Д.А. Гук, заведующий высоковольтным испытательным центром;
М.К. Каменский, канд. техн. наук, заместитель заведующего отделением;
Л.Е. Макаров, канд. техн. наук, заведующий лабораторией;
Ю.В. Образцов, канд. техн. наук, заместитель заведующего отделением;
В.Л. Овсиенко, канд. техн. наук, заведующий лабораторией;
М.Ю. Шувалов, д-р техн. наук, директор научного направления – заведующий отделением;
ОАО «ВНИИКП»

Аннотация. **В 2014 г. введен в эксплуатацию новый высоковольтный испытательный центр ОАО «ВНИИКП» (ВИЦ), расположенный на Подольской площадке института. ВИЦ оснащен современным испытательным и исследовательским оборудованием и средствами измерений. В ВИЦ могут выполняться следующие виды испытаний:**

• испытания на соответствие требованиям МЭК 60840 и 62067 кабелей и арматуры (типовые и предквалификационные испытания) для изделий на напряжения до 500 кВ включительно;

• испытания кабелей и арматуры на напряжение до 35 кВ включительно на соответствие требованиям МЭК 60502 и HD 605, HD 620 CENELEC, ГОСТ Р 55025 и др.;

• испытания кабелей и арматуры высокого и среднего напряжения по специальным методикам, разработанным ОАО «ВНИИКП», например, определение электрической прочности кабелей с последующей оценкой дефектности изоляционной системы.

Ключевые слова: **высоковольтный испытательный центр. Высоковольтный испытательный стенд. Типовые испытания. Предквалификационные испытания. Исследовательские испытания. Кабели сверхвысокого напряжения. Кабели высокого напряжения. Кабели среднего напряжения. Кабельная арматура.**

Abstract. **The new High-Voltage Test Centre (HVTC) of JSC VNIIKP located on the Podolsk site of the institute was put into operation in 2014. The HVTC is equipped with state-of-the art instrumentation and test facilities. The following tests are carried out:**

• IEC 60840 and 62067 compliance tests of high-voltage cable and accessories (type and pre-qualification tests) for products rated at voltages up to and including 500 kV;

• tests of cable and accessories for voltages up to and including 35 kV for compliance with the requirements of IEC 60502 and HD 605, HD 620 CENELEC, GOST R 55025, etc.;

• tests of high- and medium-voltage cable and accessories according to the special procedures developed by the VNIIKP, for example, measurement of cable dielectric strength followed by estimation of insulation system defectiveness.

Key words**: high-voltage test centre, high-voltage test setup, type test, pre-qualification test, investigation test, extra-high-voltage cable, high-voltage cable, medium-voltage cable, cable accessories.**

Материал поступил в редакцию 30.10.2014
E-mail: shuvalov@vniikp.ru

НОВЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОАО «ВНИИКП».

ОПЫТ ИСПЫТАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ, АРМАТУРЫ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

С момента своего основания в 1947 г. ОАО «ВНИИКП» занимался высоковольтными испытаниями силовых кабелей и арматуры. Первоначально эти испытания проводились на территории завода «Москабель», где располагался институт; в 1974 г. было введено в эксплуатацию новое здание ВНИИКП на шоссе Энтузиастов, в состав которого входил крупнейший в СССР высоковольтный корпус, оснащенный самым передовым на тот момент оборудованием фирм Ferranti, Haefely, TUR.

К 2000-м годам, однако, это оборудование уже не отвечало новым требованиям, предусмотренным, в первую очередь, в стандартах Международной электротехнической комиссии (МЭК). В связи с этим оборудование было демонтировано, а высоковольтный корпус, частично обветшавший и весьма дорогой в эксплуатации – продан. Одновременно было принято решение о строительстве нового высоковольтного испытательного центра (ВИЦ) в г. Подольске, где функционирует ряд подразделений института.

Строительство ВИЦ было закончено в начале 2013 г. Общий вид здания показан на рис. 1а и 1б. Площадь испытательных полей составляет 2268 м^2, офисно-бытовых и вспомогательных помещений (3 этажа) – 756 м^2. Отличительными особенностями здания является его трехуровневая конфигурация (при этом все габариты имеют запас для дальнейшего наращивания как возможностей испытательного оборудования, так и его количества), а также конструкция пола, обеспечивающая надежное и эффективное заземление всех испытательных установок. К достоинствам корпуса следует также отнести низкий уровень фоновых помех, неизбежно присутствующих при

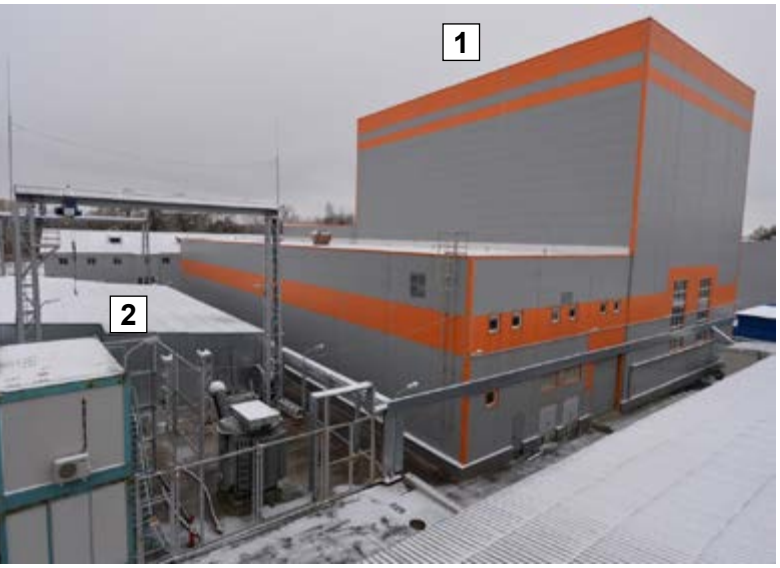

***Рис. 1а**. Общий вид здания высоковольтного испытательного центра (1) и высоковольтного испытательного стенда (2) – пояснения в тексте*

***Рис. 2**. Высоковольтное испытательное оборудование фирм Haefely и Hipotronics*

***Рис. 1б**. Здание высоковольтного испытательного центра*

измерении частичных разрядов. ВИЦ включен в состав аккредитованного испытательного центра ОАО «ВНИИКП».

Основное испытательное оборудование закуплено у фирм Haefely и Hipotronics (Швейцария и США), поставлено и смонтировано в здании ВИЦ в феврале 2013 г. После сборки испытательных систем проверялась правильность их функционирования с достижением проектных характеристик и параметров испытательного оборудования. На рис. 2 показано испытательное оборудование ВИЦ после его наладки.

В состав испытательного оборудования ВИЦ входят:

- импульсная испытательная система (основные характеристики системы приведены в табл. 1; внешний вид показан на рис. 3а);
- модульная резонансная испытательная система (рис. 3б) – 600 кВ, 2400 кВА, 50 Гц (может эксплуатироваться в двух вариантах: 600 кВ/4 А и 300 кВ/8 А);
- система измерения частичных разрядов с цифровой технологией записи, обработки и распознавания сигнала по отношению к фоновым помехам;
- система индукционного нагрева испытуемых кабелей на ток 5000 А;
- аппаратура для измерения и записи тангенса угла диэлектрических потерь ($\mathrm{tg}\delta$);
- вспомогательное оборудование для проведения испытаний (водяные оконцевания на 600 кВ, делители переменного и импульсного напряжений, регуляторы и др.);
- установки для испытаний кабелей среднего напряжения (200 кВ/300 кВА; 150 кВ/300 кВА; 3 × 100 кВ/300 кВА; 1 × 100 кВ/100 кВА и т.д.).

Таблица 1

Основные характеристики импульсной испытательной системы

Наименование	Ед. измерения	Значение
Максимальное напряжение грозового импульса	кВ	2000
Максимальное напряжение коммутационного импульса	кВ	1800
Количество ступеней	–	10
Зарядное устройство напряжение ток	 кВ мА	 200 60
Мощность генератора в ударе	кДж	150
Форма грозового импульса (стандартная)	мкс	1,2 ± 30 %/ 50 ± 20 %
Цифровая система анализа импульсов, отображающая параметры импульса и его график	–	–
Основание ГИНа с воздушной подушкой для перемещения по площади испытательного поля, грузоподъемность	т	14

***Рис. 3а**. Генератор импульсных напряжений*

***Рис. 3б**. Модульная резонансная система*

***Рис. 3в**. Измеритель частичных разрядов и мост для измерения тангенса угла диэлектрических потерь*

Средства измерений, такие как анализатор импульсов, измеритель частичных разрядов, мост переменного тока (рис. 3в) прошли утверждение «типа средств измерения» и внесены в Госреестр.

Специализация ВИЦ по видам испытаний

Во вновь построенном ВИЦ могут выполняться следующие работы:

- испытания на соответствие требованиям МЭК 60840 и 62067 кабелей и арматуры высокого напряжения (типовые и предквалификационные испытания) для изделий на напряжения до 500 кВ включительно;
- испытания кабелей и арматуры среднего напряжения (до 35 кВ включительно) на соответствие требованиям МЭК 60502 и HD 605, HD 620 CENELEC, ГОСТ Р 55025 и др. НД;
- испытания кабелей и арматуры высокого и среднего напряжения по специальным методикам, разработанным ОАО «ВНИИКП», например, определение электрической прочности кабелей с последующей оценкой дефектности изоляционной системы.

На рис. 4 показана испытательная сборка, состоящая из кабеля и муфт на напряжение 220 кВ, и испытательное оборудование в процессе испытаний в лаборатории ВИЦ.

Высоковольтный испытательный стенд

За три года до завершения строительства ВИЦ, в 2010 г., в целях восполнения дефицита испытательных мощностей в ОАО «ВНИИКП» был введен в эксплуатацию высоковольтный испытательный стенд (ВИС) для проведения длительных испытаний по подтверждению надежности кабелей и арматуры высокого напряжения.

Стенд сооружен на бетонированной площадке размером 18 × 60 м рядом со зданием ВИЦ. Для защиты от атмосферных осадков основная часть стенда имеет металлическое укрытие. Концевые муфты располагаются на открытой части площадки и испытываются в условиях воздействия естественных климатических факторов.

На стенде установлено следующее испытательное оборудование:

- испытательный трансформатор 300 кВ, 2000 кВА комплектно с вспомогательным оборудованием и помещением для обслуживания длительных непрерывных испытаний;

***Рис. 4**. Кабель и кабельная арматура высокого напряжения в процессе испытаний*

• нагревательные трансформаторы 8 × 100 кВА;
• система компенсации индуктивного тока суммарной мощностью до 500 кВАр (батареи конденсаторов);
• вспомогательное оборудование.

Программа предквалификационных испытаний в соответствии с ГОСТ Р МЭК 62067–2011 включает:

• непрерывное приложение напряжения $1{,}7\ U_0$ в течение 8760 часов (1 год);
• 180 суточных циклов нагрева–охлаждения испытуемого кабеля;
• испытания импульсным напряжением отрезков кабеля, вырезанных из испытательной сборки по завершению годичных испытаний;
• инспекцию кабеля и муфт после испытаний.

В настоящее время на стенде проходят годичные испытания ряда кабельных систем на напряжение 127/220 кВ.

Производственные возможности ВИЦ в области испытаний

Кабели и арматура высокого и сверхвысокого напряжения

Типовые испытания кабелей и арматуры высокого и сверхвысокого напряжения

В табл. 2 приведены данные по типовым испытаниям кабелей и арматуры на напряжения от 110 до 500 кВ.

Для типовых испытаний кабелей высокого и частично среднего напряжения в ВИЦ выделено большое испытательное поле в высокой части здания. Кабели среднего напряжения 10–35 кВ на большом поле проходят испытания по двум этапам программы: измерение ЧР и испытания импульсным напряжением.

Предквалификационные испытания кабелей и арматуры высокого и сверхвысокого напряжения

Для проведения предквалификационных испытаний кабелей и муфт на напряжение 330 и 500 кВ используется испытательный трансформатор 600 кВ/2400 кВА.

Высоковольтный испытательный стенд, входящий в состав ВИЦ, рассчитан на проведение испытаний одновременно на двух (а при некоторых ограничениях и трех) сборках, если кабели/арматура имеют одно и то же номинальное напряжение, не превышающее 220 кВ.

Кроме того, в низкой части ВИЦ имеется испытательное поле для предквалификационных испытаний системы на напряжение 110 кВ.

Таким образом, при оптимальной загрузке, ВИЦ в состоянии выполнять одновременно предквалификационные испытания одной кабельной системы на напряжение 110 кВ, двух (трех) систем на напряжение 220 кВ и одной системы на напряжение 330 или 500 кВ. Возможны и другие сочетания, например, испытания трех систем на напряжение 110 кВ и одной системы на напряжение 500 кВ; одной системы на напряжение 110 кВ и четырех (пяти) – 220 кВ и т.п.

Что же касается токовых нагрузок, прикладываемых к испытуемым объектам в процессе типовых и предквалификационных испытаний, то имеющееся оборудование (нагревные трансформаторы) в состоянии обеспечить предусмотренные соответствующими стандартами МЭК тепловые режимы в кабельных изделиях с токопроводящими жилами самых больших, выпускаемых отечественной и мировой промышленностью сечений – до 2500–3000 мм^2 включительно.

Кабели и арматура среднего напряжения

Двухгодичные ресурсные испытания кабелей среднего напряжения с полимерной изоляцией на подтверждение надежности в эксплуатации

Этапы программы испытаний и их длительность приведены в табл. 3.

Имеющиеся производственные возможности в области 2-х годичных ресурсных испытаний обеспечивают параллельные испытания 5 кабелей.

При необходимости количество одновременно испытуемых кабелей может быть увеличено.

Ресурсные испытания силовых кабелей с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 6–10 кВ по ГОСТ 18410–75

Испытания проводят на образце кабеля длиной не менее 25 м, расположенном так, что вертикальный участок составляет 15 м. Образец кабеля с концевыми муфтами подвергается воздействию напряжения $3U_0$ и 250 циклов

Таблица 2

Состав типовых испытаний

Номинальное напряжение кабелей, вид испытаний	Этапы программы испытаний
Кабели и арматура на напряжения: 64/110 кВ; 127/220 кВ; 190/330 кВ; 290/500 кВ	1.1. Монтаж испытательной сборки (кабели и муфты различных типов). Наладка нагревных схем и автоматики
Типовые испытания на подтверждение требований ГОСТ Р МЭК 60840 (110 кВ) и ГОСТ Р МЭК 62067 (220–500 кВ)	1.2. Измерение $\mathrm{tg}\delta$ при напряжении U_0^* и температуре жилы (95–100) °С
	1.3. Измерение частичных разрядов (ЧР) на кабельной сборке при напряжении $1{,}5\ U_0$ и температуре окружающей среды
	1.4. Суточные циклы нагрева-охлаждения с наложением напряжения $2\ U_0$: нагрев в течение 8 ч, в том числе до температуры жилы (95–100) °С не менее 2 ч + 16 ч охлаждения; число суточных циклов – 20
	1.5. Измерение ЧР при (95–100) °С и при температуре окружающей среды
	1.6. Испытание сборки при температуре (95–100) °С импульсным напряжением: 550 кВ – для системы 110 кВ; 1050 кВ – для системы 220 кВ; 1175 кВ – для системы 330 кВ; 1550 кВ – для системы 500 кВ
Примечание: U_0^* – номинальное фазное напряжение.	

Таблица 3

Состав двухгодичных испытаний кабелей на подтверждение надежности

№ п/п	Этапы программы испытаний
1	Определение электрической прочности 6 (5) образцов кабеля с активной длиной ≥ 10 м на переменном напряжении в исходном состоянии. Исследование дефектности изоляционной системы пробитых образцов
2	Кондиционирование испытуемых кабелей без напряжения в воде при температуре 55 °С в течение 500 ч
3	Первый год испытаний в воде при температуре 40 °С с приложением напряжения $3U_0 = 18$ кВ (испытания проводятся на кабеле 10 кВ и распространяются на все классы среднего напряжения)
3.1	Определение электрической прочности на 6 (5) образцах кабеля после 1-го года старения. Исследование дефектов и степени электрохимического старения изоляционной системы пробитых образцов
4	Второй год испытаний кабелей в воде при температуре 40 °С под напряжением $3U_0 = 18$ кВ
4.1	Определение электрической прочности на 6 (5) образцах кабеля после 2-го года старения. Исследование дефектов и степени электрохимического старения изоляционной системы пробитых образцов

нагрева до температуры, на 12 °С превышающей длительно допустимую температуру нагрева жил, с последующим охлаждением. Продолжительность цикла нагрева–охлаждения составляет 8 ч.

Типовые испытания силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжения 10–35 кВ по ГОСТ Р 55025–2012

Испытания включают следующие этапы:

1. Комплексные испытания на стойкость к воздействию эксплуатационных факторов, а именно:

– измерение частичных разрядов до и после воздействия 3-х двусторонних изгибов и после 20 циклов нагрева и охлаждения;

– измерение $\mathrm{tg}\delta$ при нагреве токопроводящей жилы кабеля до температуры (95–100) °С. Испытания импульсным напряжением (10 импульсов положительной и отрицательной полярности);

– испытания переменным напряжением $4U_0$ в течение 4 ч.

2. Испытания кабелей на напряжение 10 кВ по определению уровня пробивного напряжения при ступенчатом повышении переменного напряжения до пробоя изоляции. Нормированный уровень: не менее 150 кВ для всех 5–6 испытываемых образцов.

Испытания самонесущих изолированных и защищенных проводов для воздушных линий электропередачи на напряжения 0,4–35 кВ на стойкость к термомеханическим нагрузкам по ГОСТ 31946–2012

Испытания проводят на образцах изолированной нулевой несущей жилы сечением 50, 70, 95 мм^2 длиной не менее 10 м, которые подвергают циклическому нагреву до 60 °С и охлаждению с одновременным воздействием растягивающих усилий от 4500 до 10000 Н.

Образец подвергают 500 циклам нагрева-охлаждения, после чего контролируют деформацию изоляции в зоне зажимов и проводят испытание переменным напряжением в воде.

Испытания проводят на специализированной установке, разработанной в ОАО «ВНИИКП».

Исследования и исследовательские испытания

При выполнении комплекса высоковольтных испытаний мы считаем крайне важным системный подход. Поэтому в своей работе по испытаниям кабельной продукции мы видим задачу не только проверки соответствия технических характеристик тем или иным требованиям, но и выявления причин обнаруживаемых несоответствий, а также поиска путей их устранения. Для решения этих задач мы работаем в тесном взаимодействии с энергосистемами, кабельными заводами, производителями арматуры, материалов и оборудования для кабельного производства.

Большое место в нашей работе занимает комплексный углубленный анализ качества и надежности кабелей, основанный на лабораторном обследовании коротких образцов (в пределах 1 м). Анализ включает обнаружение и идентификацию технологических микродефектов, исследование структуры (морфологии) изоляции, внутренних механических напряжений, неоднородности химического состава, локальной электрической прочности, идентификации материалов. Таким исследованиям подвергаются как образцы в исходном состоянии, в том числе отобранные от строительных длин, поставленных потребителю, так и отказавшие либо в процессе электрических испытаний, либо в процессе эксплуатации. На рис. 5 и 6 показаны примеры технологических дефектов, послуживших причиной отказа высоковольтных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена при испытаниях и в эксплуатации.

Комплексный анализ качества и надежности невозможен без изучения длительных свойств кабельной изоляции, механизмов выхода ее из строя. Для этих целей в ВИЦ ВНИИКП и лабораториях института наряду с испытаниями полномасштабных образцов кабелей проводятся длительные

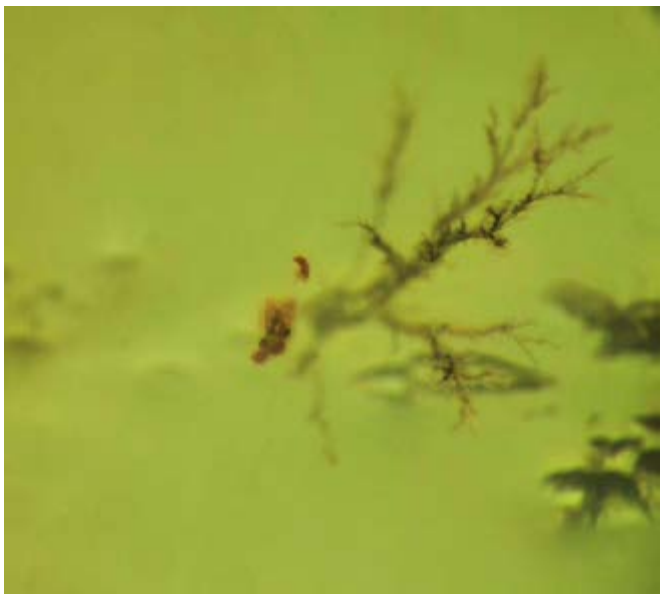

***Рис. 5**. Инородное включение в изоляции (частица термически модифицированного полиэтилена) с максимальным линейным размером 675 мкм, обнаруженная в зоне пробоя кабеля на напряжение 110 кВ при импульсных испытаниях*

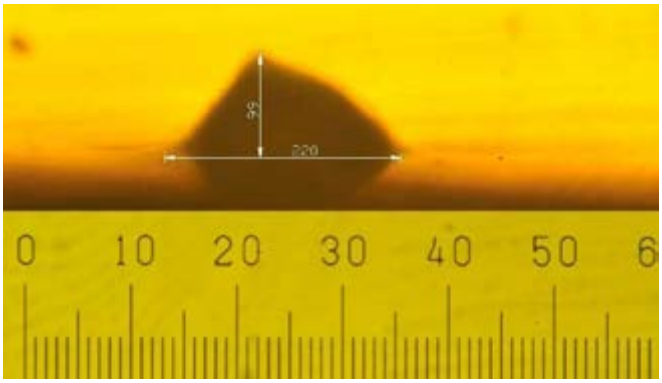

***Рис. 6**. Острый выступ на внутреннем электропроводящем экране высотой 100 ± 5 мкм в кабеле 220 кВ, обнаруженный вблизи места пробоя после нескольких лет эксплуатации*

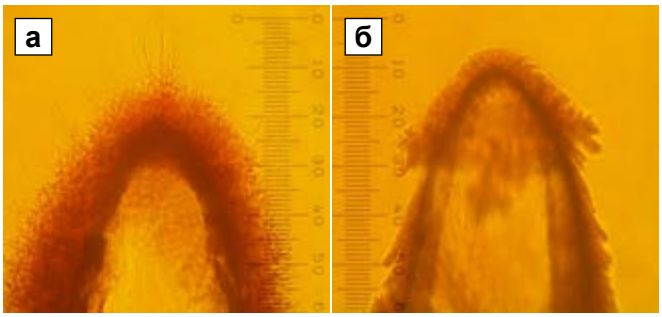

***Рис. 7**. Водные триинги (специфические области, подвергшиеся электрохимическому старению), выращенные в лабораторных образцах в нетриингостойком (а) и триингостойком (б) материалах*

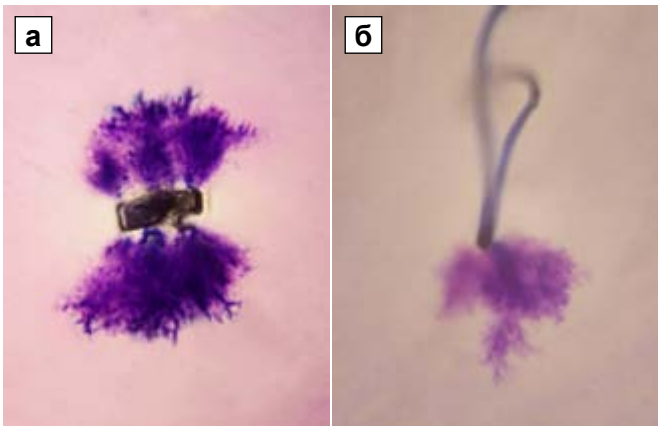

***Рис. 8**. Водные триинги, выросшие в процессе двухгодичных испытаний кабелей среднего напряжения в соответствии с ГОСТ 55025–2012. Размеры объектов 500 и 300 мкм, а) и б), соответственно*

испытания на ускоренное старение образцов изоляционных материалов, изоляционных систем, кабельных моделей. Воздействующие факторы: высокое напряжение, нагрев, агрессивная среда, механические напряжения.

На рис. 7 показаны результаты сравнительных испытаний образцов изоляционных материалов на стойкость к электрохимическому старению (зарождению и росту водных триингов). Такие исследования позволяют производителю принять правильное решение при выборе изоляционного материала.

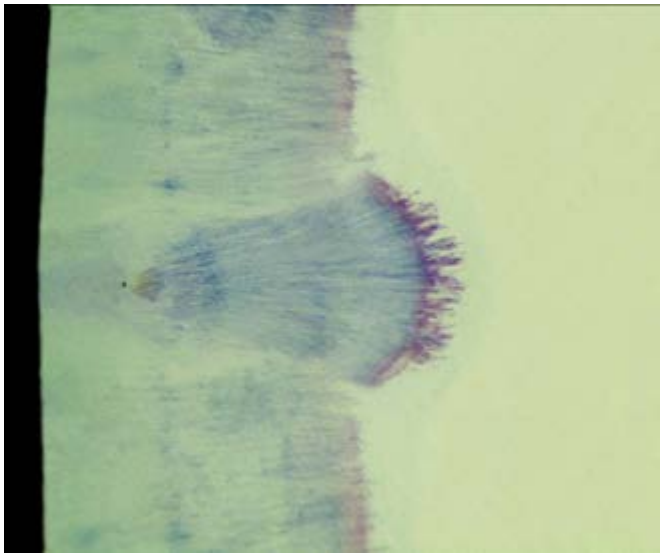

***Рис. 9**. Участок изоляции кабеля, отработавшего часть ресурса в эксплуатации, с высоким уровнем электрохимической деградации. Размер максимальных водных триингов – более 2 мм*

На рис. 8 и 9 представлены примеры водных триингов, выросших при испытаниях на подтверждение срока службы кабелей среднего напряжения, а также в эксплуатации кабеля высокого напряжения (1-го поколения). Обследование образцов с измерением геометрических и спектральных характеристик развившихся повреждений позволяет для новых изделий подтвердить их качество и надежность, а для бывших в эксплуатации – с помощью специально разработанных в ОАО «ВНИИКП» математических моделей прогнозировать остаточный срок службы.

На рис. 10 показан пример электрического триинга (ЭТ) – канала неполного электрического пробоя. Зарождение ЭТ – основной механизм разрушения твердых диэлектриков, работающих в сильных электрических полях. Зародившись на каком-либо дефекте в изоляции и развиваясь с течением времени, он неизбежно приводит к выходу кабеля высокого напряжения из строя. Изучение механизма данного процесса проводится на моделях с использованием специальных калиброванных электродов, имитирующих технологические дефекты (рис. 11).

***Рис. 10**. Электрический триинг, зародившийся на инородном включении в изоляции высоковольтного кабеля*

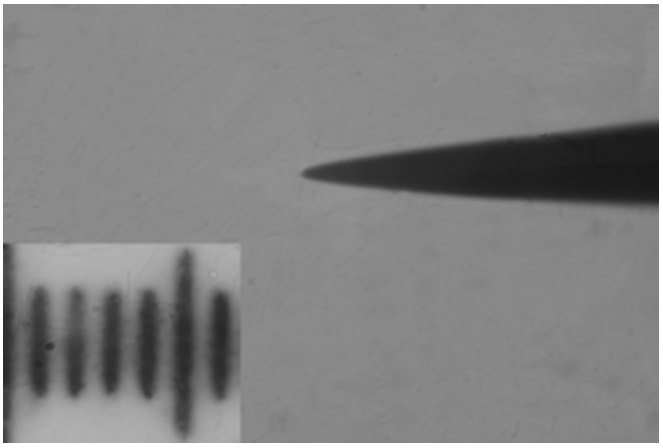

***Рис. 11**. Калиброванный электрод для определения длительной и кратковременной локальной электрической прочности. Цена деления шкалы – 2 мкм*

Применение такой технологии испытаний позволяет с высокой точностью изучать процессы электрического старения изоляции и фиксировать зарождение ЭТ на самой ранней стадии и даже процессы, предшествующие зарождению ЭТ (рис. 12).

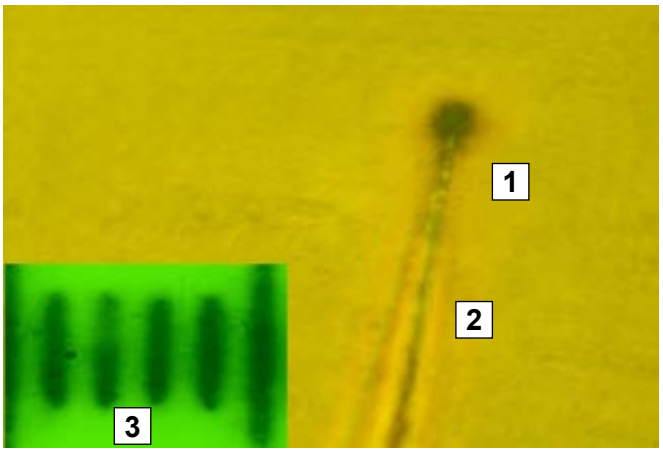

***Рис. 12**. Микрообласть деградации диаметром около 1 мкм, формирование которой предшествует образованию электрического триинга, состоящая из электрически состаренного полимера – 1; след от микроэлектрода – 2; объект – микрометр с ценой деления два микрона – 3*

Получаемые результаты используются при выборе материалов, работающих в сильных электрических полях, а также при конструировании новых изделий.

Для решения этих задач в ОАО «ВНИИКП» выполняются исследования так называемых «кривых жизни», то есть зависимостей времени до зарождения электрического триинга от напряжения (напряженности электрического поля). Пример «кривой жизни» показан на рис. 13.

При изучении механизмов теплового старения исследуются изменения электрических, механических и термических свойств, а также химического состава и физической структуры материалов. На рис. 14 приведен пример структурных изменений в процессе термического старения трех изоляционных материалов на основе пероксидно сшитого полиэтилена. Такие исследования позволяют сравнивать полимеры по степени стойкости к длительному воздействию температуры, а также разрабатывать экспресс-методики для

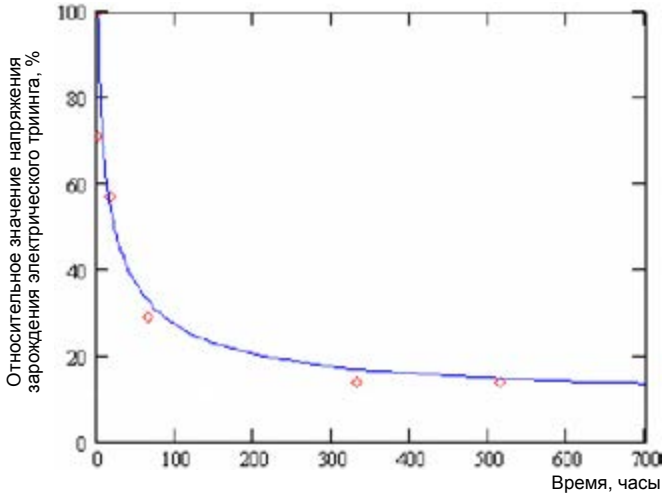

***Рис. 13**. «Кривая жизни» изоляции из сшитого полиэтилена. Точки – опытные данные, сплошная линия – результат обработки данных эксперимента с использованием математической модели зарождения и роста ЭТ*

оценки степени старения, прогнозирования срока службы и остаточного ресурса.

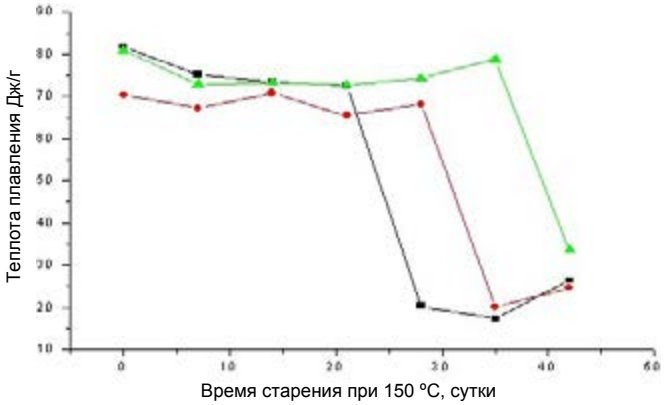

***Рис. 14**. Зависимость теплоты плавления (ΔНпл) от времени теплового старения образцов трех изоляционных материалов (композиции на основе пероксидно сшиваемого полиэтилена) при температуре 150 °С*

Немаловажную роль при изготовлении качественной продукции играет правильный выбор технологических режимов производства. Нами совместно с ведущими производителями технологического оборудования разработаны методики оценки качества кабельной изоляции, исходя из критериев однородности ее структуры. В основу методик положены оптические и термические методы. На рис. 15 показаны различия в морфологии образцов

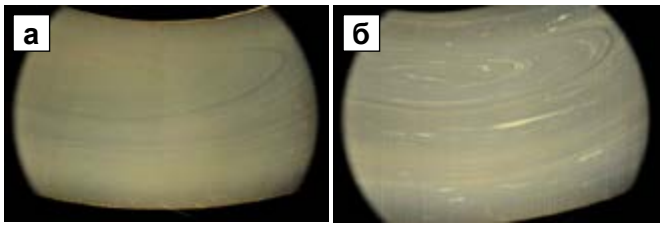

***Рис. 15.** Влияние скорости экструдирования на однородность структуры изоляции*

изоляции кабелей, произведенных при оптимальной (а) и повышенной (б) скорости экструзии. Нами установлено влияние данного фактора на электрическую прочность изоляции.

Испытания и исследования кабельной арматуры

Самостоятельным направлением в работе испытательного центра ВНИИКП является проведение испытаний и исследований кабельной арматуры. Кроме типовых и ресурсных испытаний проводятся исследования кабельных муфт, демонтированных из энергосистем из-за наличия дефектов или повреждений, или же по окончании испытаний. Эта работа состоит из следующих этапов:

- последовательная разборка муфт в лабораторных условиях с фотофиксацией ее этапов, отбор проб электроизоляционной жидкости из концевых муфт и образцов материалов из эластомерных элементов муфт;
- определение электроизоляционных характеристик жидкостей, в том числе $\mathrm{tg}\delta$ и электрической прочности;
- определение геометрических размеров электродов и изоляции по срезам из эластомерных элементов муфт, расчет напряженностей электрического поля в кабельной арматуре;
- микроскопические исследования образцов материалов муфт;
- определение механических и других свойств эластомерных материалов на основании испытаний «лопаток», вырезанных из материала;
- анализ фотографий и результатов исследований, выполненных в процессе разборки, с определением возможных причин пробоя.

В качестве примеров на рис. 16 и 17 приведены фотографии повреждений, выявленных в результате проведенных исследований. На рис. 16 показан фрагмент изоляции соединительной муфты после ресурсных испытаний. Желтый налет у края центрального электрода муфты, обнаруженный по результатам разборки, свидетельствует о разрядной деятельности, спровоцированной плохим контактом в соединителе муфты. На рис. 17 представлен выравнивающий конус концевой муфты на напряжение 220 кВ, по поверхности которого развивались скользящие разряды из-за попадания влаги в негерметичный корпус муфты.

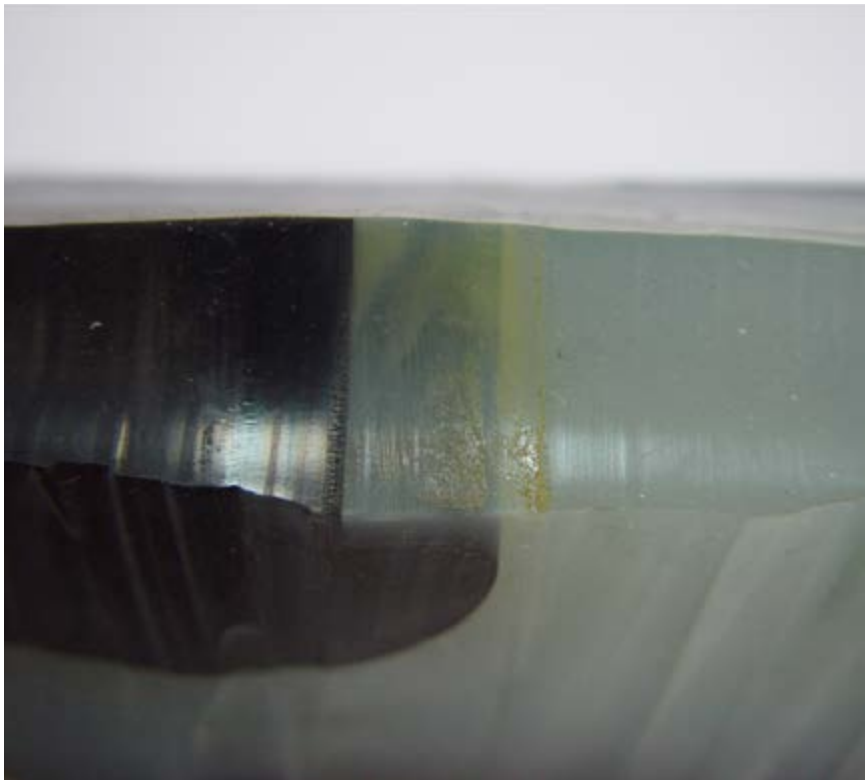

Рис. 16. *Следы разрядов в соединительной муфте на напряжение 110 кВ, обусловленных перегревом в процессе ресурсных испытаний*

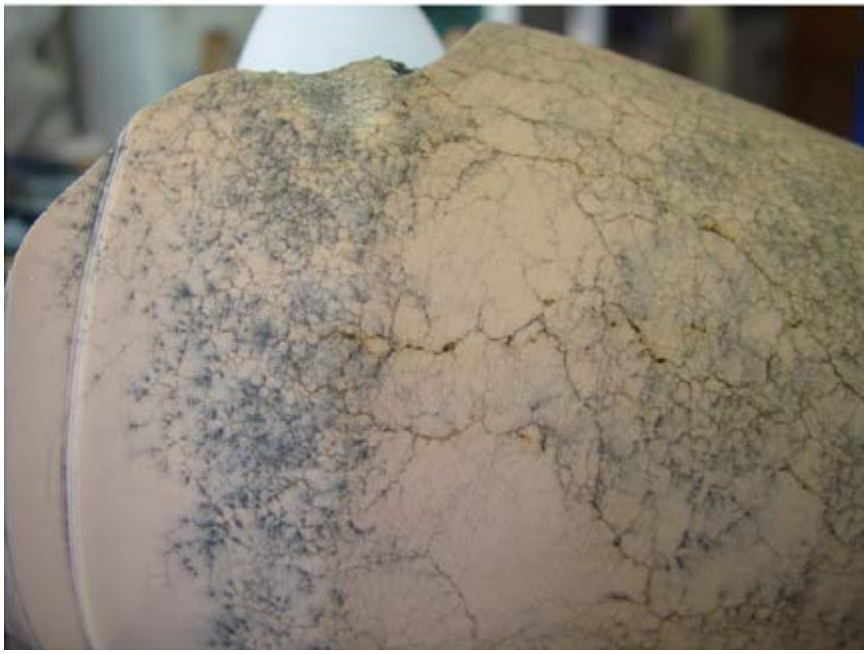

Рис. 17*. Развитие скользящих разрядов на поверхности выравнивающего конуса при попадании влаги в полость концевой муфты на напряжение 220 кВ*

Результаты этих исследований позволяют оценить качество муфт и их элементов. Выявленные причины пробоя или повреждения муфт при ресурсных, типовых испытаниях или в процессе эксплуатации дают возможность наметить пути совершенствования их конструкций.

Все перечисленные выше виды испытаний в ВИЦ и лабораториях института входят в область аккредитации испытательного центра ОАО «ВНИИКП» (аттестат аккредитации Федеральной службы Росаккредитация № РОСС RU.0001.22КБ13). Многие исследовательские методики оригинальны; часть из них запатентована, часть представляет собой know-how.