

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКТИВАМ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ

И.Н. Михайлов (ООО "ЭФО")

Представлен обзор свойств корпусов и несущих конструкций для электронного и электромеханического оборудования, предназначенного для ответственных применений, описанных в регламентирующих национальных документах и стандартах.

Чем сложнее и высокотехнологичнее начинка современного электронного прибора, тем настоятельнее необходимость контролировать его взаимодействие с внешней средой и тем выше требования к корпусу прибора. Корпус должен обеспечивать надежную (в рамках технического задания) изоляцию "начинки" прибора от нежелательных механических, химических и климатических воздействий, а в современных условиях еще и минимизировать уровень нежелательного электромагнитного взаимодействия прибора с внешней средой (один из аспектов понятия электромагнитной совместимости).

Поскольку возможность использования прибора в тех или иных условиях является во всех странах предметом сертификации органами технического надзора, все соответствующие характеристики изделия должны допускать однозначную трактовку. Так должна быть возможность количественного измерения способности корпуса обеспечивать защиту прибора от нежелательных воздействий, а также должны существовать процедуры измерений, позволяющие объективно сравнивать между собой различные виды изделий. И, действительно, такие процедуры существуют и регламентируются национальными стандартами. В настоящее время все национальные стандарты все больше унифицируются вокруг двух систем стандартизации: европейской DIN EN и американско-канадской UL/CSA. Советско-российские ГОСТы также отличались известным своеобразием,

однако в последнее время стандарты системы ГОСТ-Р в области промышленной безопасности стали практически совпадать с соответствующими европейскими стандартами — обстоятельство, значительно упрощающее задачу внедрения импортного оборудования и комплектующих на российский рынок электроники.

В статье приводится непретендующий на исчерпывающую полноту обзор понятий, связанных с регламентацией свойств корпусов и несущих конструкций для электронного и электромеханического оборудования, предназначенного для ответственных применений.

Корпуса оборудования, предназначенного для эксплуатации в тяжелых условиях

Понятие *тяжелые условия эксплуатации* достаточно часто упоминается в связи с оборудованием промышленного назначения. Само по себе оно достаточно широко. Так, понятно, что под бытовое понимание термина подпадает любая аппаратура для применения под открытым небом, в агрессивных средах, любая военная аппаратура, оборудование для морских судов (в особенности палубное) и т.п. Чаще всего, однако, под *тяжелыми условиями эксплуатации* подразумеваются обычные условия заводского цеха, когда основными видами нежелательных воздействий являются случайные удары, выбросы загрязняющих жидкостей и частиц, неквалифицированное обращение, колебания температуры в широких, хоть и не "уличных", пределах и т.п.

Для оценки степени защиты, обеспечиваемой корпусом изделия от проникновения твердых тел и частиц, а также воды, введена так называемая шкала IP (Ingress Protection), в которой защитные характеристики корпуса обозначаются двумя цифрами в формате IP XX. При этом первая цифра означает степень защиты от проникновения внутрь корпуса посторонних предметов и твердых частиц (диапазон изменения от 0 — отсутствие защиты до 6), а вторая — воды (диапазон от 0 — отсутствие защиты до 8 — водонепроницаемость при погружении под давлением более 100 кПа). Расшифровка соответствующих кодов приведена в табл. 1.

Как видно, шкала защитных свойств по IP основана на чисто эмпирических критериях. Это может служить основанием для возникновения недоразумений в практических ситуациях, вплоть до необходимости введения дополнительных "особенных" категорий. Так, например, уже сейчас в приведенную градацию добавлен "особенный" код IP 69K, означающий бук-

Таблица 1. Расшифровка кодов шкалы IP

Защита от посторонних твердых тел, пыли		Защита от воды	
Первая цифра IP(XX)	Вид защиты	Вторая цифра IP(XX)	Вид защиты
0	защиты нет	0	защиты нет
1	от твердых тел размером ≥ 50 мм	1	от капель конденсата, падающих вертикально
2	от твердых тел размером $\geq 12,5$ мм	2	от капель, падающих под углом до 15°
3	от твердых тел размером $\geq 2,5$ мм	3	от капель, падающих под углом до 60°
4	от твердых тел размером $\geq 1,0$ мм	4	от брызг, падающих под любым углом
5	частичная защита от пыли	5	от струй, падающих под любым углом
6	полная защита от пыли	6	от динамического воздействия потоков воды (морская волна)
-		7	от проникновения воды при погружении на определенную глубину и время
		8	от воды при неограниченном времени погружения на определенную глубину

важно гарантию отсутствия просачивания воды и моющих агентов внутрь корпуса при машинной мойке горячей водой под высоким давлением. Эта категория оказывается актуальной для оборудования, предназначенного для эксплуатации на наружной поверхности транспортных средств, а также на объектах пищевой промышленности. Выяснилось, что свойства обычно используемых для обеспечения герметичности прокладок таковы, что даже уплотнители, обеспечивающие газонепроницаемость, не дают стопроцентной гарантии герметичности под высоконапорной струей горячей воды с поверхностно-активными веществами. Иногда приходится встречаться с мнением, что IP 69K есть высшая из возможных степеней защиты. Это не совсем так. Важно понимать, что степень защиты обеспечивается не свойствами какого-то одного элемента корпуса, например, уплотнительной прокладки, а конструкцией в целом. Поэтому повышенная устойчивость к одному типу воздействия не гарантирует повышенной устойчивости "во всем диапазоне воздействий" — в салон автомобиля вода при мойке не проникает (IP 69K!), но затопления он не выдерживает и дорожная пыль в него хоть и минимально, но попадает, то есть по обычной шкале степень защиты не превышает IP 54. Точно так же, сколь угодно высокая степень защиты корпуса по шкале IP не гарантирует защиты прибора от неквалифицированного обращения или вандализма — "против лома нет приема".

Конструктивно корпус с повышенной степенью защиты представляет собой обычно массивную литую коробку из алюминия или ударопрочного армированного пластика (рис. 1). Сталь, в том числе нержавеющая, сейчас применяется редко, обычно при наличии особых требований, например, в пищевом производстве, где алюминий применять нельзя по гигиеническим соображениям. Мощный корпус обеспечивает сопротивляемость изделия ударным нагрузкам, а также его вандалоустойчивость. Герметичность обеспечивается прокладками и уплотнителями. Уплотнительная прокладка является "тонким местом" корпуса с точки зрения его общих защитных свойств. От материала уплотнителя напрямую зависит температурный диапазон эксплуатации изделия — многие материалы теряют уплотняющие свойства при существенном отклонении температуры среды от комнатной. Также материал уплотнительной прокладки определяет, сохранит ли корпус свои изолирующие свойства при воздействии химически агрессивных сред. Так, например, для уплотнительных прокладок в составе корпусов фирмы ROLEC штатно используются материалы хлоропрен и неопрен, сохраняющие свои свойства в диапазоне



Рис. 1. Корпус с повышенной степенью защиты "aluNORM" фирмы ROLEC

-30...100°C. При наличии необходимости сохранения изолирующих свойств изделия до -40°C необходимо заказывать прокладку из нестандартного материала (силикон) как опцию.

Отдельно отметим, что для изделий, работающих в уличных условиях, нежелательно выбирать в качестве материала корпуса пластмассу. Дело в том, что свойства даже самых лучших пластмасс очень сильно и непредсказуемо меняются под воздействием погодных факторов и солнечного света. Например, коробка из ударопрочного поли-

стирола, находясь в условиях освещения прямыми солнечными лучами и суточного перепада температур, может полностью утратить механические свойства — вплоть до самопроизвольной деформации — за один сезон.

Таким образом, можно видеть, что защитные свойства конструктива — характеристика, строго говоря, неабсолютная. Поэтому старые советско-СЭВовские ГОСТы (которых, впрочем, никто не отменял) оперировали несколько иными понятиями. Так, ГОСТ 15150-69 нормирует устойчивость аппаратуры к внешним воздействиям в категориях "климатических условий эксплуатации" и "места размещения", а отправной точкой в этом документе являются не формализованные конструктивные характеристики оборудования, а свойства среды, определяющие требования к конструкции оборудования. Полный текст этого полезного документа можно найти на www.korpusa.ru. Весьма рекомендуем читателям это сделать — хотя бы для того, чтобы понимать смысл мистических обозначений "УХЛ" и "ОЖ", которые можно обнаружить на правильно оформленных этикетках различного оборудования. Теоретически, такой подход более правильный, но практически — мало пригодный для оперативного принятия решений об использовании того или иного вида комплектующих в условиях наличия их свободного выбора. ГОСТ 15150-69 скорее может рассматриваться как развернутое пособие по определению области применимости оборудования, но вряд ли может служить рабочим инструментом на этапе проектирования — здесь требуется документация попроще.

Обеспечение электромагнитной совместимости корпусов

Проблема защиты от электромагнитных помех, взаимно создаваемых различными радиоэлектронными устройствами — или проблема обеспечения электромагнитной совместимости — в последнее время приобретает особенную актуальность. Одно из направлений обеспечения электромагнитной совместимости электронных устройств — экранирование чувствительных к паразитным наводкам элементов электронного оборудова-

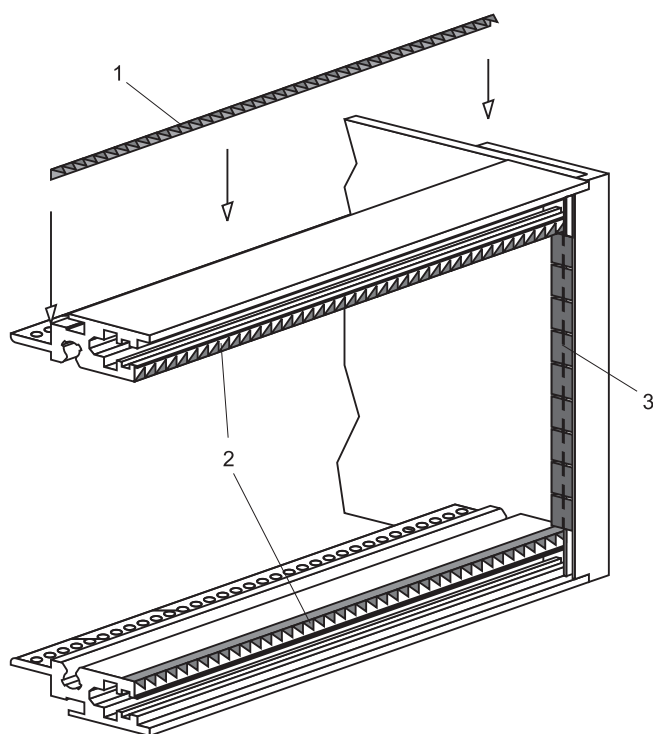


Рис. 2. Обеспечение электромагнитной совместимости 19" корзины с помощью контактных пружин (по материалам фирмы APRA NORM), где 1 – контактная пружина, обеспечивающая электрический контакт между монтажным профилем и верхней крышкой; 2 – контактная пружина, обеспечивающая электрический контакт между монтажным профилем корзины и верхним краем лицевых панелей вставных модулей; 3 – контактная пружина, обеспечивающая электрический контакт между боковой стенкой корзины и краем лицевой панели вставного модуля

ния. Такое экранирование относительно легко реализовать, если корпус изделия выполнен из металла. В этом случае задача экранирования сводится к обеспечению эквипотенциальности корпуса. Иногда для этого достаточно соединить отрезками проводников элементы корпуса, разделенные непроводящими (например, уплотнительными) прокладками. Если корпус имеет более сложную форму, чем литая металлическая коробка (например, несущая конструкция типа "Евромеханика"), то для обеспечения эквипотенциальности в конструкции добавляются специальные элементы, обеспе-



Рис. 3. Пластмассовый корпус SHELL-TYPE CASE фирмы OKW с алюминиевым покрытием на внутренней поверхности



Рис. 4. Установка для вакуумного напыления сверхтонкого алюминиевого покрытия в цехе фирмы OKW (Бухен, Германия)

Таблица 2. Классификационные подгруппы II группы CENELEC по энергии поджига

Группа по классификации CENELEC	Энергия поджига атмосферы, мкДж	Типичная примесь газа
II A	>180	Пропан
II B	60...180	Этилен
II C	<60	Водород

Таблица 3. Температурные классы взрывобезопасного оборудования

Температурный класс	Максимально допустимая температура поверхности электрооборудования, °C	Температура воспламенения взрывоопасной смеси, °C
T1	450	>450
T2	300	300...450
T3	200	200...300
T4	135	135...200
T5	100	100...135
T6	85	85...100

чивающие надежный контакт между металлическими частями сборной системы (рис. 2).

Наиболее сложные технические решения приходится применять для экранирования пластмассовых корпусов. Все эти способы сводятся к нанесению тем или иным способом металлического покрытия на внутреннюю поверхность корпуса и отличаются степенью надежности и долговечности такого покрытия. Один из наилучших результатов как с точки зрения защиты от внешних помех, так и с точки зрения защиты окружающей среды от излучений, порождаемых самим оборудованием, дает применение запатентованной фирмой OKW технологии вакуумного напыления сверхтонкого алюминиевого покрытия ALVACOAT (рис. 3, 4).

Корпуса для электрооборудования, предназначенного для эксплуатации во взрывоопасных средах

Эта, достаточно специфическая область использования оборудования, чрезвычайно актуальна для нашей экономики с ее нефтегазовой направленностью. Кроме того, взрывоопасная атмосфера может возникать на предприятиях и других промышленных объектах в местах образования и скопления специфических газов, паров или пыли. Наличие легковоспламеняющейся пыли вынуждает относить к объектам с потенциально взрывоопасной атмосферой производственные помещения мукомольных мельниц, хлебозаводов, целлюлозных комбинатов, лесопилок и т. п. Поэтому оборудование, используемое на подобных предприятиях, должно удовлетворять требованиям директивных документов по взрывобезопасности.

В настоящее время в России в области взрывозащищенного оборудования признаются и действуют стандарты, основывающиеся на директиве АTEX 100а от 1994 г. Госстандартом

Таблица 4. Классификация взрывоопасных зон

Обозначение зоны	Описание
0	взрывоопасная концентрация примесей присутствует постоянно или является нормальным частым явлением (например, подземная емкость на АЗС)
1	взрывоопасная концентрация примесей при нормальной работе менее вероятна, но возможна (непосредственная окрестность зоны 0, сливные и заправочные терминалы)
2	взрывоопасная концентрация примесей возникает редко, случайно и ненадолго (непосредственная окрестность зоны 1, места складирования и т.п.)

и Госгортехнадзором России 19 марта 2003 г. были утверждены "Правила сертификации электрооборудования для взрывоопасных сред", создавшие юридическую и методологическую основу для применения в России директивы АTEX 100 и группы стандартов МЭК. Содержание соответствующих стандартов излагается во множестве источников, в качестве краткого обзора можно упомянуть, например, статью¹. Этот материал был опубликован еще до принятия упомянутых "Правил сертификации", поэтому та его часть, где говорится об отсутствии в России организаций, имеющих право проводить сертификацию на соответствие указанным стандартам, утратила актуальность. На сегодняшний день в России имеется как минимум одна такая организация, а именно НАНИО "Центр по сертификации взрывозащищенного и рудничного электрооборудования" (Москва).

Из предусмотренных директивой АTEX видов обеспечения взрывобезопасности изделий для готовых стандартных корпусов актуальны следующие: "d" и "e" – применение герметически закрывающихся корпусов для изделий, содержащих движущиеся части внутри (вид "d") или не содержащих таковых (вид "e"), а также "ia" и "ib" – подавление искрообразования. Взрывозащитой вида "e" может обладать и пустой корпус, взрывозащита вида "ia" обеспечивается только при наличии определенных конструктивных особенностей содержимого корпуса (сертифицированных клеммных колодок и кабельных люверсов в соответствии с перечисленными в сертификате). Поставляемые на российский рынок стандартные взрывозащищенные корпуса зарубежных производителей, например, немецкой фирмы ROLEC, несут на этикетке соответствующую маркировку взрывозащиты и защиты от воспламенения горючей пыли (рис. 5). Основные параметры, нормируемые директивой АTEX 100 и отражаемые в маркировке, перечислены в табл. 2, 3, 4 и 5.

¹ Егоров Е.В. Европейские стандарты безопасности и взрывозащитные корпуса // Электронные компоненты. 2002. №3.

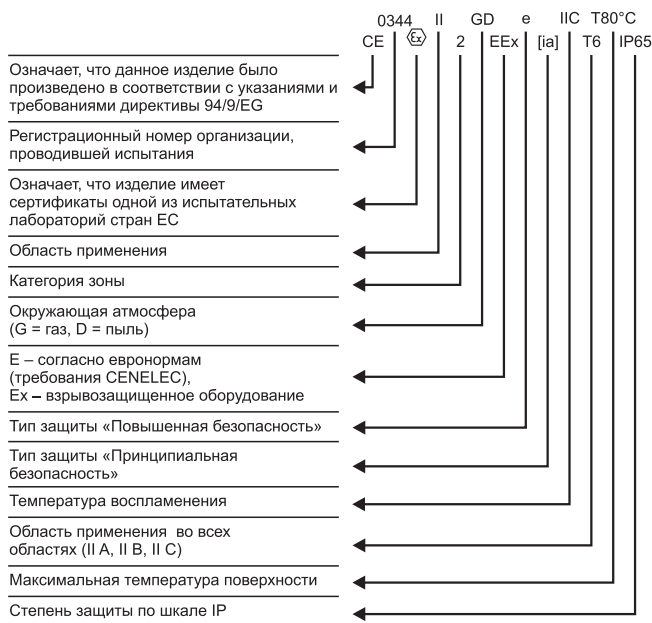


Рис. 5. Пример европейской маркировки взрывозащиты с разъяснением ее элементов

Таблица 5. Стандартизация методов обеспечения взрывобезопасности

Общая концепция защиты	Тип защиты	Применения	Стандарт
Не допускается возникновение источника воспламенения ¹⁾	Ex e – повышенная безопасность	Распределительные коробки и шкафы, батареи, трансформаторы, дроссели, короткозамкнутые электродвигатели	EN 50019
	Ex nA – неискрящее оборудование	Распределительные коробки и шкафы, вращающееся электрическое оборудование, предохранители, лампы, батареи, трансформаторы	EN 50021
Мощностные характеристики и схема цепи выбираются так, чтобы не допустить возникновения источника воспламенения ¹⁾	Ex I – принципиальная безопасность	Измерительные и мониторинговые приборы, маломощные датчики, приводы и другие исполнительные устройства	EN 50020
	Ex nL – ограничение мощности		EN 50021
Пресекается доступ потенциально взрывоопасной атмосферы к источнику воспламенения ¹⁾	Ex m – заливка компаундом	Дроссели, электромагнитные клапаны и двигатели, реле, электронные модули	EN 50028
	Ex p – избыточное давление	Оборудование, занимающее значительный объем: механизмы, электродвигатели, распределительные шкафы	EN 50016
	Ex o – погружение в масло	Большие трансформаторы, коммутационное оборудование, пусковые регуляторы	EN 50015
Не допускается распространение воспламенения от источника воспламенения ¹⁾ к основному объему потенциально взрывоопасной атмосферы	Ex nR – ограниченный газообмен	Коммутационное оборудование, измерительные и мониторинговые приборы, информационные системы и устройства	EN 50021
	Ex d – пламезадерживающий корпус	Коммутаторы, токосъемные кольца, токосъемники, реостаты, предохранители, лампы	EN 50018
	Ex q – засыпка сыпучим материалом	Конденсаторы, электронные модули, трансформаторы	EN 50017
Используются особые методы предотвращения воспламенения потенциально взрывоопасной атмосферы	Ex nC ²⁾	Двигатели, клеммные разводки, электроника	EN 50021
	Ex s – особые методы	Датчики, разрядники	-

¹⁾ Под источником воспламенения подразумеваются такие явления, как искра, электрический разряд или сильный нагрев какого-либо компонента

²⁾ На самом деле символами "nC" обозначается не один, а несколько различных методов обеспечения взрывобезопасности, являющихся "облегченными" вариантами других методов

Специальные требования для конструктивов, применяемых на транспорте

К оборудованию, размещаемому на борту транспортных средств, предъявляется среди прочих ряд требований, связанных с устойчивостью к ударным механическим нагрузкам и вибрациям. Процедуры соответствующих испытаний регламентируются национальными стандартами (в Германии это DIN EN 50155). Проиллюстрируем испытания корпусов на вибрационную устойчивость на примере несущих конструкций формата "Евромеханика" производства фирмы APRA NORM (Германия). Объект в виде 19" корзины серии 245 высотой 6U, укомплектованной имитаторами печатных плат, был подвергнут испытаниям на вибростенде и ударном стенде:

- поиск резонанса на вибростенде (по трем осям);

- синусоидальные колебания на вибростенде (по трем осям);
- длительное воздействие широкополосной вибрацией на вибростенде (по трем осям);
- ударное воздействие на ударном стенде (по трем осям).

Соответствие требованиям стандарта считается выполненным, если по результатам испытаний не наблюдается механических повреждений или деформаций образца. В данном случае указанное условие оказалось выполнено, и конструктивы фирмы APRA допущены к применению на подвижном составе Deutsche Bahn. В настоящее время производитель бортовых источников вторичного электропитания Powertronic использует в качестве базовых конструктивных элементов субстойки (корзины) серии 245 производства APRA NORM.

Михайлов Игорь Николаевич – инженер-консультант ООО "ЭФО".

Контактный телефон (812) 331-09-64. E-mail: min@efo.ru

Компьютерное управление – высокая точность в производстве заказной кухонной мебели

Главная фабрика компании Nobilia-Werke J. Stickling GmbH & Co. KG (Германия) специализируется на производстве кухонной мебели в Европе. Достигнув пределов производственных мощностей, компания построила дополнительную фабрику. Технический отдел Beckhoff, который в течение многих лет обеспечивал поддержку специальных управляющих функций на Nobilia, участвовал в проектировании, планировании, программировании, установке и пуске нового предприятия, в том числе в деле интеграции прежнего оборудования, перенесенного на новую фабрику. Основное внимание уделялось включению нового оборудования в сложную систему сбора производственных данных предприятия.

Производители кухонной мебели работают в условиях жесткой конкуренции, поэтому фирма должна выполнять индивидуальные требования клиентов быстро и с высоким качеством. Например, в каждом отдельном заказе может быть предусмотрено разное расположение отверстий или вырезов на лицевой стороне шкафа. Компьютерная управляющая технология Beckhoff идеально приспособлена для производственных условий, требующих такой гибкости. Все оборудование хотя и стандартизировано, но позволяет выполнять самые разнообразные задачи. Встраиваемые в шкаф промышленные ПК С6140 с панелями управления CP7032 используются для контроля очень сложного процесса сверления, а также для регистрации показаний времени (рисунок).

Все компьютерные системы управления на Nobilia (около 70 промышленных ПК) работают с ПО Beckhoff: TwinCAT функционирует одновременно как контроллер ПВ, как система с несколькими ПЛК, как контроллер координат станков с ЧПУ. РС-совместимые контроллеры используются на всех стадиях производственного процесса, включая контроль приема компонентов, контроль на линии сборки, на стадии обработки, связь с PDA и контроль на выходе изделия.

Рассмотрим механизмы управления на примере систем сверления: все промышленные ПК соединены по сети Ethernet с главным компьютером и БД предприятия. Контроллер, управляющий системой сверления, получает всю



необходимую информацию для выполнения конкретного задания. TwinCAT рассчитывает необходимые параметры для устройств ввода/вывода и приводов. Параметры приводов передаются на преобразователи частоты и сервосигнала в виде сигналов центральной управляющей архитектуры. TwinCAT управляет перемещением осей в ПВ, функционирует как программный ПЛК, координирующий процесс, проводит диагностику и сообщает системе планирования и управления ресурсами предприятия (в данном случае SAP) о выполнении задания. Сигналы датчиков и исполнительных механизмов передаются через модули ввода/вывода Bus Terminal. Сборочные работы контролируются системой планирования и управления ресурсами Nobilia, связанной через Ethernet с общей системой управления. Визуальное представление процессов на фабрике Nobilia стандартизировано, и охватывает как новое оборудование, так и старое, работающее на предприятии уже несколько лет. Для этого используются панели управления Beckhoff CP7032. Если промышленные ПК установлены в специальные шкафы и защищены, то панели управления IP 65 предназначены для работы в суровых производственных условиях.

На предприятии используется около 5 тыс. точек сбора данных, соединенных через модульную систему Bus Terminals. В качестве промышленной сети, по которой осуществляется управление оборудованием, используется Lightbus фирмы Beckhoff. Для взаимодействия между новыми станками используется сеть EtherCAT, работающая в режиме ПВ и полностью совместимая с Ethernet. Уже разработаны планы расширения новой фабрики с расчетом на дальнейшее развитие стандартизации. Будет и дальше возрастать важность Ethernet как среды вертикальной связи, охватывающей все аспекты от управляющего до командного уровня, и как шины, функционирующей в режиме ПВ. С помощью коммутаторов и коммутирующих портов в систему можно интегрировать любое число Ethernet-устройств. Соединитель RJ 45 представляет собой нормальный кабель удобный для подключения, который дополнительно расширяет возможности стандартизации.

Контактный телефон (495) 411-88-82. E-mail: info@beckhoff.ru Http://www.beckhoff.ru