

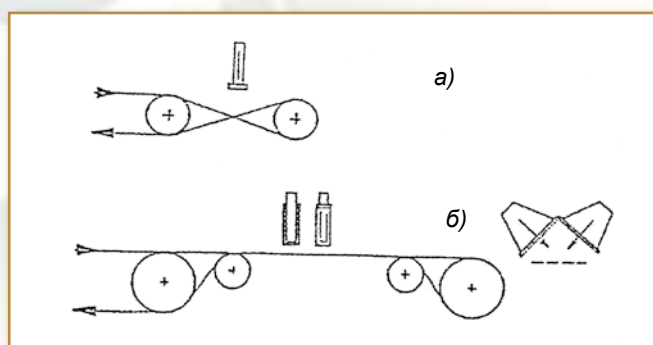
# РАДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В КАБЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

**И.Б. Пешков**, д-р техн. наук,  
президент Ассоциации «Электрокабель»;  
**Э.Э. Финкель**, д-р техн. наук,  
гл. научный сотрудник ОАО «ВНИИКП»

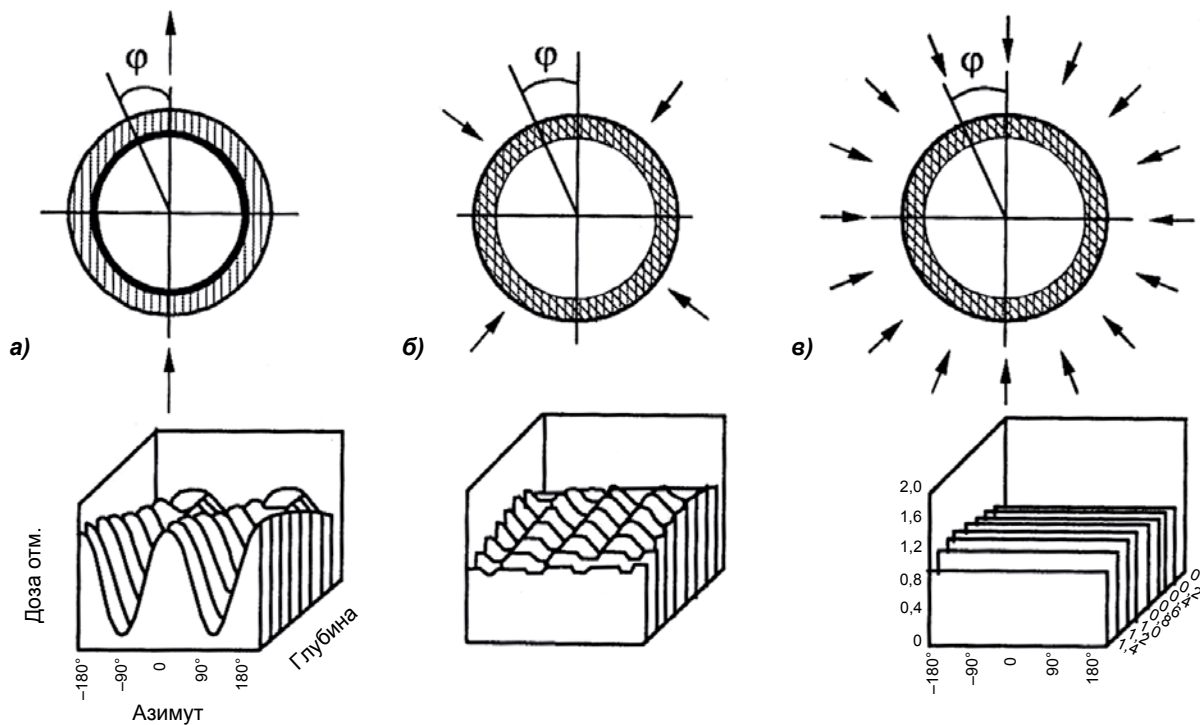
В конце 50-х – начале 60-х годов ВНИИКП совместно с рядом научных организаций Российской академии наук (РАН) и химической промышленности был выполнен комплекс работ по использованию радиационной технологии в кабельной технике [1]. В этом комплексе прежде всего следует выделить разработку и организацию производства ускорителей электронов, проведенную Институтом ядерной физики Сибирского отделения АН СССР. Эти ускорители непрерывно совершенствовались и в настоящее время достаточно надежны и просты в эксплуатации. Особое внимание пришлось уделить созданию новых кабельных композиций на основе полиэтилена, не только обладающих повышенной нагревостойкостью и радиационной стойкостью, но и сохраняющих в процессе эксплуатации высокие физико-механические и электрофизические характеристики. При этом начальным этапом работ, связанных с созданием и последующим внедрением в производство новых композиций, было развитие принципов термостабилизации радиационно сшитых полимеров. Эта работа была выполнена ВНИИКП совместно с НИФХИ им. Л.Я. Карпова, институтом «Пластполимер» и Институтом химии и технологии полимеров им. В.А. Каргина. Одновременно были разработаны различные типы оборудования для транспортировки кабельного изделия в зоне излучения с ориентировкой на максимальную равномерность поглощенной дозы облучения по сечению изоляционного или шлангового покрытия кабеля или провода. Ниже несколько более подробно рассматриваются перечисленные аспекты применения радиационной технологии в кабельной технике.

Радиационно-технологические линии, используемые в отечественной практике, представляют собой электронный ускоритель типа ЭЛВ той или иной модификации, оснащенный устройством для транспортировки облучаемого кабельного изделия в зоне пучка электронов от отдающего устройства до приемного. С точки зрения качества выпускаемой кабельной продукции важнейшее значение имеет равномерность (или неравномерность) облучения изоляционного или шлангового покрытия со всех сторон.

По существу, нужно, чтобы в любом элементе объема облученного полимерного материала была поглощена доза излучения не ниже некоторой минимально необходимой, обеспечивающей требуемую степень сшивания материала (так называемая минимальная технологическая доза) [2]. Для этого необходимо применять такие схемы транспортировки кабельного изделия в зоне электронного пучка, которые обеспечивали бы максимальную равномерность облучения. Для этого достаточно широко используется двухстороннее облучение в виде «восьмерки», когда кабельное изделие транспортируется в зоне пучка с помощью двух блоков роликов (рис. 1а). Однако полной равномерности облучения в этом случае не достигается, что малосущественно при обработке тонких изоляционных покрытий. Тем не менее, если толщина изоляции достаточно высока, то лучшие результаты дает применение четырехстороннего облучения, принципиальная схема которого показана рис. 1б. Понятно, что более равномерное распределение поглощенной дозы излучения в покрытии может дать круговое облучение, обеспечить которое пока в полной мере не удалось, хотя принципиальные технические решения имеются. Распределение поглощенной дозы излучения в изоляционном или шланговом покрытии ка-



**Рис. 1.** Схемы технологических линий для различных способов облучения кабельных изделий:  
а) двухстороннее облучение в виде «восьмерки»;  
б) четырехстороннее облучение с помощью двух ускорителей электронов, установленных под углом 45° к плоскости перемотки кабельного изделия

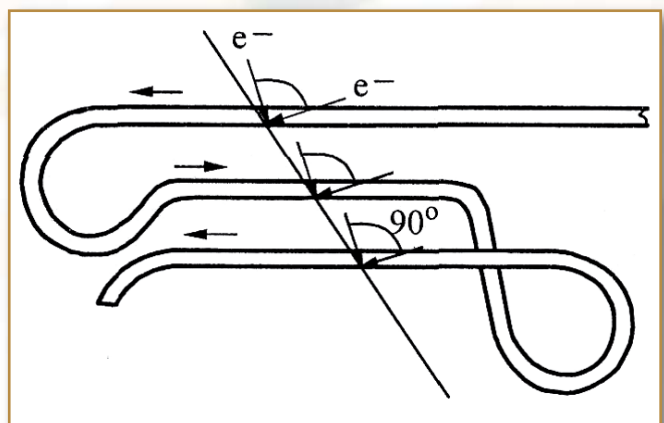


**Рис. 2.** Распределение поглощенной дозы излучения в изоляционном или шланговом покрытии кабельного изделия:  
 а) двухстороннее облучение;  
 б) четырехстороннее облучение;  
 в) круговое облучение

бельного изделия показано на рис. 2. Одновременно с целью более эффективного использования мощности пучка электронов используются различные модификации электромагнитных систем, которые располагаются под выпускным раструбом ускорителя. Оригинальная схема четырехстороннего облучения в последние годы разработана Институтом ядерной физики им. Г.И. Будкера и реализована заводом «Подольсккабель» (рис. 3) [3]. Из рис. 3 видно, что на каждом витке облучаемого изделия верхняя и нижняя поверхности кабеля меняются местами. Траектории электронных пучков перекрещиваются под углом  $90^\circ$ . Поэтому с учетом смены поверхностей облучения и достигается четырехстороннее облучение. Облучаемое кабельное изделие проходит через зону облучения несколько раз. Принцип работы устройства для вывода в подпучковое пространство двух взаимно перпендикулярных скрещенных пучков основан на переключении электронного пучка магнитным полем. Выходящий из ускорителя электронный пучок попадает в постоянное поле двух поворотных электромагнитов, которое изменяет траектории электронов так, что все электроны, проходящие через оба электромагнита, имеют угол с вертикальной осью  $45 \pm 5^\circ$ . При этом конфигурация электромагнитного поля зависит от формы полюсов электромагнитов. Новая технологическая схема не только обеспечила высокую равномерность облучения, но и привела к уменьшению не-

обходимой энергии электронов в 1,5–2,5 раза, что существенно упростило и удешевило используемый ускоритель.

Не секрет, что в настоящее время на повестку дня вышли экологические проблемы, связанные с промышленным производством. Известно, что при электронном облучении в воздухе генерируются озон и окислы азота, которые, взаимодействуя с продуктами радиолитического облучаемого материала, образуют различные газообразные продукты, среди которых имеются и токсичные. Простой выброс этих веществ в окружающую среду, практиковавшийся ранее



**Рис. 3.** Схема четырехстороннего облучения, используемая на заводе «Подольсккабель»

Таблица 1

**Производство бортовых, судовых и монтажных проводов, в том числе с облученной изоляцией в 1978–2005 годах, тыс. км**

Наименование	Годы							Соотношение объемов производства в 2005 и 1990 гг., %
	1978	1983	1985	1990	1998	2000	2005	
1. Кабели судовые	94,3	89,1	98	70,4	2,8	4,6	4,4	6,2
в том числе облученные	0,4	1,1	1,35					
2. Авиапровода	1825	1938	2130	1658	51,3	91,7	124	7,5
в том числе:								
1) бортовые	265	281	300					
из них облученные (БПДО, Э)	27	83	103					
2) специальные монтажные (изд. «К»)	1113	1141	1192					
из них облученные	73,1	128	131					

в кабельной промышленности, сейчас недопустим. Поэтому теперь все промышленные радиационно-технологические установки на кабельных заводах оснащаются системами газоочистки абсорбционно-каталитического типа [4]. Первая такая опытно-промышленная установка, разработанная ОАО «ВНИИКП» и ДФ ВНИИОГАЗ, обеспечивала очистку выбросов в две стадии: первая – абсорбция HCl, HF и NO<sub>x</sub>, вторая – разложение O<sub>3</sub>. Эффективность существующих установок газоочистки находится в пределах 96,0–99,5 %. Таким образом, в кабельной промышленности имеется отработанная технология радиационного модифицирования, достаточно эффективные ускорители и производственные линии на их основе. Накоплен более чем 30-летний опыт эксплуатации. Что же дальше? Этот вопрос является очень острым в связи с теми изменениями структуры потребления продукции, которые произошли на постсоветском пространстве.

Основная номенклатура кабелей и проводов с радиационно-модифицированной изоляцией сводится к следующей:

- бортовые авиационные провода;
- судовые кабели;
- монтажные провода;
- кабели управления;
- кабели для использования в гермозоне АЭС.

В ограниченном объеме радиационная технология использовалась в производстве контрольных и измерительных кабелей, нагревательных проводов и т.д.

Очевидно, что вышеперечисленные кабельные изделия применяются в авиастроении, судостроении, оборонной промышленности. Однако после 1991 года объемы производства кабельных изделий для этих отраслей промышленности резко сократились. Соответствующие показатели для некоторых групп кабельной продукции приведены в таблице. Объемы выпуска кабельных изделий по этим группам снизились в 14–16 раз.

Естественно, что это привело к снижению степени использования линий для производства кабелей и проводов с облученной изоляцией. Заметного увеличения объемов производства у основных традиционных потребителей кабельной продукции не ожидается. Поэтому очевидно, что производителям кабельной продукции приходится искать новые области применения кабелей и проводов с облученной изоляцией. К новым типам такой кабельной продукции относятся:

- кабели для питания погружных электродвигателей, насосов добычи нефти;
- силовые кабели малых сечений низковольтные;
- новые типы кабелей для АЭС и т.п.

Организация производства кабелей таких типов потребует не только технико-экономической проработки, но и создания новых линий радиационного модифицирования на основе ускорителей с энергией электронов 2,5–3,0 МэВ и мощностью в пучке до 100 кВт. Еще большую роль будет играть равномерность облучения всех участков электроизоляционных и шланговых покрытий кабелей и проводов. Поэтому можно констатировать, что возможности применения радиационной технологии в кабельной технике еще не исчерпаны.

ЛИТЕРАТУРА



1. Финкель Э.Э., Миронов Е.И., Овечкина Г.И., Дикерман Д.Н., Миткевич А.С., Мещанов Г.И. Материаловедческие, технологические и экологические аспекты применения электронно-лучевой технологии в электроизоляционной и кабельной технике // Кабельная техника. 1995. № 6.
2. Финкель Э.Э., Мещанов Г.И., Миронов Е.И., Ауслендер В.Л., Салимов Р.А., Спиридонов Г.А. Достижения и перспективы развития электронно-лучевых технологий в электроизоляционной и кабельной технике // Вестник РАДТЕХ-Евразия. Новосибирск. 1999. № 1 (9).
3. Бублей А.В., Ванькин В.Г., Вейс М.Э., Громов Н.И. и др. Усовершенствованный промышленный ускоритель электронов для облучения кабельной изоляции // Кабели и провода. 2004. № 4 (287).
4. Миронов Е.И., Финкель Э.Э., Мещанов Г.И. и др. Повышение экологической безопасности процессов радиационного модифицирования кабельной изоляции // Исследование и производство кабелей и проводов: Сборник научных трудов ВНИИКП. М.: Энергоиздат, 1993. С. 115–122.

