

*М.К. Каменский, канд. техн. наук,
зав. лабораторией ОАО «ВНИИКП»;
И.Б. Пешков, д-р техн. наук, проф.,
председатель Совета директоров ОАО «ВНИИКП»*

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ С ПОВЫШЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

По оценке специалистов службы пожарной безопасности России электрические кабели и провода по основным составляющим пожарной опасности, таких как количество пожаров, размер материального ущерба и число погибших, занимают первое место в ранге пожарной опасности среди электротехнических изделий (таблица 1). Поэтому требования по показателям пожарной безопасности к кабельной продукции становятся все более жесткими.

Если до середины 80-х годов прошлого столетия основным требованием пожарной безопасности было нераспространение горения одиночным образцом кабеля при испытании по стандарту МЭК 332-1 (ГОСТ 12176-76), то в настоящее время Федеральными нормами пожарной безопасности НПБ 248-97 предъявляется широкий комплекс требований. К числу этих требований относятся, в частности, нераспространение горения кабелей, проложенных пучком; нормирование дымообразования и выделения хлористого водорода при горении и тлении; коррозионная активность и токсичность продуктов горения. Для отдельных категорий кабелей, которые должны функционировать в условиях пожара, базовым требованием является огнестойкость. Следует отметить, что практически все требования по пожарной безопасности кабелей в настоящее время в нормативной базе РФ основаны на нормах стандартов МЭК, за исключением требований по токсичности.

Практика показала, что использование на электростанциях и других энерговооруженных предприятиях (металлургических заводах, автозаводах, метро) кабелей общепромышленного назначения, которые удовлетворяют только требованиям по нераспространению горения для одиночного кабеля, было сопряжено со значительным числом ежегодных пожаров, приводящих к большому ущербу. Поэтому в 1984-1986 годах в Советском Союзе ВНИИ кабельной промышленности были разработаны кабельные изделия массового применения, которые не распространяют горение при групповой прокладке в кабельных сооружениях. Первоначально такие кабели и провода применялись на атомных электростанциях, однако затем эти кабельные изделия, удовлетворяющие требованиям стандарта МЭК 332-3, были использованы и в других областях техники. В обозначения марок кабелей такого типа введен индекс «НГ».

Таблица 1

Ранг пожарной опасности электротехнических изделий

Изделие	Ранг (место) по числу пожаров	Ранг (место) по размеру ущерба	Ранг (место) по числу погибших	Сумма рангов (мест)	Коэффициент значимости пожарной опасности	Ранг пожарной опасности изделия
Автовыключатель	12	12	13	37	0,11	11
Трансформатор	9	8	8	25	0,16	8
Холодильник	7	6	9	22	0,18	7
Вводный щит	4	3	5	12	0,33	4
Выключатель	5	5	6	16	0,25	5
Кабель, провод	1	1	2	4	1,02	1
Кондиционер	15	16	16	47	0,085	14
Магнитофон, приемник	10	11	10	31	0,13	9
Электроплитка	6	9	3	18	0,22	6
Телевизор	3	4	4	11	0,36	3
Электрокамин	2	2	1	5	0,8	2
Электродвигатель	11	13	12	36	0,11	10
Электросветильник	8	10	7	25	0,16	8
Электроутюг	14	14	14	42	0,095	12
Электробытовая машина	13	7	11	31	0,13	9
ЭВМ	16	15	15	46	0,087	13

Основные пути снижения горючести кабельного изделия, которые используются при конструировании, показаны на рис. 1. Выбор материалов пониженной горючести при конструировании кабелей, не распространяющих горение, является основным техниче-

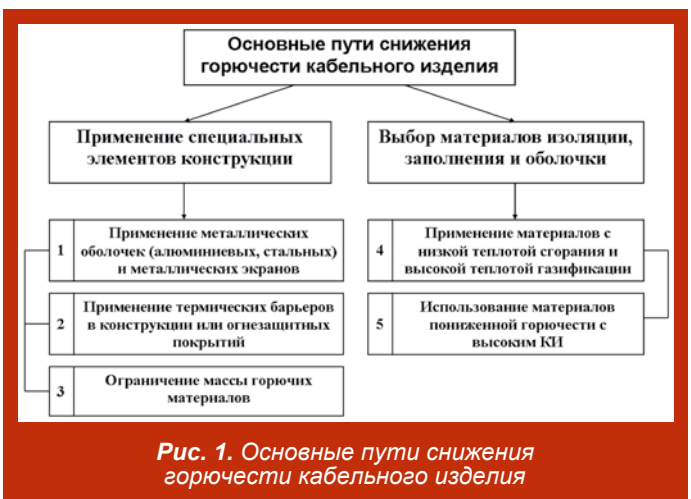


Рис. 1. Основные пути снижения горючести кабельного изделия



Рис. 2. Результаты испытаний кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката с различными значениями $KI_{экв}$ на нераспространение горения

ским приемом, однако с учетом областей применения кабелей и уровня требований по пожарной безопасности все шире используется введение дополнительных элементов конструкции. Особенно это характерно для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена или других горючих изоляционных материалов.

В качестве критерия соответствия кабелей требованиям по нераспространению горения по стандарту МЭК 332-3 (категория A F/R и A F) принято значение эквивалентного кислородного индекса $KI_{экв}$, которое было экспериментально определено для кабелей с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного (ПВХ) пластиката или других галогеносодержащих полимерных материалов. Как видно из данных, приведенных на рис. 2, значение $KI_{экв}$ должно быть не менее 29. Это значение в большинстве случаев достижимо при использовании в качестве оболочки ПВХ-композиции с кислородным индексом 32 и более.

Значение эквивалентного кислородного индекса для кабелей определяется как

$$KI_{экв} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot KI_i}{\sum_{i=1}^n V_i},$$

где, V_i – объем i-го материала в кабеле, л/м; n – число полимерных материалов в конструкции кабеля; KI_i – кислородный индекс i-го материала.

Рассчитанные значения $KI_{экв}$ и сам критерий $KI_{экв}$ характерны для кабелей с оболочкой из ПВХ-пластиката с высокими значениями выделения хлористого водорода при горении ($\geq 24\%$). При использовании безгалогенных полимерных композиций и ПВХ-пластикатов с низким выделением хлористого водорода при горении этот критерий является недостаточным. Здесь должна использоваться совокупность других параметров, характеризующих горючесть материалов.

Кабели исполнения «НГ» изготавливались в СССР и СНГ в течение 18 лет, их объем производ-

ства в конце 80-х годов достигал 30 тыс. км/год. Для производства кабелей этого типа ежегодно использовалось около 7 тыс. т ПВХ-пластиката. Производство таких кабелей хотя и в значительно меньших объемах продолжается до сих пор, однако на смену этим кабелям быстро приходят современные типы кабелей, не распространяющих горение.

В конце 90-х годов, в связи с широким использованием в СНГ микропроцессорной техники, компьютеризацией технических процессов и офисных помещений возникла проблема снижения коррозионной активности продуктов дымо-газовыделения при горении кабелей. Выделение большого количества дыма при горении кабелей с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией стало препятствием для использования средств пожаротушения. Поэтому наряду с созданием специальных полимерных композиций, не содержащих галогенов, была поставлена задача максимально улучшить ПВХ-композиции с целью обеспечения снижения дымообразования и выделения хлористого водорода при горении.

Фирмой «Проминвест Пластик» (Украина) и ВНИИ кабельной промышленности были разработаны три типа композиций пониженной пожарной опасности для изоляции, заполнения и оболочки для новой се-

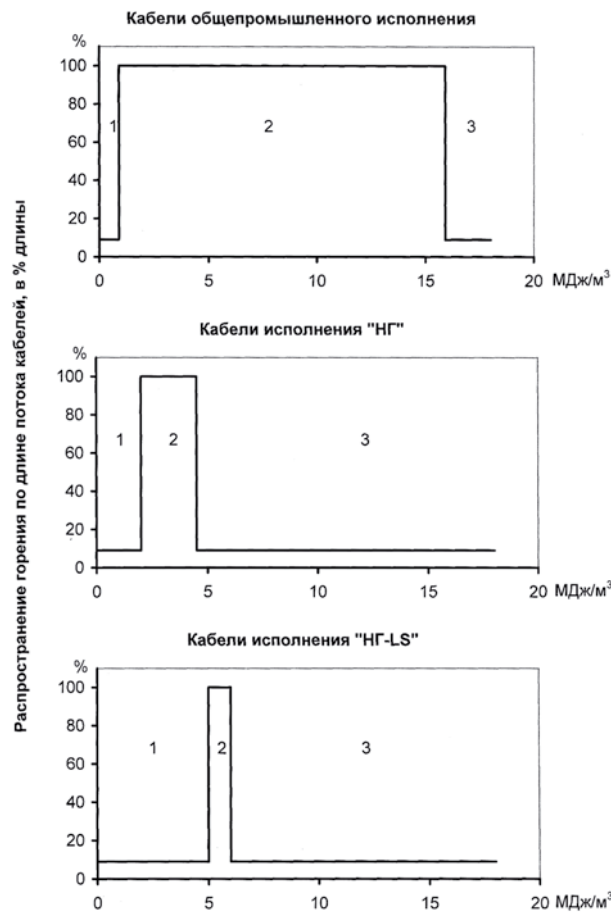


Рис. 3. Зависимость распространения горения от пожарной нагрузки в кабельном сооружении

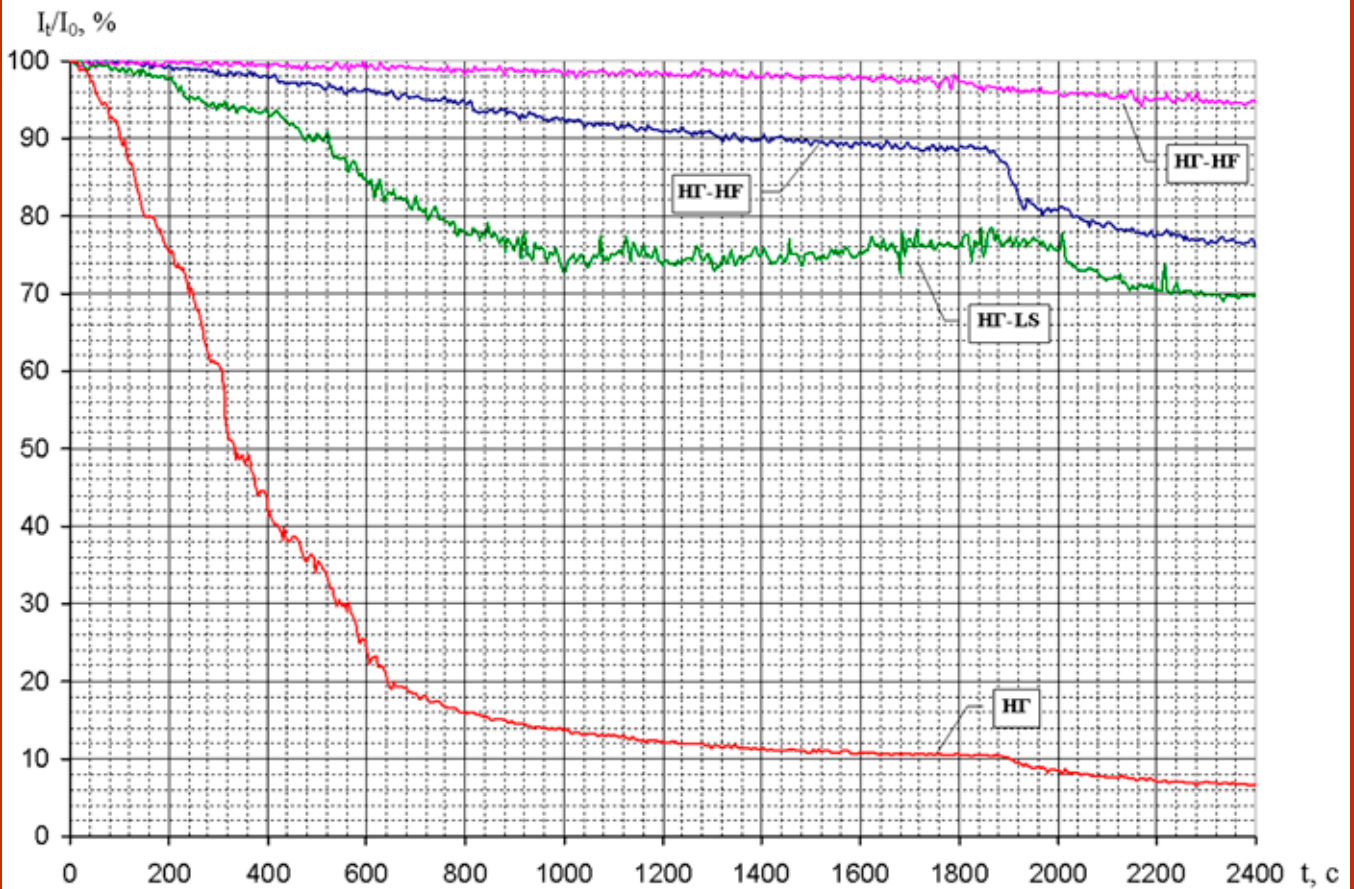


Рис. 4. Изменение интенсивности светового потока при испытании кабелей различных типов на оптическую плотность дыма при горении

рии кабелей, не распространяющих горение с пониженным дымо- и газовыделением. По основным показателям эти материалы соответствуют стандартным пластикатам, рекомендованным МЭК 60502-1, но при этом имеют лучшие показатели морозостойкости, что имеет принципиальное значение для условий применения кабельной продукции в России. Эти композиции по сравнению с традиционно используемыми аналогичными материалами имеют более высокие значения кислородного индекса; пониженные параметры дымообразования при низких значениях массовой доли хлористого водорода, выделяющегося при горении; меньшую удельную теплоту сгорания. В обозначениях кабельной продукции с применением новых композиций пониженной пожарной опасности используется индекс «НГ-LS» (LS – low smoke).

Для кабелей, предназначенных для эксплуатации в сооружениях с закрытым объемом, например кабельные коммуникации в метро, в жилых и общественных зданиях, нормирован показатель токсичности продуктов горения по ГОСТ 12.1.044. При горении ПВХ-композиций выделяются такие токсичные вещества, как CO, CO₂, HCl, альдегиды, фенолы. Установлено, что эти композиции, применяемые для кабелей типа «НГ-LS», относятся по показателю «токсичность продуктов горения» к группе

малоопасных веществ, что позволило согласовать с надзорными органами применение этих кабелей в московском метрополитене.

Благодаря низкой дымообразующей способности новых ПВХ-композиций изоляции и оболочки кабелей «НГ-LS» указанные кабели удовлетворяют стандартам МЭК 61034-2 по оптической плотности дыма при испытании в режимах горения и тления. На рис. 4 показано изменение интенсивности светового потока при испытаниях кабелей типа «НГ-LS» в камере объемом 27 м³. Испытания проводились в сравнении с ранее широко используемыми кабелями типа «НГ», а также кабелями типа «НГ-НФ» с использованием композиций, не содержащих галогенов (HF – halogen free). Из рис. 4 видно, что кабели типа «НГ-LS» по показателю «оптическая плотность дыма» значительно превосходят кабели типа «НГ», соответствуя современным требованиям, хотя и уступают кабелям типа «НГ-НФ». Широко применяемые до сих пор кабели типа «НГ» относятся к, так называемым, «высокодымным» кабелям и стандарту МЭК 61034-2 не соответствуют. Кабели типа «НГ-LS» включают в себя силовые кабели на напряжение до 6 кВ, включительно, контрольные кабели, кабели управления и малогабаритные и все шире используются потребителями. Номенклатура таких кабельных изделий непрерывно расширяется.

Таблица 2

Показатели коррозионной активности продуктов горения безгалогенных материалов

Наименование показателя	Нормированные значения	Метод испытания
Выделение галогеносодержащих газов в пересчете на HCl, %	≤ 0,5	МЭК 60754, часть 1
Проводимость водного раствора с адсорбированными газами, мС/мм	≤ 10	МЭК 60754, часть 2
Кислотное число pH	≥ 4,3	МЭК 60754, часть 2

Использование не распространяющих горения кабелей исполнения «НГ-LS» позволяет значительно снизить риск пожара в кабельных сооружениях, о чем свидетельствуют результаты огневых испытаний кабельных потоков, проложенных в кабельном туннеле, представленных на рис. 3. Из приведенных графиков видно, что область 2, в которой пожарная нагрузка является критичной и при которой происходит распространение горения, для кабелей исполнения «НГ-LS» весьма незначительна. Это свидетельствует о том, что при прокладке таких кабелей в большинстве случаев применение дополнительных мер по огнезащите не требуется.

Для ряда отраслей техники требуются кабели и провода, не выделяющие при пожаре хлористый водород. В первую очередь это относится к атомным электростанциям, где пожар на одном блоке может привести к выходу из строя всей аппаратуры управления на соседних блоках, в результате воздействия выделяющихся коррозионно-активных газов. В настоящее время ОАО «ВНИИКП» совместно с кабельными заводами создана серия силовых, контрольных и специальных типов кабелей, предназначенных для эксплуатации в гермозоне атомных электростанций.

Отличительной особенностью кабелей безгалогенных является то, что полимерные материалы для изоляции, оболочки и других элементов конструкции при горении выделяют галогеносодержащие газы в пересчете на HCl в количестве не более чем 5 мг/г. При этом для них установлены показатели коррозионной активности продуктов дымо- газовой выделения по стандарту МЭК 60754, часть 2, которые приведены в таблице 2.

Фактически измеренные значения проводимости водного раствора с адсорбированными газообразными продуктами горения для материалов изоляции и оболочки кабелей российского производства составляют 4,5-8,5 мС/мм, а pH – 5,0-6,2.

Основные типы не содержащих галогенов кабелей, освоенные в производстве на российских кабельных заводах и уровень достигнутых показателей по нераспространению горения представлены в таблице 3.

В таблице 3 огнестойкие кабели, эксплуатация которых продолжается в условиях пожара, имеют индекс FRHF (FRHF – flame retardans halogen free).

В таблице 4 приведено сравнение некоторых характеристик не распространяющих горение кабелей типов «НГ-LS» и «НГ-HF».

Из приведенных данных видно, что нераспространение у кабелей «НГ-LS» достигается по самым высоким нормативам (стандарт МЭК 60332-3, категория A F/R), в то время как у основной группы безгалогенных кабелей малых сечений гарантированы нормы по стандарту МЭК 60332-3, категория A F, а для кабелей больших сечений (50 мм² и выше) – только категория B.

Показатели коррозионной активности по стандарту МЭК 60754-2 гарантированы только для кабелей, не содержащих галогенов.

Хотя показатели дымовыделения у обоих типов кабелей соответствуют стандарту МЭК 61034, ч. 2, однако у кабелей типа «НГ-HF» уровень гарантированных показателей выше.

Таблица 3

Основные типы не распространяющих горение и огнестойких отечественных кабелей, не содержащих галогенов

Наименование кабеля	Обозначение марок кабеля	Нормированные характеристики нераспространения горения и огнестойкости
		МЭК 60332-3-22, категория A F
Кабели силовые на напряжение до 0,6/1 кВ (ТУ 16.К71-304-2001)	ППГнг-HF ПБПнг-HF ПвПГнг-HF ПвБПнг-HF	МЭК 60332-3-22, категория A F для кабелей сечением жил до 35 мм ²
		МЭК 60332-3-23, категория B – для кабелей с сечением жил больше 35 мм ²
Кабели контрольные (ТУ 16.К71-304-2001)	КППГнг-HF КППГЭнг-HF	МЭК 60332-3-22, категория A F
		МЭК 60332-3-22, категория A F
Кабели контрольные термо- радиационностойкие (ТУ 16.К71-320-2002)	КПоПЭнг-HF КПоЭПЭнг-HF КПоПЭнг-FRHF КПоЭПЭнг-FRHF	МЭК 60332-3-22, категория A F
		МЭК 60332-3-22, категория A F МЭК 60331-23, 90 мин.
Кабели измерительные термо- радиационностойкие (ТУ 16.К71-307-2001)	КПЭТИнг-FRHF	МЭК 60332-3-23, категория B МЭК 60331-23, 30 мин.

Таблица 4

Сравнение характеристик кабелей типов «НГ-LS» и «НГ-HF»

Наименование характеристик кабеля	Значения характеристик	
	типы исполнения кабелей	
	«НГ-LS»	«НГ-HF»
1. Не распространяющие горения при прокладке пучком по МЭК 60332-3, МЭК 60332-3	категории A F/R A F	категории A F B
2. Оптическая плотность дыма при испытании по МЭК 61034-1. Сохранение светопропускания, %	68-75	80-90
3. Коррозионная активность газообразных продуктов горения: – выделение HCl, % – проводимость водного р-ра, мС/мм – кислотное число pH	≤ 15 – 3,2-3,5	≤ 0,5 4,5+8,5 5,0+6,2
4. Токсичность по ГОСТ 12.1.044, HCl ₅₀	$\frac{130 - 169}{MO}$	$\frac{51}{YO}$

MO – малоопасные по токсичности
YO – умеренно опасные

В настоящее время силовые и контрольные кабели исполнения «НГ-LS» примерно в 2 раза дороже кабелей общепромышленного исполнения, а кабели исполнения «НГ-HF» – в 3,5-4 раза, хотя по мере увеличения объемов потребления кабельной продукции эта разница в цене по сравнению с кабелями общепромышленного применения будет сохраняться.

С учетом достигнутого уровня показателей пожарной опасности и эксплуатационных свойств кабелей нового поколения в России нормированы некоторые области их применения. В таблице 5 показано, что кабели исполнения «НГ-LS» уже имеют более широкие области применения, чем кабели типа «НГ-HF» и кабели огнестойкого исполнения на основе безгалогенных материалов и термических барьеров из слюдосодержащих лент.

Дальнейшее развитие производства всех типов кабелей с улучшенными показателями пожарной опасности сдерживается неразвитостью нормативной базы по применению кабелей. Отсутствие федеральных норм, определяющих применимость не содержащих галогенов и огнестойких кабелей, препятствует созданию отечественных безгалогенных кабельных композиций и кабелей широкого использования на их основе.

Из таблицы 5 очевидно также, что требуется разработка федеральных норм и правил по применению кабелей, не содержащих галогенов и огнестойких в областях, обозначенных пунктиром. Применение указанных кабелей в этих областях в европейских странах определено как национальными нормами, так и гармонизированными документами комитета по стандартизации в области электротехники и директивами Европарламента.

Таблица 5

Области применения кабелей нового поколения с улучшенными показателями пожарной безопасности



Таким образом, можно констатировать следующее:

- освоено отечественное промышленное производство кабелей серии «НГ-LS» с улучшенными показателями пожарной безопасности на базе ПВХ-композиций с пониженным дымо- и газовыделением;
- согласованы области применения кабелей для объектов атомной энергетики, метрополитенов, жилых и общественных зданий;
- для систем атомных электростанций, расположенных в гермозоне, освоено производство кабелей на основе полимерных композиций, не содержащих галогенов;
- на основе кабелей, не содержащих галогенов, созданы огнестойкие кабели для систем безопасности АЭС; в качестве термического барьера в огнестойких кабелях используется слюдосодержащая лента;
- дальнейшее развитие производства кабелей, не содержащих галогенов, и кабелей огнестойкого исполнения сдерживается отсутствием в России федеральных норм и правил по применению кабелей этих типов.

ЛИТЕРАТУРА



1. Крупные пожары: предупреждение и тушение. Материалы XVI научно-практической конференции. – 41.-М.: ВНИИПО-2001. – с. 150-152.
2. Нормы пожарной безопасности. Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний. НПБ 248-97. М., 1998. 31 с.
3. М.К. Каменский, Ю.В. Образцов, А.А. Фрик. Новое поколение электрических кабелей с улучшенными показателями пожарной безопасности. // «Кабели и провода». 2002, № 6 (277), с. 19-20.
4. И.Б. Пешков и др. Перспективы промышленного производства в России пожаробезопасных безгалогенных кабелей для АЭС. // «Кабели и провода». 1998, № 3-4 (254-255), с. 4-8.
5. Г.И. Мещанов и др. Результаты экспериментальных исследований кабелей, не распространяющих горение, в реальных условиях прокладки // «Электротехника»
6. (two copies). 1998, № 12, с. 44-48.
7. Стандарт Великобритании. BS5839-1/2001. Системы пожарной сигнализации. – Часть 1. Конструирование, установка и обслуживание систем.



Проблемы
повышения
качества
продукции...

сертификации
производства...

экономии
материалов...

Россия, 634034, Томск, а/я 409
Тел. (3822) 55-80-03
E-mail: ermis@mail.tomsknet.ru
Http://www.ermis.tomsk.ru

Пора внедрять системы
контроля! Доверьте это
специалистам.

Мы готовы поделиться
нашим многолетним
опытом.



Наши приборы
успешно применяют
более 300 предприятий.
Наши специалисты
участвуют в наладке
систем контроля
на десятках заводов.

Наша работа –
рациональное решение
проблем кабельного
производства.



Мы изучим на месте
нюансы Вашего
производства.
Мы найдем наилучшее
решение на основе
наших или любых других
приборов. Или сделаем
новый прибор для
конкретной задачи.



Мы говорим
на одном языке!