

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЭМАЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА

Принятый в 2002 г. Федеральный закон «О техническом регулировании» дал эффект, не соответствующий замыслу его разработчиков. При принятии закона предусматривалось, что государственные стандарты на продукцию (ГОСТы) будут носить рекомендательный характер, а предприятия будут поставлять продукцию по своим техническим условиям (ТУ) или спецификациям, требования в которых не ниже, а скорее всего выше предусмотренных в стандарте.

Однако реалии российской действительности оказались другими.

Предприятия, работавшие до введения закона в действие в жестких рамках ГОСТов и ТУ, получили достаточную степень свободы при установлении перечня и уровня параметров выпускаемой продукции. В то же время жесткая конкуренция в условиях рыночной экономики в большинстве случаев устанавливает в качестве определяющего фактора цену, поэтому многие поставщики идут на снижение уровня технических требований выпускаемой продукции. Как правило, на такой шаг вынуждены идти предприятия, отстающие в уровне технического развития и организации производства. Это дает им возможность снизить себестоимость продукции и некоторое время продержаться на рынке.

Сложившаяся ситуация относится не только к производству эмалированных проводов. Еще в большей степени она характерна и для области низковольтных кабелей и проводов электроэнергетического назначения.

Это приводит к снижению технического уровня продукции и качества работ, выполняемых потребителями. В частности, снижение требований к изготавливаемой продукции непосредственно сказалось на электромашиностроительной отрасли электротехники. Это явилось одной из причин снижения конкурентоспособности и падения объемов производства электрических машин, уменьшения количества новых высокотехнологичных разработок в этой области. По существу, нишу высокотехнологичных электродвигателей после распада Советского Союза заняли иностранные поставщики.

Однако необходимо отметить, что на рынке постепенно формируется спрос на новые высокотехнологичные марки эмалированных проводов, по своим параметрам превосходящих требования действующих ГОСТов и ТУ. Потенциальные зарубежные потребители также предъявляют к эмалированным проводам повышенные требования, которые иногда могут быть определяющими. В этом случае позитивный потенциал закона о техническом регулировании позволяет предприятию самостоятельно разрабатывать технические условия на продукцию, соответствующую требованиям заказчика. При этом улучшенные показатели эмалированных проводов, их расширенный перечень не нужны всем потребителям. Подавляющему большинству по-прежнему, в первую очередь нужна низкая цена.

Если предприятия, производящие эмалированные провода, хотят сохранить свои позиции на рынке, иметь перспективу

развития, уверенно противостоять внутренним и внешним конкурентам, необходимо учитывать данные тенденции.

В значительной степени решению этой задачи препятствует сложившаяся система нормативно-технической документации на эмалированные провода. В настоящее время продолжают действовать ГОСТы и ТУ на конкретные марки проводов, разработанные еще в советское время и во многом не отвечающие современным требованиям. В качестве примера в табл. 1 приведены сравнительные данные отечественных и международных норм на эмалированный провод с температурный индексом 155 (тип 2), имеющий диаметр проводника 1,00 мм, а также современные требования заказчиков к этому проводу.

Такое положение лишает потребителей информации о возможностях предприятий-изготовителей по выпуску проводов с расширенным набором технических требований или с характеристиками, улучшенными по сравнению со стандартными. В результате возникает необходимость новой разработки со всеми требующимися формальностями (разработка и согласование технического задания, изготовление и испытания опытных партий, разработка новых ТУ и т.д.). Срок проведения такой работы не менее двух лет, а стоимость достаточно высока. В ряде случаев потребитель вместо того, чтобы дожидаться результатов этой разработки, заказывает провод с необходимыми параметрами у зарубежного поставщика, что означает проигрыш отечественного производителя в конкурентной борьбе.

Вместе с тем ряд предприятий, в том числе ОАО «Завод «Микропровод», имеют производственную базу, позволяющую выпускать эмалированные провода с техническим уровнем, соответствующим, а в ряде случаев и превышающим современный мировой уровень.

Для того, чтобы снять этот барьер на пути продвижения на рынок высокотехнологичной отечественной продукции, предлагаются следующие направления совершенствования системы нормативно-технической документации на эмалированные провода.

На первом этапе необходима разработка ГОСТа типа общих технических условий (ОТУ), полностью учитывающего требования международных стандартов (МЭК, BS, VDE и др.). При разработке электротехнических изделий конструктор ориентируется в первую очередь на нормативную документацию и, соответственно, в случае, если ее технический уровень соответствует мировому, вероятность принятия решения в пользу отечественного производителя существенно повышается. В том случае, если в ГОСТе типа ОТУ заложены требования современных международных стандартов, потребитель может правильно оценить возможности отечественных производителей эмалированных проводов.

Второй этап – это разработка ТУ или спецификаций на поставку эмалированных проводов, в которых не только отражены нормы ГОСТа типа ОТУ, но и повышенные по

Таблица 1

Сравнительные данные по техническим требованиям к эмалированному проводу

Параметры	МЭК 317-3	ТУ 16.К71-160-92	Фактические требования заказчиков
Допуск на размер проводника	±0,010	±0,010	±0,005
Диапазон диаметров	0,02–5,00	0,06–2,50	0,020–5,00
Диаметральная толщина изоляции (минимальная)	0,063	0,05	–
Наружный диаметр (максимальный)	1,094	1,093	В соответствии с заказом
Относительное удлинение	> 30	> 30	> 42
Упругость, °	< 45	< 43	< 30
Эластичность		+	+
Стержень 1 d, растяжение	+		
Адгезия рывком	+	+	+
Тепловой удар			
Диаметр стержня	2,24	3	В соответствии с заказом
Температура	220 °С	220 °С	
Пробивное напряжение V при повышенной температуре	5000 3800	4900 –	7500
Точечные повреждения	< 5	–	< 5
Температурный индекс, °С	155	155	
Тангенс дельта, > °С	–	–	нормирование
Микротрещины	3	–	3
Промежуточные диаметры	+	+	+
Электросопротивление (справочно)	+	+	нормирование
Механическая прочность 0,23	Ср. 11,3 Мин. 9,6	10,4 8,8	> в соответствии с заказом
Термопластичность, °С	240	240	240
Стойкость к растворителям	+	+	+
Ресурс 230 С	+	+	+
Самосмазывающий эффект	–	–	+
Стойкость к коронному разряду	–	–	+

сравнению с этим стандартом или дополнительные специфические требования.

Если возможность свободного выбора заказчиком повышенных или дополнительных требований оценить, как некую «свободу», то поставщик эмалированных проводов должен жестко выполнять эти требования при поставке продукции. В частности, в ОАО «Завод «Микропровод» этот алгоритм действий определяется как «жесткая свобода». Естественно, что предъявленные требования подлежат обязательному согласованию между потребителем и производителем. При этом оценивается необходимость введения этих требований в ТУ, величина того или иного показателя, метод испытаний.

Естественно, что предприятие-поставщик эмалированных проводов должно оценивать свои возможности и проводить постоянную, системную работу по оценке уровня параметров и стабильности технологии производства своей продукции. Необходимо отметить, что у каждого предприятия эти показатели будут различными, что в конечном итоге отражает технический уровень производства и его конкурентоспособность.

При проведении работы с конкретным заказчиком допускается свободный выход за границы нормативных документов при наличии соответствующих, технически обоснованных требований заказчика и одновременно устанавливаются более жесткие нормативы соблюдения параметров. Данный тезис носит принципиальный характер, так как не допускается одностороннее ухудшение параметров поставщиком эмальпроводов, но приветствуется их улучшение. Для проведения работы по адаптации конструкции эмалированного провода применительно к требованиям, необходимым для конкретного электротехнического изделия, в ТУ может быть изменен ряд параметров.

В качестве иллюстрации рассмотрим вышеуказанные принципы на примере согласованных с потребителем, на основании его требований, параметров эмалированного провода диаметром 1,00 мм (Использованы статистические данные ОАО «Завод «Микропровод» для различных типов электроизоляционного покрытия).

ГЕОМЕТРИЯ ТОКОПРОВОДЯЩЕЙ ЖИЛЫ

Статистически устанавливается и записывается в техническую документацию достижимая технологией поставщика стабильность диаметра проводника (табл. 2). Потребитель выбирает необходимые ему допуски в пределах установленных документом поставщика отклонений от номинала.

Таблица 2

Требования к геометрии проводника

Номинальный диаметр проволоки, мм	Допуск на диаметр (±Δ), мм	
	▲, предлагаемый, в ТУ поставщика	▲ по существующему ГОСТу типа ОТУ
1,000	0,004	0,010

ГЕОМЕТРИЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ

Статистически устанавливается и записывается в техническую документацию достижимая технологией поставщика стабильность толщины электроизоляционного покрытия (табл. 3). Абсолютная толщина электроизоляционного покрытия не оговаривается, как это предусмотрено в действующих ТУ типами 1, 2 или 3. Потребитель выбирает любую, оптимальную для него толщину электроизоляционного покрытия в пределах предлагаемых поставщиком.

Таблица 3

Требования к геометрии электроизоляционного покрытия

Номинальный диаметр, мм	Допустимый допуск по толщине изоляции, мм	Толщина изоляции, мм	
		Минимальная	Максимальная
1,00	0,014	0,034	0,124

ПРОБИВНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ

Статистически устанавливается и записывается в техническую документацию величина пробивного напряжения электроизоляционного покрытия, достижимая технологией поставщика. Величина пробивного напряжения, приведенная в табл. 4, установлена, исходя из статистических данных предприятия.

Таблица 4

Требования к пробивному напряжению

Номинальный диаметр, мм	Пробивное напряжение для проводов с различными видами изоляции ($U_{пр}$), кВ			
	Полиэфир модифиц.	Полиуретан	Полиэфиримид	Полиэфиримид+полиамидимид
1,00	5,1–18,6	5,1–18,6	5,44–19,84	5,78–21,08

ПРОБИВНАЯ НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Как будет показано ниже, для расчета конструкции эмалированного провода необходимо знать пробивную напряженность $E_{пр}$ электрического поля в изоляции проводов. Ее значение целесообразно приводить в ТУ предприятия-изготовителя в качестве справочных данных.

Средние значения $E_{пр}$, полученные путем деления фактического значения пробивного напряжения на фактическую толщину изоляционного покрытия для эмалированных проводов с различными видами изоляции, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Пробивная напряженность электрического поля для проводов с различными видами изоляции

Диапазон диаметров, мм	Пробивная напряженность электрического поля ($E_{пр}$), кВ/мм			
	Полиэфир модифиц.	Полиуретан	Полиэфиримид	Полиэфиримид+полиамидимид
0,425–1,000	150	150	160	170

Для более точного определения значений $E_{пр}$ необходимо учитывать ряд факторов.

Во-первых, на предприятии-изготовителе эмалированного провода статистика набирается в нормальных условиях окружающей среды и при воздействии электрического поля на две среды: электрическая изоляция и воздушный промежуток между проводниками испытательного образца. В реальных условиях эксплуатации эмалированного провода в электрическом поле присутствуют различные среды: воздух, пары воды, различные типы пропиточных материалов, слоистые электроизоляционные материалы и др. Каждый из этих материалов имеет свою диэлектрическую проницаемость и по-разному воздействует на формирование процессов электрического пробоя между проводниками.

Во-вторых, $E_{пр}$ не является постоянной величиной и изменяется при изменении толщины электроизоляционного покрытия проводника. При снижении толщины электрической

изоляции $E_{пр}$ увеличивается. Кроме того, при снижении диаметра провода расчет пробивной напряженности путем деления пробивного напряжения на толщину электрической изоляции не является строгим, т.к. необходимо учитывать изменение соотношения электроизоляционного покрытия и меди в поперечном сечении эмалированного провода тонких сечений в пользу электроизоляционного покрытия. Исследования и расчет электрических полей при испытаниях эмалированных проводов приведены в [1].

Указанные в табл. 2–5 параметры в большинстве случаев являются определяющими для разработки конструкции эмалированного провода, адаптированного к требованиям конкретного электротехнического изделия.

Рассмотрим пример расчета конкретной конструкции эмалированного провода, заказываемого для электрической машины с рабочим напряжением 220–380 В. Диаметр провода – 1 мм; испытательное напряжение обмотки $U_{исп} = 5000$ В; рабочая температура – до 155 °С. Для этой рабочей температуры необходим провод с полиэфиримидной изоляцией. Пробивная напряженность электрического поля для этого провода $E_{пр} = 160$ кВ/мм (табл. 2). Следовательно, диаметральная толщина электроизоляционного покрытия равна:

$$U_{исп} / E_{пр} = 0,03125 \text{ мм.}$$

Округляем до 0,032 мм. Для обеспечения технологического запаса электрической прочности устанавливаем минимальную толщину электроизоляционного покрытия 0,034. Допуск на покрытие 0,014 мм.

В результате получаем следующую конструкцию эмалированного провода:

- температурный индекс 155;
- диаметр токопроводящей жилы $1,00 \pm 0,004$ мм;
- максимальный диаметр провода $1,00 + 0,032 + 0,014 = 1,046$ мм;
- минимальный диаметр провода 1,034 мм;
- средний диаметр, принимаемый при расчете конструкции электрической машины 1,040 мм;
- отклонение от среднего значения толщины электроизоляционного покрытия 0,007 мм.

Если в результате расчета параметры заказываемого провода укладываются в рамки диапазонов, приведенных в ТУ предприятия-изготовителя, то эти значения оговариваются в спецификации к договору поставки. Если значения параметров выходят за установленные пределы, то принимается решение либо об уточнении ТУ, либо о необходимости корректировки исходных данных.

На рис. 1 приведена диаграмма, позволяющая сравнить конструкцию эмалированного провода диаметром 1,00 мм, соответствующую действующим ТУ на эмалированный провод с полиэфиримидной изоляцией, с конструкцией провода для трех типов электротехнических изделий, рассчитанной в соответствии с предлагаемой методикой.

Температурный индекс и конкретная конструкция электроизоляционного покрытия определялась требованиями заказчика.

Допуск 0,043 мм на диаметр по электроизоляционному покрытию в соответствии с действующими ТУ и 0,015 мм в соответствии с базовой конструкцией имеют принципиальное отличие. В соответствии с действующими ТУ изготовитель имеет, и реализует фактически, право изготавливать эмалированный провод с электроизоляционным покрытием во всем данном диапазоне (0,043 мм). Заказчик вынужден использовать данную продукцию, даже если она не является оптимальной для конкретного электротехнического изделия. В соответствии с базовой

конструкцией изготовитель демонстрирует возможность изготавливать продукцию с допуском электроизоляционного покрытия 0,015 мм, при этом конкретная толщина покрытия выбирается в соответствии с приведенной выше методикой оптимально для конкретного электротехнического изделия.

Из рис. 1 следует, что для низковольтного изделия толщина электроизоляционного покрытия для базовой конструкции вписывается в габариты, предусмотренные типом 1 действующих ТУ, но допуск на толщину покрытия более чем в 2 раза меньше; для высоковольтного изделия толщина электроизоляционного покрытия больше предусмотренного типом 2 действующих ТУ, а допуск в 2,87 раза меньше.

Исходя из данных расчетов видно, что для конкретного заказчика в согласованной с поставщиком спецификации может быть установлен более низкий уровень пробивного напряжения по сравнению с ГОСТ ОТУ, но уровень пробивного напряжения электрического поля электроизоляционного покрытия окажется выше, чем это следует из анализа международных требований (например, приведенных в табл. 1).

Как правило, запросы потребителя не ограничиваются представленными в примере расчета тремя параметрами. В зависимости от потребности заказчика в совместно согласованной документации ужесточаются и нормируются имеющиеся в действующих ТУ параметры.

Например, может нормироваться омическое сопротивление проволоки, устанавливаться повышенный уровень относительного удлинения, снижаться уровень упругости

и т.д. Тот изготовитель, который имеет технические возможности, может предложить потребителю полезные дополнительные параметры. К их числу относятся:

- стойкость к коронному разряду;
- повышенная теплопроводность;
- пониженный коэффициент трения;
- жаростойкость;
- нормируемые диэлектрические потери;
- радиационная стойкость;
- водостойкость.

Набор новых параметров у каждого завода будет разным, что также определяет уровень конкурентоспособности каждого предприятия.

Необходимо отметить, что на практике, кроме согласования технических характеристик провода, наиболее передовые потребители могут потребовать согласования типа оборудования для его производства, марок и поставщиков применяемых материалов, основных параметров технологических процессов. В ряде случаев такие потребители проводят собственный аудит системы управления производством и проводят обучение персонала поставщика основам собственной системы управления производством.

В результате использования предлагаемой системы взаимодействия с поставщиком эмалированного провода у заказчика появляется ряд новых возможностей.

Во-первых, он получает информацию о том, какие параметры провода могут быть улучшены по сравнению с нормами ГОСТа типа ОТУ на провода и какие новые, не предусмотренные этим стандартом характеристики, можно нормировать при заказе.

Во-вторых, поскольку действующими сегодня стандартами и ТУ предусмотрено изготовление проводов с геометрией строго в пределах установленных допусков, неизвестно, какие конкретные характеристики будет иметь провод из очередной партии. Поэтому конструкторы электротехнических изделий вынуждены ориентироваться на средние значения геометрических размеров и на минимальное значение пробивного напряжения. По предлагаемой системе потребитель получает провод, в максимальной степени отвечающий предъявляемым требованиям, что позволяет получить электротехническое изделие с оптимальной конструкцией.

И, наконец, если к проводу предъявляются новые требования, внесению изменений в действующие сегодня ТУ должна предшествовать длительная и дорогостоящая работа. В предлагаемой системе эта задача решается значительно проще и эффективнее.

На первый взгляд, предлагаемая система приводит к необоснованному усложнению работы между поставщиком и исполнителем. Логично предположить, что если поставщик эмалированных проводов имеет техническую возможность установить в своей конструкторской документации высокий уровень параметров, то он может поставлять такую продукцию всем потребителям, тем самым обеспечив себе конкурентные преимущества.

Однако необходимо учесть, что достижение высоких значений параметров или введение новых требований требует существенных затрат и соответственно повышает себестоимость производства, но при этом повышенный технический уровень нужен далеко не всем потребителям. Для многих

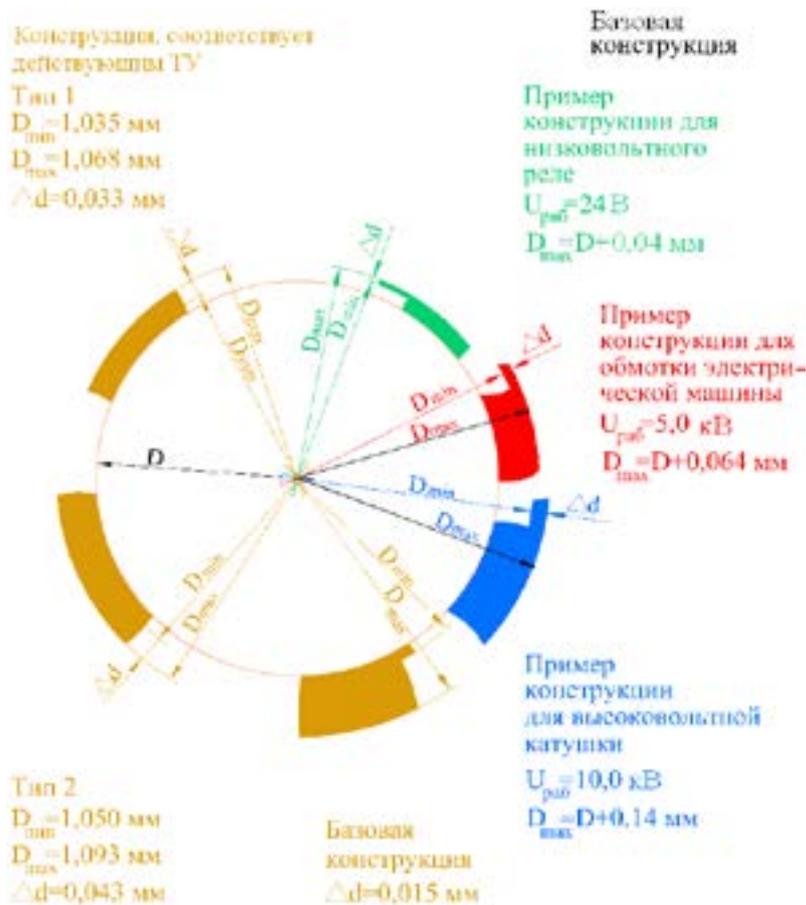


Рис. 1. Диаграмма результатов расчета конструкции эмалированного провода диаметром 1 мм

Тип 1 и Тип 2 соответствует действующим отечественным техническим условиям на эмалированный провод с полиэфиримидной изоляцией.

В качестве «Базовой» обозначена конструкция эмалированного провода принятая в соответствии с предлагаемой методикой

областей применения некоторые параметры будут явно избыточны, хотя для кого-то даже они окажутся недостаточными.

Например, для низковольтных изделий не требуется высокое пробивное напряжение и, соответственно, большая толщина электроизоляционного покрытия. Для низковольтного изделия, подвергающегося высоким механическим воздействиям, необходима большая толщина электроизоляционного покрытия при таком же низком уровне пробивного напряжения. Для высоковольтных изделий необходима максимально достижимая величина пробивного напряжения изоляции. Для некоторых потребителей не принципиальны значения пробивного напряжения и механической прочности, но необходима высокая стабильность омического сопротивления токопроводящей жилы.

Эти четыре примера наиболее характерны, но не отражают всей гаммы запросов потребителей. В условиях конкурентной борьбы высокая себестоимость производства продукции, поставляемой всем, без исключения, потребителям, недопустима; такую продукцию поставщик должен изготавливать только для тех потребителей, кому высокий уровень параметров принципиально важен.

ОАО «Завод «Микропровод» накопил определенный опыт работы по предлагаемой системе: в настоящее время до 15 % от общего объема производства эмалированных проводов выпускается в виде конструкций, адаптированных к требованиям конкретных заказчиков.

Так, например, при поставке продукции компании Bosch (Германия) после длительной совместной работы был сформирован комплекс требований, обеспечивающий качественный выпуск электротехнических изделий. Только после проведения данной работы завод был допущен в качестве поставщика компании.

Для предприятий концерна «Русэлпром» адаптация эмалированного провода к условиям работы импортной намоточной линии позволила получить высокий коэффициент заполнения паза электродвигателя (0,83).

Для завода им. А.М. Тарасова адаптация эмалированного провода к технологии переработки, принятой на заводе, позволила заводу освоить конкурентный европейскому поставщику автомобильный электрогенератор.

В заключение следует сказать, что предлагаемый алгоритм, разумеется, носит рекомендательный характер. Каждое предприятие самостоятельно оценивает возможность использовать предложенные принципы, имея в виду, что их идеология позволяет:

- Устанавливать в технической документации изготовителей эмалированных проводов высокий уровень действующих и набор перспективных параметров по мере готовности обеспечить их нормирование и соблюдение для конкретных потребителей.

- Предоставить наиболее прогрессивным потребителям возможность совершенствования своих изделий за счет применения оптимальных конструкций эмалированных проводов, что обеспечивает прогресс электромашиностроительной отрасли в целом.

- Перевести конкурентную борьбу между производителями эмалированных проводов из чисто ценовой в техническую сферу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пешков И.Б. Теоретическая и экспериментальная разработка методов определения нагревостойкости и срока службы, создание новых нагревостойких и высокопрочных эмалированных проводов: дис. ... док. техн. наук. Специальность 05.09.02. – М.: МЭИ, 1977.

join the best

7– 11 апреля 2014

Дюссельдорф, Германия

Международная выставка проволоки и кабеля

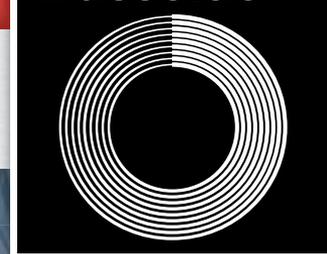
Место встречи: wire 2014 в Дюссельдорфе!

Join the best – добро пожаловать на ведущую международную выставку проволоки и кабеля! Вам больше не придется искать тратить время в поисках последних инноваций в индустрии. Вы все найдете здесь, на самой значимой выставке в мире, где встречаются эксперты, специалисты и ведущие компании со всего мира. **Основной акцент wire 2014:** увеличение использования медной проволоки в сфере автомобилестроения, телекоммуникации и электроники.

Важная дата в Вашем календаре – посещение **wire 2014** в Дюссельдорфе!

wire®

Düsseldorf



www.wire.de



Wire, Cable,
Fibre Optic,
Wire Products
and Machinery



Springmaking



Fastener
Technology



Mesh Welding
Machinery