: Интеллект, 2011. 520 с.
4. Леонов В.М., Пешков И.Б., Рязанов И.Б., Холодный С.Д. Основы кабельной техники. М.: Академия, 2006. 432 с.
5. Листратенков А.И. Теоретические основы конструирования силовых кабелей и проводов. М.: Полиграф сервис, 2006. 286 с.
6. Манова Н.А. и др. Методы и модели исследования надежности электроэнергетических систем. Сыктывкар, 2010. 292 с.
7. Меньшов Б.Г., Ершов М.С., Яризов А.Д. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности. М.: Недра, 2000. 487 с.
8. Назарычев А.Н., Андреев Д.А., Таджибаев А.И. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, предприятий. М.: Инфра-Инженерия, 2006. 928 с.
9. Сушков В.В. и др. Надежность, техническое обслуживание, ремонт и диагностирование нефтегазопромыслового оборудования. СПб.: Нестор, 2008. 296 с.
10. Сушков В.В. и др. Оценка остаточного ресурса изоляции погружного электродвигателя установок электрических центробежных насосов добычи нефти при воздействиях импульсных перенапряжений // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 10. С. 74-80.
11. Сушков В.В., Сухачев И.С. Мероприятия повышения надежности эксплуатации УЭЦН при воздействиях внутренних и внешних перенапряжений // Материалы V Международной научно-практической конференции «Культура, наука, образование: проблемы и перспективы». Нижневартовск: НВГУ, 2016. С. 131-133.

---

## Development of standards for protection systems for industrial cable lines in a well

**Artem S. Samogin**

Assistant,  
MIREA – Russian Technological University,  
119454, 78 Vernadskogo ave., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: Samogin@mail.ru

**Ekaterina A. Zelenaya**

Student,  
MIREA – Russian Technological University,  
119454, 78 Vernadskogo ave., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: Samogin@mail.ru

### Abstract

The article examines issues related to the development of standards for protection systems for industrial cable lines in a well. It is noted that at present there is a shortage of cable protection systems in the oil and gas equipment market. As a result, cable lines, while in the well, are subject to various kinds of influences. This leads to fires, corrosion, and mechanical damage. At the same time, a set of measures aimed at preventing mechanical damage occupies a central place in the system of protection of bonded lines. As a result, the development of modern equipment that allows increasing the resource of cable lines and the time of their operation in the well is one of the main tasks of scientists in the oil and gas industry.

### For citation

Samogin A.S., Zelenaya E.A. (2023) Razvitie standartov sistem zashchity promyshlennykh kabel'nykh linii v skvazhine [Development of standards for protection systems for industrial cable lines in a well]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (5A), pp. 771-783. DOI: 10.34670/AR.2023.23.84.110

### Keywords

Cable lines, cable protection, oil and gas industry, gas production, cable damage.

### References

1. Belorussov N.I. et al. (1987) *Elektricheskie kabeli, provoda i shnury: Spravochnik* [Electric cables, wires and cords: a Handbook. 5th ed., revised. and additional], 5th ed. Moscow: Energoatomizdat Publ.
2. Imanov G.M. et al. (1999) *Zashchita elektricheskikh setei predpriyatii nefti i gaza ot perenapryazhenii* [Protection of electric networks of oil and gas enterprises from surges]. Saint Petersburg: PEIPK Mintopenergo Rossii Publ.
3. Kuffel' E., Tsaengl' V., Kuffel' Dzh. (2011) *Tekhnika i elektrofizika vysokikh napryazhenii: uchebno-spravochnoe rukovodstvo* [Technique and electrophysics of high voltages: educational and reference guide]. Dolgoprudnyi: Intellect Publ.
4. Leonov V.M., Peshkov I.B., Ryazanov I.B., Kholodnyi S.D. (2006) *Osnovy kabel'noi tekhniki* [Fundamentals of cable technology]. Moscow: Akademiya Publ.

5. Listratenkov A.I. (2006) *Teoreticheskie osnovy konstruirovaniya silovykh kabelei i provodov* [Theoretical foundations for the design of power cables and wires]. Moscow: Poligraf servis Publ.
6. Manova N.A. et al. (2010) *Metody i modeli issledovaniya nadezhnosti elektroenergeticheskikh sistem* [Methods and models for studying the reliability of electric power systems]. Syktyvkar.
7. Men'shov B.G., Ershov M.S., Yarizov A.D. (2000) *Elektrotekhnicheskie ustanovki i komplekсы v neftegazovoi promyshlennosti* [Electrical installations and complexes in the oil and gas industry]. Moscow: Nedra Publ.
8. Nazarychev A.N., Andreev D.A., Tadzhibaev A.I. (2006) *Spravochnik inzhenera po naladke, sovershenstvovaniyu tekhnologii i ekspluatatsii elektricheskikh stantsii i setei. Tsentralizovannoe i avtonomnoe elektrosnabzhenie ob"ektov, tsekhov, predpriyatii* [Engineer's Handbook for Adjustment, Technology Improvement and Operation of Power Plants and Networks. Centralized and autonomous power supply of objects, workshops, enterprises]. Moscow: Infra-Inzheneriya Publ.
9. Sushkov V.V. et al. (2008) *Nadezhnost', tekhnicheskoe obsluzhivanie, remont i diagnostirovanie neftegazopromyslovogo oborudovaniya* [Reliability, maintenance, repair and diagnostics of oil and gas equipment]. Saint Petersburg: Nestor Publ.
10. Sushkov V.V. et al. (2017) Otsenka ostatochnogo resursa izolyatsii pogruzhnogo elektrodvigatelya ustanovok elektricheskikh tsentrobezhnykh nasosov dobychi nefi pri vozdeistviyakh impul'snykh perenapryazhenii [Evaluation of the residual life of the insulation of the submersible electric motor of installations of electric centrifugal pumps for oil production under the influence of impulse overvoltages]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources], 328(10), pp. 74-80.
11. Sushkov V.V., Sukhachev I.S. (2016) Meropriyatiya povysheniya nadezhnosti ekspluatatsii UETsN pri vozdeistviyakh vnutrennikh i vneshnikh perenapryazhenii [Measures to improve the reliability of ESP operation under the influence of internal and external overvoltage]. In: *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Kul'tura, nauka, obrazovanie: problemy i perspektivy"* [Proc. Int. Conf. "Culture, Science, Education: Problems and Prospects" ]. Nizhnevartovsk: Nizhnevartovsk State University, pp. 131-133.