

КОРПУСА, ШКАФЫ, КОНСТРУКТИВЫ: СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ

Михаил Бердичевский

В жизни каждого талантливого разработчика наступит момент, когда созданное им нагромождение печатных плат, микросхем, конденсаторов и проводов оживает, начиная весело подмигивать светодиодами и жужжать приводами. Трудно описать счастье человека, сумевшего вдохнуть жизнь в мертвую материю. Но... это еще не законченное изделие. «Ну вот, сейчас мы это куда-нибудь запихнем!» – думают некоторые из них – те, которые так навсегда и останутся в неизвестности.

«Как бы все это как следует упаковать?» – думает большинство из них – те, кто понимает, как много зависит от правильно спроектированного конструктива.

Попытаться убедить первых и помочь вторым в выборе правильного решения – вот основная цель серии статей о конструктивах для электронного и электротехнического оборудования. Статьи не содержат полных описаний стандартов, и их нельзя использовать в качестве руководящих нормативных документов по конструированию, однако приведенной в них информации достаточно, чтобы разобраться во всем многообразии действующих нормативов.

Начать лучше всего с ответа на вопрос, обычно задаваемый первым при выборе конструкции: «А какую защиту от внешней среды она обеспечивает?». Действительно, если речь не идет о чисто лабораторных приборах, то при выборе конструктива сразу возникают вопросы:

- Как он относится к пыли?
- Что будет, если на него попадет вода?
- Не разрушится ли он на морозе, как выдержит обледенение?
- Что с ним станет при пожаре, не будет ли он выделять ядовитые вещества?
- Как поведет себя в условиях повышенной влажности и температуры?
- Как он относится к агрессивным средам?
- Обеспечивает ли он необходимый уровень защиты от электромагнитных помех?

И еще множество вопросов, ответить на которые однозначно весьма трудно, особенно если вспомнить о самом последнем и очень важном вопросе: «А сколько это будет стоить?». Найти баланс между часто противоречивыми требованиями к аппаратуре бывает достаточно сложно.

В бывшем СССР государственные стандарты классифицируют все оборудование на группы в зависимости от назначения и условий эксплуатации. Для каждой группы соответствующим отраслевым стандартом или стандартом предприятия может определяться набор базовых несущих

конструкций (БНК), разрешенных к применению. Часто основная задача конструктора заключается в том, чтобы разместить то или иное оборудование в заданной БНК. В настоящее время в связи с экономическим кризисом, неэффективностью производства, а иногда и из-за чрезмерных запросов отечественных производителей все чаще становится целесообразным использовать конструктивы ведущих зарубежных компаний. Поэтому целью данной статьи является попытка помочь читателю правильно интерпретировать степень защиты, указанную в соответствии с европейскими и североамериканскими стандартами.

В Европе для обозначения степени защиты корпусов от пыли и влаги применяется так называемая система IP-кодов, определяемая стандартом МЭК 529 (IEC 529) Международной Электротехнической Комиссии (International Electrotechnical Commission).

Как ни странно, многие имеющие сегодня отношение к конструированию даже не подозревают о существовании полностью ему соответствующего ГОСТ 14254-80 «Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты. Обозначения. Методы испытаний». В Европейском сообществе стандарту МЭК 529 соответствует стандарт EN.60529.

Согласно стандарту МЭК 529, степень защиты корпуса обозначается латинскими буквами IP и следующими за ними двумя цифрами, например IP 54. При этом первая цифра обозначает степень защиты персонала от находящихся под напряжением или движущихся частей внутри корпуса, а также степень защиты изделия от попадания внутрь твердых посторонних тел, в частности, пыли.

Вторая цифра означает степень защиты изделия от попадания внутрь воды.

В таблице 1 описаны основные характеристики корпусов, соответствующие тем или иным степеням защиты.

Таким образом, корпус со степенью защиты IP 54, упомянувшейся нами ранее, обеспечивает защиту от пыли, не исключая, правда, ее ограниченного проникновения, а также обеспечивает полную брызгозащиту, но не выдерживает попадание струй воды. Корпуса с подобной степенью защиты наиболее приспособлены к использованию в условиях промышленного производства, но не на улице.

Для постоянного использования вне помещений необходимо применять корпуса со степенью защиты не менее IP 65, то есть обеспечивающие полную защиту от пыли и струй воды. В крайнем случае при наличии, например, навеса можно использовать вне помещений и корпуса со

Таблица 1. Степени защиты по МЭК 529

Степень защиты	Защита от твердых тел	Защита от воды
0	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например рук, и от проникновения твердых тел диаметром более 50 мм	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	Защита от проникновения внутрь корпуса пальцев или предметов длиной более 80 мм и от проникновения твердых тел диаметром более 12 мм	Капли воды, падающие на оболочку под углом до 15° от вертикали, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
3	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки, твердых тел и т. п. диаметром или толщиной более 2,5 мм	Дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредное воздействие на изделие
4	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел диаметром более 1,0 мм	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
5	Проникновение внутрь корпуса пыли не предотвращено полностью, однако количество проникающей пыли не может нарушить работу изделия	Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	Проникновение пыли предотвращено полностью	Сильная струя воды (100 л/мин при давлении 100 кПа) или волны воды не должны вызывать попадание в оболочку воды в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	Не предусмотрено	Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду на глубину примерно 15 см, при примерном равенстве температуры оболочки и воды, в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	Не предусмотрено	Изделие пригодно для длительного погружения в воду при условиях, устанавливаемых изготовителем

степенью защиты IP 64. Хотя, конечно, применение корпуса с той или иной степенью защиты в тех или иных конкретных условиях зависит от конкретных требований заказчика.

Несмотря на то, что стандарты МЭК признаются во всем мире, в Северной Америке действует стандарт NEMA-250 Национальной ассоциации производителей электротехнического оборудования (National Electrical Manufacturers Association, NEMA). При небольших различиях стандарт NEMA-250 практически совпадает со стандартами UL50 и UL 508 Underwriters Laboratories, Inc. и стандартом C22.2 № 94 Канадской ассоциации по стандартизации (Canadian Standards Association, CSA).

Несмотря на определенную корреляцию между IP-кодами МЭК и стандартами NEMA, между ними существуют и определенные отличия. Стандарты NEMA носят более описательный характер, не определяя, например, размер частиц пыли. Тем не менее они определяют ряд других важных параметров, в частности:

- возможность использования в помещениях и вне их,
- способность работы при обледенении, в том числе подвижных механизмов,
- коррозионную стойкость,
- стойкость к нефтепродуктам, в том числе выбрасываемым из работающих механизмов.

Это позволяет североамериканским пользователям зачастую легче ориентироваться в способности того или иного

корпуса работать в тех или иных условиях. Европейцам же приходится призывать в помощники свои знания по материаловедению.

В таблицах 2 и 3 кратко показано, какие внешние воздействия выдерживают корпуса с той или иной степенью защиты, предназначенные для использования соответственно в помещениях и вне их.

Таким образом, корпус со степенью защиты NEMA 4X способен работать в помещении и за его пределами, обеспечивая полную защиту от пыли и влаги, обладая при этом высокой коррозионной стойкостью.

В некоторых американских справочниках приводится только значение степени защиты в единицах NEMA. Поэтому полезной может оказаться приводимое в таблице 4 соответствие между степенями защиты NEMA и IP.

В стандарте МЭК 529 нет прямых соответствий для корпусов NEMA типов 7, 8, 9, 10 и 11. Кроме того, приведенная таблица является приближенной и годится только для пе-

Таблица 2. Корпуса для применения вне помещений по NEMA-250

Обеспечивается защита от следующих воздействий	Степени защиты NEMA						
	3	3R	3S	4	4X	6	6P
Случайный контакт оператора с защищаемым оборудованием	x	x	x	x	x	x	x
Дождь, снег и мокрый снег в условиях, когда не требуется работа подвижных частей в условиях обледенения	x	x	x	x	x	x	x
Мокрый снег в условиях, когда требуется работа подвижных частей в условиях обледенения		x					
Клубы пыли (пыль, разносимая ветром)	x	x	x	x	x	x	
Струя воды		x	x	x	x		
Коррозионная стойкость			x	x			
Случайное кратковременное затопление			x	x			
Случайное продолжительное затопление				x			
Вентилируемые корпуса		x					

Таблица 3. Корпуса для применения в помещениях по NEMA-250

Обеспечивается защита от следующих воздействий	Степень защиты NEMA											
	1	2	4	4X	5	6	6P	11	12	12K	13	
Случайный контакт оператора с защищаемым оборудованием	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Падающие комья грязи	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Падающие жидкости и брызги (слабые)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Пыль, ветошь, волокна, в том числе летучие		x	x	x	x	x	x	x	x			
Брызги и струи воды		x	x	x	x							
Нефтепродукты, в том числе подтекающие из оборудования					x	x	x					
Нефтепродукты, в том числе брызгающие из оборудования						x						
Коррозионная стойкость		x		x	x							
Случайное кратковременное затопление (окувание)			x	x								
Случайное продолжительное затопление				x								
Вентилируемые корпуса	x	x										

ревода единиц NEMA в IP, но не наоборот, так как понятие степени защиты по NEMA, как уже говорилось ранее, шире, чем IP. Однако если привлечь свои знания материаловедения, то можно установить, что корпус стандарта IP66, выполненный из окрашенной стали, будет соответствовать NEMA 4, а из нержавеющей стали – NEMA 4X и NEMA 12, что обычно обозначается как NEMA 4X/12.

Какие же материалы применяются для современных корпусов электротехнического и электронного оборудования?

На рисунке 1 условно показана относительная стойкость наиболее распространенных материалов к коррозии и их механическая прочность.

Подробный анализ конструкционных свойств различных материалов может стать темой объемистой научной монографии. Поэтому мы ограничимся краткой справкой по основным свойствам для тех из них, которые применяются наиболее часто. Широко распространены металлические корпуса. В этом нет ничего удивительного. Металлы в целом обладают высокой прочностью, долговечностью, способностью работать в широком диапазоне температур. Естественно, что для различных применений наилучшим образом подходят различные металлы.

Горяче- и холоднокатаная листовая сталь применяется наиболее часто. Она нестойка к коррозии и не может использоваться без дополнительных покрытий. Однако она дешева, а требуемую стойкость к агрессивным средам можно обеспечить специальным покрытием.

Несколько более дорога оцинкованная сталь. В условиях нейтральной внешней среды (не кислой и не щелочной) она способна противостоять нефте- и газопroduктам, ряду кислот. В большинстве случаев пригодна к использованию вне помещений. Дополнительные покрытия могут значительно повысить ее коррозионную стойкость.

Еще более дорога нержавеющая сталь с высоким содержанием хрома. Обладает наиболее высокой коррозионной стойкостью, особенно по отношению к щелочным средам. Прекрасный материал для корпусов любого применения, в том числе для пищевой промышленности.

Нержавеющая сталь с повышенным содержанием отличных от хрома присадок обладает еще большей ценой, обеспечивая улучшенную стойкость к кислым средам и морской соли при меньшей стойкости к щелочам. Наиболее

часто применяемый конструкционный материал для защиты в любых условиях, в том числе в условиях повышенной температуры. Часто применяется для морских изделий.

Алюминий – хорошо всем известный и очень часто применяемый материал. Обладает низким удельным весом и хорошей коррозионной стойкостью. Широко применяется в нефтеперегонной и ряде других отраслей химической промышленности, для морских изделий. Как правило, является конструкционным материалом для не сильно нагруженных деталей и корпусов. По стоимости сопоставим с нержавеющей сталью с высоким содержанием хрома. Не рекомендуется к применению там, где возможен большой перегрев.

Наиболее дорогим из металлических конструкционных материалов является так называемый монел, или нержавеющая сталь с высоким содержанием никеля. Монел часто применяется на химических предприятиях и в морском оборудовании, так как наряду с высокой прочностью он обладает отличной стойкостью к высоким температурам и коррозии.

В случаях, когда необходимо обеспечить электрическую изоляцию корпуса, лучшим решением является применение неметаллических корпусов.

Кроме того, неметаллические полимерные материалы оказываются очень дешевыми при производстве небольших утилитарных корпусов.

Какие же полимерные материалы и для каких целей применяются наиболее широко?

Поликарбонат – один из видов термопластиков – обладает хорошими изолирующими свойствами, неплохой огнестойкостью и применяется в очень многих случаях. Прозрачный поликарбонат часто используется в качестве окон в корпусах.

Таблица 4. Примерное соответствие стандартов NEMA-250 и МЭК 529

NEMA	МЭК 529						
	IP 23	30	32	55	64	65	66 67
1	x						
2		x					
3					x		
3R			x				
3S					x		
4							x
4X							x
6							x
12				x		x	
13						x	

Несмотря на достаточно широкий температурный диапазон (от -35°C до +82°C) не рекомендуется к использованию на открытом солнце и в условиях воздействия щелочных и органических растворов.

Полиэстер – другой вид термопластиков. Обладает отличными изолирующими свойствами и отличной стойкостью ко многим агрессивным средам. Температурный диапазон от -25°C до +85°C, однако обладает невысокой пожаростойкостью и не рекомендуется к использованию в условиях высокой температуры и влажности.

Фибергласс, или армированное оргстекло, является наиболее прочным и стойким полимерным материалом. Обладает прекрасными изолирующими свойствами и прекрасной стойкостью к агрессивным средам. Имеет самый широкий для конструкционных полимеров температурный диапазон от -35°C до +130°C. Огнестоек. Широко используется в условиях повышенных температур на химических предприятиях и в пищевой промышленности. Не боится влажности и коррозионных сред. Недорог. Позволяет изготавливать корпуса достаточно большого размера.

ABS – недорогой пластик, рекомендуемый к использованию только в помещениях и в коррозионных средах средней активности. Температурный диапазон от -18°C до +52°C. Невысокая коррозионная стойкость. Является более дешевым заменителем поликарбоната.

Акрил – недорогое органическое стекло – обладает лучшими характеристиками, чем прозрачный поликарбонат. Используется как заменитель стекла в корпусах, особенно пластиковых.

Кроме описанных, существует еще целый ряд материалов, используемых для прокладок и других вспомогательных деталей, но их подробное описание выходит за рамки данной статьи.

В таблице 5 приводятся сводные данные по коррозионной стойкости различных материалов к основным типам агрессивных сред. Такая таблица несомненно полезна, так как именно коррозионная стойкость часто является определяющей при выборе материала корпуса. Ра-

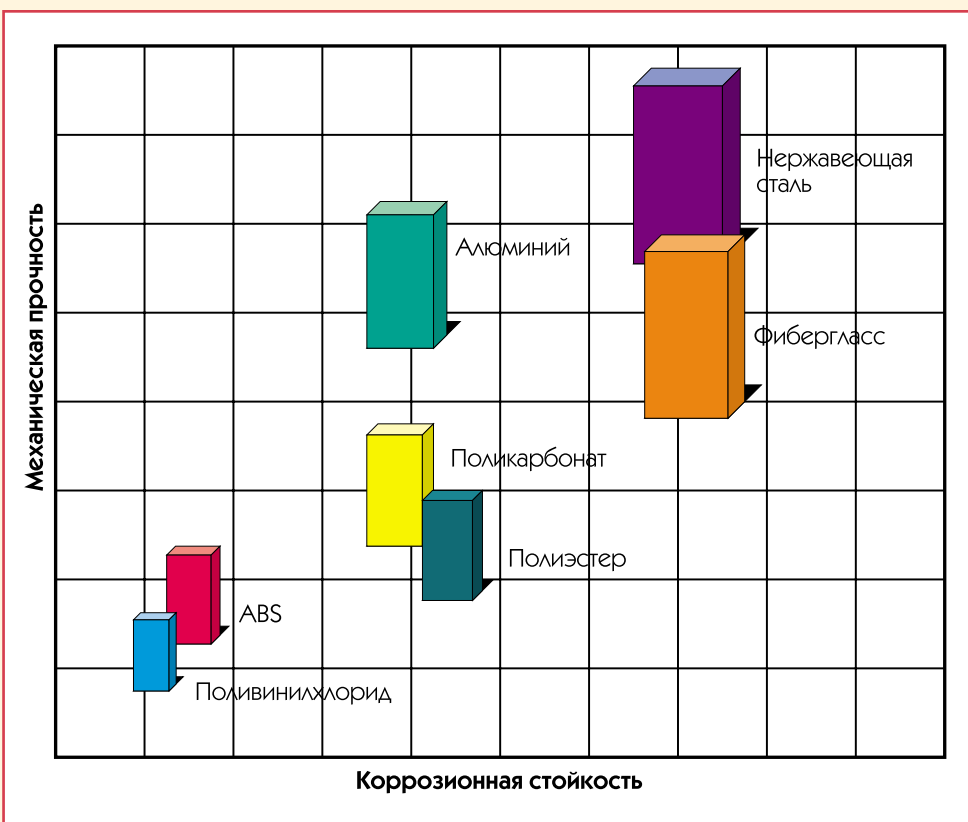


Рис. 1. Коррозионная стойкость и механическая прочность материалов корпусов

зумеется, существуют очень подробные таблицы по стойкости конкретных материалов к конкретным агрессивным средам, однако они слишком объемные для журнальной статьи.

В заключение автор надеется, что, несмотря на свой достаточно популярный характер, данная статья поможет разработчикам, недавно столкнувшимся с проблемой подбора корпусов для своего оборудования, быстрее и успешнее решать свои задачи. ●

Таблица 5. Коррозионная и химическая стойкость материалов

	Растворители	Щелочи	Кислоты
Рекомендуются	Нержавеющая сталь Нержавеющая сталь с хромом Фибергласс Алюминий Сталь окрашенная	Полиэстер ABS Нержавеющая сталь Нержавеющая сталь с хромом	Поликарбонат Полиэстер ABS Нержавеющая сталь Нержавеющая сталь с хромом
Допустимы	Поликарбонат ABS	Фибергласс Поликарбонат	Фибергласс Сталь окрашенная
Нежелательно		Сталь окрашенная Алюминий	Алюминий

* Материалы, расположенные выше в рейтинге, являются более устойчивыми.