



ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

INNOVATION MATERIALS FOR THE CABLE INDUSTRY

Based on the materials of the scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association on November 16–17, 2021

I.B. Peshkov, *Dr. Sc. (Engineering),
Professor, Chief Research Scientist, OJSC VNIKP*

Характеристики кабельной продукции во многом определяются характеристиками применяемых электроизоляционных, защитных и других материалов. В этой области всё время появляются новые или усовершенствованные материалы, позволяющие повысить требования к кабелям и проводам со стороны потребителей, или обладающие повышенной технологичностью к переработке в элементы конструкции кабеля. Поэтому неудивительно, что на симпозиуме по инновационным материалам были представлены 14 докладов. Причём в ряде случаев взгляды докладчиков на создавшуюся ситуацию не совпадали.

В настоящее время в мире активно муссируется тема новой изоляции для кабелей среднего (СН) и высокого (ВН) напряжения. Если в последнее десятилетие такой изоляцией были сшитый полиэтилен (СПЭ) и частично этиленпропиленовая резина (ЭПР), то сейчас рекламируется применение термопластичных композиций на основе полипропиленов. Количество испытаний, особенно сравнительных, ограничено, хотя количество рекламных публикаций со стороны тех, кто поддерживает новую изоляцию, велико. Это производители композиций на основе полипропиленов, некоторые производители экструзионного оборудования и те производители кабелей, которые пошли на определённый риск в надежде потеснить с рынка ряд конкурентов. Сведения, полученные из презентаций, возможно, помогут разобраться в сложившейся ситуации.

В презентации М.Ю. Шувалова, В.Л. Овсиенко «Сравнительные исследования изоляции кабелей среднего напряжения на основе полипропилена,

По материалам научно-технического симпозиума, проходившего в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель» 16–17 ноября 2021 года

И.Б. Пешков, *д-р техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник ОАО «ВНИИКП»*

*Материал поступил в редакцию 27.12.2021
E-mail: intercable@mail.ru*

сшитого полиэтилена и этиленпропиленовых резин» (ОАО «ВНИИКП», Россия) [1] представлены результаты сравнительных исследований изоляции кабелей среднего напряжения на основе полипропилена, сшитого полиэтилена и этиленпропиленовой резины. Статья, основанная на материалах презентации, опубликована на страницах 9–19.

Особенности технологии наложения изоляции композиций из полипропилена при производстве кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжения были рассмотрены в презентации М. Бустрома (Maillefer Group», Финляндия) [2]. Автор считает, что для переработки композиций из полипропилена могут использоваться традиционные экструзионные линии кабелей низкого напряжения, наклонные и вертикальные линии непрерывной вулканизации кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжения. Автор подчеркнул, что компания Maillefer уже поставляла линии для производства кабелей с изоляцией из композиций полипропилена (3 модифицированные горизонтальные линии Monosil, 2 наклонные линии и 3 вертикальные). Ещё 4 линии находятся на стадиях наладки и поставки. Автор анализирует все «за» и «против» применения в качестве изоляции сшиваемого полиэтилена и композиций полипропилена.

Сшиваемый полиэтилен:

- преимущества:
 - материал, проверенный временем;
 - характеристики кабеля и меньшие электрические потери;
 - выстроенная цепочка поставок;
 - чистота материала;



– полное решение по изоляционной системе, включающее материалы для электропроводящих экранов;

- недостатки:

- требуется сшивка;
- дегазация.

Композиции полипропилена:

- преимущества:

- не требуется сшивка;
- не требуется дегазация;

- недостатки:

- нет выстроенной цепочки поставок;
- вопросы к чистоте материала;
- ограниченная доступность материала;
- ниже внутренняя термическая стабильность;
- выше электрические потери;
- ниже токовая нагрузка при одинаковых конструкциях кабеля;
- большое количество ограничивающих патентов;
- нет устоявшейся методики контроля качества;
- ограниченная наработка.

Но нельзя забывать и о нюансах, которые имеются при работе с композициями полипропилена – это чистота материала и увеличенные потери в токопроводящей жиле кабеля при передаче энергии. В изоляции кабелей из композиций полипропилена были обнаружены следующие типы опасных включений: металлические частицы, которые могут приводить к концентрации электрической напряжённости на острых кромках; пустоты вокруг металлических частиц в поле переменного тока и на частицах разложившегося компаунда; влага; включения фторполимера «тефлон»; волокнистые частицы древесины и картона; текстильные волокна. Неизвестно, проведена ли оптимизация химических продуктов реактора, достигнута ли низкая полярность. Речь идёт об оптимизации, которая проведена для сшиваемого полиэтилена, но не для композиций полипропилена. Особые опасения вызывает чистота нового продукта. Полиэтилен низкой плотности (высокого давления) для дальнейшего использования в сшиваемом полиэтилене изготавливается с инициаторами в виде кислорода или пероксида на специализированных производственных линиях, что ведёт к получению очень чистого и неполярного материала. Однако не существует специализированных линий для производства компаундов на основе полипропилена для изоляции силовых кабелей. Такие компаунды производятся с использованием твёрдых катализаторов, вносящих отрицательный вклад в полярность и присутствие остатков металлов в материале. Если повысить рабочую температуру, потери в кабелях с изоляцией из композиций полипропилена будут выше на 2–5 % для кабелей СН и на 5–10 % – для

кабелей ВН. Время покажет, есть ли перспективы для продвижения кабелей с изоляцией из композиций полипропилена.

Другая тема актуальная для России, а в последнее время и для Белоруссии – вопросы импортозамещения материалов кабельного производства. Пока речь не идёт о кабельной продукции, хотя закупаются даже такие кабельные изделия, которые легко производятся отечественной промышленностью, имеющей значительные производственные мощности. К счастью, это не главный вопрос. Другое дело – материалы кабельного производства. Все производители кабельных изделий привыкли к тому, что сшиваемый полиэтилен – это западные компании Borealis, AGC, Dow; полиимидно-фторопластовая плёнка – Dupon. Это известные компании с первоклассной продукцией. Но напрашивается вопрос, а почему не использовать материалы, которые прошли все необходимые испытания, и производятся отечественными кабельными заводами? Именно на этом акцентировалось внимание в докладах российских компаний АО «Лидер-Компаунд» [3] и ООО «Башпласт» [4]. В 2010 году в г. Саранске была создана компания «Лидер-Компаунд», основное направление деятельности которой – разработка и выпуск электропроводящих пероксидносшиваемых компаундов для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на среднее (до 35 кВ) и высокое (до 110 кВ) напряжение, а также безгалогенных компаундов типа HFFR. Линейка выпускаемой продукции включает:

- реактопласты (электропроводящие пероксидносшиваемые композиции, изоляционные пероксидносшиваемые композиции);
- термопласты (электропроводящие композиции, антистатика, пожаробезопасные композиции, не содержащие галогенов);
- безгалогенные композиции (изоляционные, шланговые и композиции для заполнения межжильного пространства).

Кроме того, компания «Лидер-Компаунд» производит полиэтиленовые неокисленные воски. Объём производства саженатолненных компаундов до 3 тыс. т в год. Компания выпускает до 10 тыс. т в год сшиваемого полиэтилена и до 8 тыс. т в год полиолефиновых компаундов, не содержащих галогенов. В 2021 году компания начала выпуск кабельной продукции специального назначения, в частности саморегулирующегося нагревательного кабеля. Кабель предназначен для обогрева и поддержания необходимой температуры технологического оборудования, трубопроводов, резервуаров, водосточных систем зданий и сооружений, тёплых полов и тд.

Компания ООО «Башпласт», основанная в 2008 г., выпускает ПВХ-компаунды – 120 тыс. т в год; полиолефиновые компаунды – 25 тыс. т в год. Выпускаемые



ПВХ-компаунды – пониженной пожарной опасности. Среди полиолефиновых безгалогенных компаундов: силанольно-сшиваемый полиэтилен, компаунды для нефтепогружных кабелей, термоэластопласты. Докладчик приводит интересные для производителей кабелей цифры: потребители ПВХ-компаундов и полиолефиновых компаундов в кабельной промышленности мира, Европы и России (рисунок). Представляют интерес перспективные материалы, разрабатываемые и выпускаемые ООО «Башпласт»:

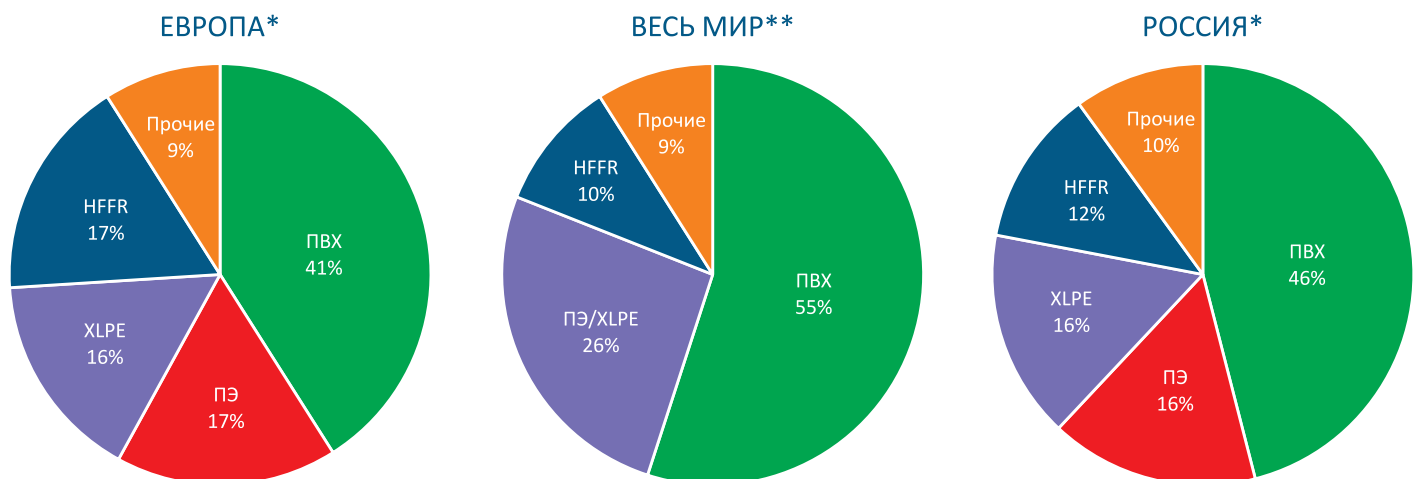
- ПВХ-компаунды пониженной пожарной опасности;
- безгалогенные компаунды;
- силанольно-сшиваемый полиэтилен пониженной пожарной опасности;
- хладостойкие ПВХ-компаунды пониженной пожарной опасности;
- радиационно-сшиваемые ПВХ-компаунды;
- компаунды на основе полипропилена для нефтепогружных кабелей.

В презентации ООО фирма «Проминвест Пластик» [5] были представлены требования при выборе HFFR-компаундов для кабельных изделий, соответствующих нормам CPR (The Construction Product Regulation). В случае поставок в страны ЕС необходимо учитывать эти требования, а компании «Проминвест Пластик» и кабельным заводам Украины, в связи со сложившейся политико-экономической ситуацией между Украиной и Россией, пришлось заниматься этим уже сейчас. CPR устанавливает согласованные правила применения строительной продукции в страны ЕС и обеспечивает доступность надёжной информации для сравнения характеристик продуктов разных производителей в разных странах. В качестве объектов исследования были выбраны кабельные изделия с сечением токопроводящих жил 1×3,5 мм²,

5×1,5 мм², 3×1,5 мм², 3×2,5 мм². В результате проведения испытаний сделаны следующие выводы:

1. Достижения одного и того же CPR-класса кабельного изделия возможно при использовании различных комбинаций материалов, что поможет оптимизировать конечную цену кабельного изделия.
2. Для достижения успешного результата необходимо тесное сотрудничество между производителями компаундов и кабельными заводами, поскольку не существует универсальной комбинации материалов, которая позволит сохранить один и тот же CPR-класс вне зависимости от конструкции кабеля.

Традиционными поставщиками различных компаундов на основе полиолефинов для изоляции кабелей низкого, среднего и высокого напряжения являются компании Borealis (Австрия) и Dow (Швейцария). В презентации компании Borealis [6] выделены основные тренды в области передачи электроэнергии: увеличивающаяся потребность в подземных кабелях; растущая потребность в передаче постоянного тока; постоянно растущая потребность к пожаробезопасности кабелей. Компания Borealis больше 45 лет специализируется на производстве сшиваемых полиолефиновых композиций Superclean для кабелей среднего и высокого напряжения, более 20 лет подтверждённой статистики в области кабелей сверхвысокого напряжения (EHV) и более 20 лет в области кабелей высокого напряжения постоянного тока (HVDC). За эти годы выпущено более 320 000 км кабелей на EHV и более 8000 км на HVDC. В своей презентации компания Borealis предлагает новый компаунд для изоляции кабелей HVDC: передача постоянного тока на высокое напряжение (до 640 кВ включительно), новый полупроводящий компаунд для высокого и среднего напряжения кабелей вплоть до 36 кВ, новый изоляционный компаунд для кабелей высокого напряжения



* согласно отчетам AMI Consulting за 2020 год
 ** согласно отчетам AMI Consulting за 2019 год

Рис. Потребление ПВХ-компаундов, полиолефиновых компаундов в кабельной промышленности мира, Европы и России



(вплоть до 161 кВ), компаунд Flexible Visico для кабелей низкого напряжения до 1 кВ, когда гибкость имеет повышенное значение. Кроме того, в номенклатуре фирмы не распространяющий горение компаунд, силанольносшиваемый для кабелей к панелям солнечных батарей. Этот новый компаунд (марка Si-XLPE) потенциально может использоваться и для самонесущих изолированных проводов. Материал компании, предложенный для кабелей постоянного тока, имеет значительно меньшую электрическую проводимость для дегазированной и недегазированной изоляции в сравнении с другими композициями компании, что лишней раз подчёркивает значимость химической чистоты материала. Borlink Supercure technology (технология суперсшивки) обладает усиленной реакционной способностью к сшивке за счёт включения винильных групп в молекулу полиэтилена. Одна пероксидная связь даёт более одного узла сшивки, то есть образуется меньше побочных продуктов.

Новая безгалогенная, не распространяющая горение система на базе Visico содержит безгалогенные добавки для нераспространения горения. Эта система разработана для кабелей, которые используются для соединения фотоэлектрических панелей между собой, а также для соединения их с сетью. Visico повышенной гибкости в первую очередь рекомендуется использовать для замены ЭПР, что исключает использование наклонной линии, обеспечивает быструю сшивку при комнатной температуре, исключает возможность преждевременной вулканизации. Кабели с такой изоляцией используются на зарядных станциях для электромобилей, а также для замены изоляции из ПВХ-пластикатов, где гибкость является ключевой характеристикой.

Компания Dow Europe (Швейцария) в своей презентации [7] рассмотрела изоляцию из сшитого полиэтилена для кабелей высокого и сверхвысокого напряжения ENDURANCE™ HFDD-4201. Предлагаемый материал фактически «без дегазации» (время дегазации снижается практически на 80 %). Улучшенная стойкость к скорчингу позволяет делать длительные запуски. Во время разработки процесс дегазации моделировался. Методом TGA (с помощью хроматографии) проводилась оценка содержания побочных продуктов. Предлагаемый материал имеет высокие электрические показатели. Электрическая напряжённость 20 кВ/мм при 99 °С, $\text{tg}\delta$ при этой температуре $0,1 \times 10^{-7}$, что достаточно для изоляции кабелей на напряжение больше 220 кВ, где максимальная электрическая напряжённость в рабочих режимах составляет ≤ 18 кВ/мм.

В своей презентации компания Melos GmbH (Германия) [8] предлагает термопластичный HFFR-компа-

унд для оболочки кабелей арктического исполнения. Компания основана в 1930 году и в настоящее время имеет оборот в 43 трлн евро. Компания предлагает 3 типа компаундов. Первый – для оболочки Mocoline в версиях TP (термопластичный) + RDX (радиационно-сшиваемый); второй – компаунд для заполнения FM и третий – изоляционный компаунд HFFR в версиях TP+RDX.

В своей презентации компания UL (Польша) осветила подход к сертификации материалов для производства кабелей. В компании эти функции выполняет отдел искусственных материалов. Процесс предварительного выбора компонентов состоит из двух этапов. Этап оценки определяет функцию материала в конечном продукте. Этап отбора – направление базы данных UL Prospector® (специальная группа UL, которая ведёт вопросы, связанные с потребителями и производителями пластмасс, – это самая большая группа данных). Эта база данных может быть использована для оказания помощи производителям в соответствии с требованиями безопасности стандартам МЭК. Затем производится сравнение свойств материалов с использованием параметрического поиска (приводятся категории материалов, сертифицируемых для производства кабелей и проводов с ссылками на действующие стандарты). Могут быть проведены тесты применяемых материалов. Компания UL будет заниматься продуктом углеродного газа, и готова поддерживать программу экологического развития до 2030 года.

В производстве кабелей и проводов применяются материалы, потребление которых ограничивается сотнями и тысячами тонн, но без которых изготовить ряд электротехнических изделий невозможно. Если рассматривать регионы мира, то часть южно-корейских и китайских производителей составляет около 30 % (7 тыс. т с перспективой роста к 2025 году до 15 тыс. т).

Причиной применения полиимидных (ПМ) и полиимидно-фторопластовых (ПМФ) плёнок в кабельной промышленности являются их исключительные характеристики (диапазон рабочих температур от –190 °С до +300 °С, разрывная прочность до 180 МПа, относительное удлинение 70 % и более, кислородный индекс 47, радиационная стойкость не менее 10 Мрад и т.д.). Промышленные технологии производства ПМ-плёнок и ПМФ-плёнок были разработаны и в России. Следует отметить, что производство этих плёнок осуществляется на основе отечественного сырья. Технология и оборудование для производства проводов с изоляцией из ПМ-плёнок и ПМФ-плёнок были разработаны ВНИИКП. Серийным производством кабельных изделий с применением таких плёнок в России занимаются 7 кабельных заводов.



В презентации фирмы Framco Chemicals OY [9] приведены цифры, к которым должны стремиться страны ЕС, в частности, к 2050 году получать 49 % электроэнергии от возобновляемых источников. Предлагаются новые технологии, переход на электромобили, снижение выбросов парниковых газов, внедрение новых материалов. Но достижимо ли это? На самом деле

переход на альтернативные источники энергии потребует большого количества ветропарков, фотоэлектрических батарей, а это в свою очередь увеличение расхода энергии и выброса парниковых газов. Так что производители кабелей и проводов должны готовиться к энергопереходу. Ждать и анализировать, когда это может произойти. ■

Список источников

List of Sources

1. **Шувалов М.Ю., Овсиенко В.Л.** Сравнительные исследования изоляции кабелей среднего напряжения на основе полипропилена, сшитого полиэтилена и этиленпропиленовых резин. ОАО «ВНИИКП», Россия // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

2. **Бустром М.** Технология наложения изоляции из композиций полипропилена при производстве кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжения. Mallefer Group, Финляндия // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

3. **Бузлаев А.В.** Полимерные композиции для кабельной промышленности. АО «Лидер-компаунд», Россия // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

4. **Карпенко Г.В.** Особенности и перспективы развития полимерных материалов в кабельной отрасли России на примере компании «Башпласт». ООО «Башпласт», Россия // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

5. **Буряк Е.** Выбор HFFR-компаундов для кабельных изделий, соответствующих нормам CPR. ООО фирма «Проминвест-Пластик», Украина // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

6. **Урбанчик А., Лопатин А.В.** Инновационные материалы компании Borealis для кабельной промышленности. Borealis AG, Австрия // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

1. **M.Yu. Shuvalov, V.L. Ovsienko.** The Comparative Study of Medium Voltage Cable Insulations Based on Polypropylene, XLPE and EPR. OJSC VNIKP, Russia // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

2. **M. Bostrom.** PP insulation technology for MV, HV, EHV cables. Mallefer Group, Finland // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

3. **A.V. Buzlaev.** Insulating peroxide cross-linked materials for medium and high voltage cables. Leader Compound JSC, Russia // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

4. **G.V. Karpenko.** Features and prospects for the development of polymer compounds in the cable industry of the Russian Federation on the example of Bashplast. Bashplast Ltd., Russia // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

5. **E. Buryak.** Selection of HFFR-compounds for cable products complying with the CPR norms. Prominvest-Plastic, Ukraine // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

6. **A. Urbanczyk, A.V. Lopatin.** Borealis innovative materials for cable industry. Borealis AG, Austria // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.



URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

7. **Богданов М.А., Ааронс Р.** Инновационная изоляция из сшитого полиэтилена для кабелей высокого и сверхвысокого напряжения. Dow GmbH, Швейцария // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

8. **Шнеттлер Т.** Термопластичные огнестойкие HFFR-компаунды для кабелей арктического исполнения. Melos GmbH, Германия // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

9. **Низмутдинова Э., Михайлов И.В.** На пути к глобальной электрификации. Framco Chemicals OY, Финляндия // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября, 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 20.12.2021).

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

7. **M.A. Bogdanov, R. Aarons.** Innovative XLPE insulation for HV/EHV applications. Dow Europe GmbH, Switzerland // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

8. **T. Schnettler.** Thermoplastic HFFR Sheathing Compounds for Arctic Conditions. Melos GmbH, Germany // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

9. **E. Nizmutdinova, I.V. Mikhailov.** On the way to global electrification. Framco Chemicals OY, Finland // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 20.12.2021).

Холодная сварка экономит энергию...

Зелёные сварочные агрегаты начинаются здесь

Наши машины для холодной сварки экологически безопасные, чистые и удобные для пользователя.

Если Вы хотите экономить ресурсы, повышать производительность и сокращать эксплуатационные расходы, поговорите с нами.



www.pwmltd.co.uk

Демонстрационное видео сварки катанки в режиме онлайн

Обращайтесь к нашим агентам в России:
Телефон: (495) 361-6424, 918-1756
Факс: (495) 911-8060
Pressure Welding Machines Ltd
Tel: +44 (0) 1233 820847
Email: sales@pwmltd.co.uk

На правах рекламы

Новые сварочные аппараты и матрицы компании PWM можно получить только в компании PWM или у её уполномоченных представителей



Мировой лидер в области технологии холодной сварки