

Краткие сведения о новых разработках, исследованиях, производстве силовых кабелей к установкам электроприводных центробежных насосов для добычи нефти

В настоящее время в Российской Федерации около 70 % всей добычи нефти осуществляется механизированными способами с применением установок электроприводных центробежных насосов для добычи нефти (УЭЦН). Одним из видов оборудования, входящего в состав установки, является кабельная линия на напряжение 3,3 кВ. Опыт эксплуатации УЭЦН показывает, что кабельную линию можно отнести к первой тройке менее надежного оборудования, определяющего срок службы установки на скважине.

К недостаткам кабельной линии в составе УЭЦН при монтаже и эксплуатации на скважине следует отнести:

- набухание изоляции в среде нефте-водогазосодержащей жидкости, изменение геометрических размеров изоляции и снижение электрической прочности;

- снижение электрических характеристик изоляции из-за экстремальных условий монтажа и эксплуатации на скважине (наличие раздавливающих нагрузок, сдиров и пр.);

- снижение свойств изоляции вследствие нагрева кабеля при эксплуатации в составе УЭЦН выше допустимых значений, предусмотренных в НТД на кабель (температура пластовой жидкости на входе в насосно-компрессорную трубу на несколько десятков градусов превышает температуру добываемого

Таблица 1. Характеристики некоторых материалов, используемых при производстве кабелей для УЭЦН

Техническая характеристика \ Материал	Блоксо-полимер пропилен с этиленом	Силано-сшиваемый ПЭ	Стирольный ТЭП на основе полиолефинов	Стирольный ТЭП на основе полиамида	Полиуретановый ТЭП	Этилен-пропиленовая резина	Фторопласт	ПЭЭК
Плотность, кг/м ³	900	950	980	1050	1200	1330	2200	1300
Показатель текучести расплава, г/10мин (Т, °С; нагрузка, кг)	1,0-4,0 (230;2,16)	1,1 (190; 5)	1,7-3,5 (230; 5)	нет данных	нет данных	—	нет данных	нет данных
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	500	280	495	310	300	300	400	34
Прочность при разрыве, МПа, не менее	25,0	25,0	18,4	30,0	50,0	5,0	30,0	100,0
Электрическая прочность, кВ/мм, при напряжении частоты 50 Гц, не менее	35	46	41	30	49	25	18	190
Удельное объемное сопротивление при 20°С, Ом·м, не менее	1,5·10 ¹⁵	1·10 ¹⁵	7·10 ¹⁴	1·10 ¹¹	—	1·10 ¹²	1·10 ¹⁵	5·10 ¹⁴
Стойкость к термоокислительному старению при 150°С, ч, не менее	2000	нет данных	1000	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
То же в присутствии меди	1000	нет данных	—	нет данных	—	нет данных	нет данных	нет данных
Стойкость к растрескиванию, ч, не менее	500	нет данных	500	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных

продукта в зоне забоя; наличие солеотложений на поверхности кабеля снижает теплоотвод);

- повреждение изоляции при прокладке кабеля при минусовых температурах без предварительного подогрева и превышении допустимых скоростей при опускании кабельной линии в скважину;
- повреждение кабеля при соприкосновении с внутренней поверхностью обсадной колонны;

В общем случае надежность кабельной линии при эксплуатации УЭЦН зависит от применяемых материалов кабельного производства, конструктивного исполнения кабеля и характеристик добываемого продукта. Кроме того, к снижению качества кабельной линии могут привести завышенные скорости наложения экструдированной полимерной изоляции.

Все конструкции силовых специальных кабелей, разрабатываемых и производимых кабельными заводами Российской Федерации, условно можно разделить на два блока:

- с полимерной изоляцией с длительно-допустимой температурой нагрева токопроводящих жил от 90 до 180 °С (рис.1); характеристики материалов, применяемых в кабелях, приведены в табл. 1;
- кабели со свинцовой оболочкой (до 230 °С).

Для первого слоя изоляции кабелей в основном применяются материалы: полиэтилен высокой плотности; блоксополимер пропилена с этиленом; радиационно-модифицированный полиэтилен; силаносшиваемый полиэтилен высокой плотности. Изделия с изоляцией из полиэтилена (90 °С) в настоящее время производятся как исключение и около 60 % всего кабеля для УЭЦН приходится на изделия с двухслойной изоляцией из блоксополимера пропилена с этиленом (120 °С), для которого следует отметить следующее:

- хорошие электрические, термомеханические характеристики композиций блоксополимеров пропилена с этиленом для изоляции кабельных линий; электроизоляционные свойства, хладостойкость такие же как у полиэтилена; плотность 0,900 против 0,955 г/см³; превосходит по нагревостойкости, прочности и стойкости к растрескиванию в агрессивных средах;

- обеспечение предприятий кабельной отрасли данными материалами в необходимых объемах химическими компаниями России;

- для изготовления кабеля используются экструзионные линии, применяемые при выпуске изделий с изоляцией из термопластичного полиэтилена;

- после первого «рейса» в скважину полимерная изоляция насыщается низкомолекулярными угле-

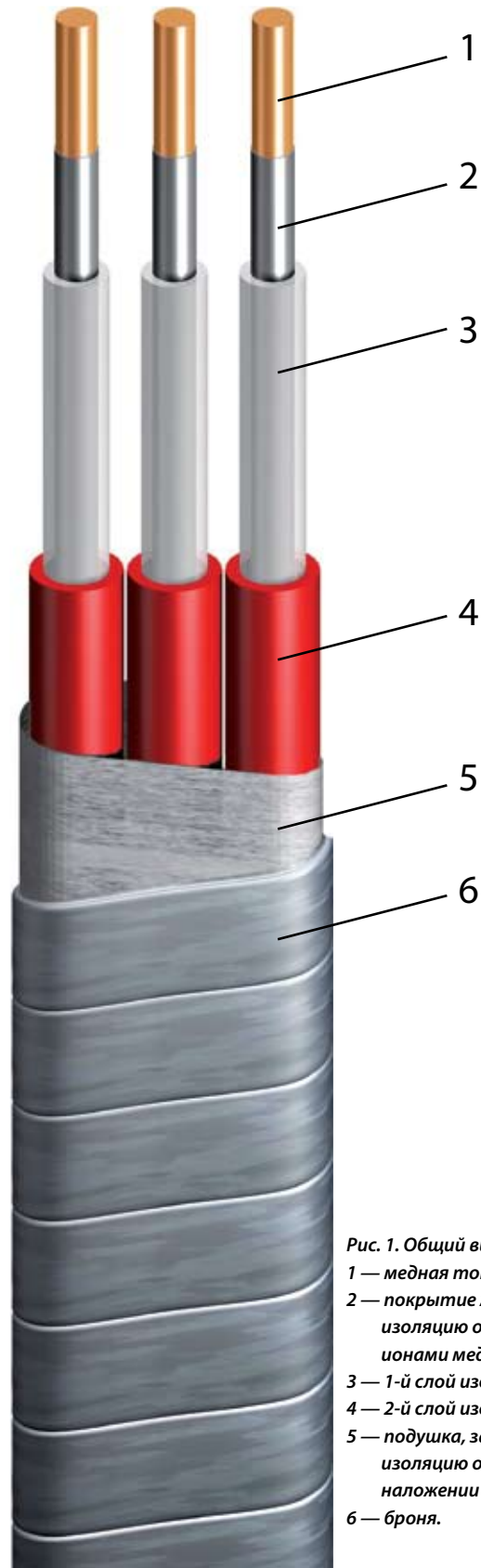


Рис. 1. Общий вид кабеля для УЭЦН.
 1 — медная токопроводящая жила;
 2 — покрытие жилы, защищающее изоляцию от разрушения ионами меди;
 3 — 1-й слой изоляции;
 4 — 2-й слой изоляции;
 5 — подушка, защищающая изоляцию от повреждения при наложении брони;
 6 — броня.

водородами, улучшается эластичность и решается проблема морозостойкости;

- при отсутствии кислорода полимер выдерживает нагрев до 300 °С, недополимеризуясь в течение 300 ч; данная характеристика подтверждается при эксплуатации кабеля-удлинителя в составе УЭЦН;

- по состоянию на начало 2009 г. данный материал применяется в 10-ти цехах и участках на предприятиях Российской Федерации, производящих кабели для УЭЦН.

Перед разработчиками и изготовителями кабелей для УЭЦН стоит задача по обеспечению нефтедобывающих компаний кабельными изделиями для эксплуатации при температурах 150-230 °С с приемлемыми показателями «цена-качество».

Из выполняемых работ по разработке, исследованиям, производству, промышленным испытаниям по высокотемпературным кабелям следует отметить применение сшитого полиэтилена высокой плотности для изоляции и термоэластопластов для оболочки; применение полиимидно-фторопластовых пленок и экструдированного тефлона и др.

К одному из недостатков изоляционных материалов для первого слоя изоляции кабеля является набухание в среде пластовой жидкости (недостаточная маслостойкость) и разработчиками кабельных изделий и материалов кабельного производства за последние годы выполнен ряд работ по подбору и применению для второго слоя изоляции более теплостойких (150-180 °С) и маслостойких материалов — стирольные и полиуретановые термоэластопласты (ТЭП), фторопласты и полиэфирэфиркетон.

Для эксплуатации при температурах токопроводящих жил свыше 120 °С российскими производителями предлагаются следующие кабельные изделия:

130 °С — кабель с первым слоем изоляции, выполненным из сшитого полиэтилена; второй слой изоляции выполняется из блоксополимера пропилен с этиленом. Особенность этой конструкции заключается в том, что сшитый полиэтилен не имеет точки плавления, а второй слой выполняет роль демпфера при разбухании изоляции. Это обеспечивает постоянство геометрических размеров первого слоя, которого достаточно для сохранения электрических свойств изоляции в целом. Данный кабель выпускается предприятием ЗАОр «НП «Подольсккабель» (Московская обл.) и находится в стадии постановки на производство на заводе ООО «Камский кабель» (г. Пермь).

150 °С — кабель с первым слоем из блоксополимера пропилен с этиленом, стойкого к ионам меди; второй слой изоляции, выполненный из стироль-

ного термоэластопласта на основе полиолефинов, защищает первый слой от контакта с углеводородами.

160 °С — кабель выполнен с двухслойной изоляцией из радиационно-сшитого полиэтилена высокой плотности; изоляция защищена оболочкой из полиуретанового ТЭП, инертного к углеводородным средам. Таким образом, изоляция выполняет свои функции в широком диапазоне температур, а оболочка полностью исключает контакт полиэтилена со скважинной жидкостью. Производителем данного кабеля является предприятие ОАО «Росскат» (Самарская обл.). Также самарскими специалистами разработана конструкция кабеля на 160 °С с изоляцией из радиационно-сшитого полиэтилена с гофрированной оболочкой из меди или нержавеющей стали (в качестве замены свинцовой оболочки).

180 °С — кабель отличается от предыдущего тем, что изоляция выполнена из силанольно-сшитого (химически-сшитого) полиэтилена высокой плотности, а оболочка — из стирольного ТЭП на основе полиамида. Важно, что связь между макроцепями полимера изоляции через поперечные мостики Si-O-Si более стабильна чем связь, образующаяся при пероксидном и радиационном сшивании, поскольку энергия (прочность) связи Si-O составляет 780 Дж/моль по сравнению с энергией связи C-C 630 Дж/моль. Указанное предопределяет более высокие термостойкие свойства силанольно-сшитой полиэтиленовой изоляции. [4] Кабель разработан специалистами ООО «Камский кабель» и готовится к подконтрольной эксплуатации на скважинах Западной сибир.

В отношении кабелей со свинцовыми оболочками разработки заводов нашей страны выполнены с применением для изоляции пленок типа ПМФ 351 (352), экструдированного фторопласта либо электроизоляционных резин на основе этилен-пропиленовых каучуков. Качество таких кабелей для эксплуатации при температуре 200, 230 °С можно считать вполне приемлемым. При этом оболочка должна быть выполнена из свинцового сплава, содержащего сурьму и теллур, что обеспечивает лучшую вибростойкость оболочки и мелкозернистую структуру. Для изоляции разумно применение отечественных импортзамещающих резин. [2]

В 2008 г. предприятием ООО «Пермгеокабель» (Пермский край) начаты работы по разработке и постановке на производство кабелей и проводов для УЭЦН с изоляцией из ароматических полиэфиркетон (ПЭК) и полиэфирэфиркетон (ПЭЭК).

Данные материалы [3] обладают высокими физико-механическими и электрическими характеристиками вследствие наличия в их основных цепях фениленовых групп, обеспечивающих высокую степень кристалличности этих полимеров. С учетом высоких электрических и механических характеристик ПЭЭК ожидается снижение размеров кабеля для питания ПЭД УЭЦН при допустимой температуре нагрева жилы кабеля до 260 °С (500 °F).

Опыт работ с нефтегазодобывающими компаниями в течение нескольких десятилетий по созданию кабельных изделий для техники и технологии добычи нефти позволяет сделать заключение о том, что: работы по кабелям с полимерной изоляцией (150-180 °С) находятся на этапе опытно-конструкторских работ; имеются резервы в улучшении показателя «цена-качество» по кабелям в свинцовой оболочке; требуются силовые кабели с лучшими электрическими и механическими параметрами и меньшими размерами для питания ПЭД.

Выводы и предложения

1. Целесообразно выполнить работы по испытанию материалов для изоляции кабелей в части определения термомеханических характеристик по методикам, представленным в публикациях [1, 2];

2. Следует определить области применения силовых кабелей уменьшенных размеров с допустимой температурой 260 °С (установки третьего, четвертого габарита; перевод разведочных скважин в эксплуатационные и пр.).

Литература

1. Макиенко Г.П. Кабели и провода, применяемые в нефтегазовой индустрии. Пермь: Агентство «Стиль-МГ» 2004, 560 с.
2. Агеев Ш.Р., Григорян Е.Е., Макиенко Г.П. Российские установки лопастных насосов для добычи нефти и их применение. Энциклопедический справочник. Пермь: ООО «Пресс-Мастер», 2007, 648 с.
3. Шаов А.Х., Хараев А.М., Кардинов А.З., Хазбулатова З.С. Ароматические полиэфиркетоны и полиэфирэфиркетоны (обзор). «Пластические массы», журнал, выпуск №11 / 1990.
4. Аблеев Р.И., Гимаев Р.Н. Применение полимерных материалов в кабельной промышленности. «Полиуретановые технологии», журнал, выпуск №4 (17) / 2008.

*В.Г. Савченко, технический директор
ООО «Камский кабель»*

*А.А. Азанов, начальник бюро нефтекабелей
ООО «Камский кабель»*

*Г.П. Макиенко к.т.н., генеральный директор
ООО «НПФ «Новокабель-Пермь»*

ПРИГЛАШАЕМ К УЧАСТИЮ НА ВЫСТАВКЕ
22 - 25 сентября
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ:
технологии, приборы,
оборудование



г. Иркутск
www.sibexpo.ru

SIBEXPO
 CENTRE