

Кабельные композиции: ПЭ против ПВХ

Виктор Николаев, генеральный директор ООО «НикПВХ», к. т. н.

Новые требования

Композиции на основе поливинилхлорида (ПВХ) и полиолефинов (ПО) чаще всего используются при изготовлении изоляции и оболочек кабельных изделий. В течение длительного времени считалось, что там, где требуется повышенная пожаробезопасность, необходимо использовать композиции на основе ПВХ, которые по своей природе обладают меньшей горючестью по сравнению с композициями на основе полиэтилена. Проводимые в свое время работы по снижению горючести композиций на основе ПЭ не обеспечивали того уровня, который был достигнут разработчиками кабельных ПВХ композиций. Однако в последние десятилетия помимо требований снижения горючести, остро стоят вопросы и по другим аспектам проблемы пожаробезопасности: токсичности летучих продуктов горения, их коррозионной активности, дымообразующей способности в условиях пожара и др.

Новое направление

Примерно три десятилетия тому назад появилось активно пропагандируемое направление по созданию, так называемых безгалогенных кабельных композиций на основе полиолефинов, которые соответствовали бы по уровню негорючести композициям на основе ПВХ и, в то же время имели «запас прочности» по остальным показателям пожаробезопасности.

Появившемуся новому классу кабельных композиций был присвоен целый ряд логотипов-синонимов, однако в отечественной практике обычно используют

логотипы: «HF», что означает негорючий безгалогенный и «FRHF» — огнестойкий безгалогенный компаунд.

Противники кабельных ПВХ-пластиков утверждают, что их использование ограничено, так как при горении кабелей на основе ПВХ композиций выделяются черный дым и токсичные летучие продукты, включая хлористый водород, который обладает резким раздражающим запахом, а его пары с водой образуют соляную кислоту с высокой коррозионной активностью.

Безгалогенные композиции и кабели на их основе считаются более предпочтительными ввиду трудной горючести, малой дымности и токсичности летучих продуктов горения, а также отсутствия в летучих продуктах коррозионно-активного и раздражающего дыхания газа — хлористого водорода и других галогеноводородов.

Однако рекламируемые преимущества безгалогенных композиций на самом деле не являются беспорядочными.

Объекты исследования

Это подтвердили результаты испытаний пожаробезопасности отечественных кабельных серийных и опытных ПВХ-пластиков типа ППИ — для изоляции, типа ППВ — для внутренних оболочек, типа ППО — для наружных оболочек кабельных изделий и зарубежных кабельных компаундов типа «HF».

Для сравнительных исследований зарубежных компаундов были выбраны 5 марок безгалогенных композиций фирмы «Кондор Компаундс». Краткая характе-

ристика исследуемых компаундов приведена в таблице 1.

Коксообразование при горении

Известно, что способность полимерных композиций образовывать прочный кокс является одной из наиболее значимых характеристик пожаробезопасности. Наличие такого коксового остатка способствует уменьшению горючести, снижению выделения дыма и токсичного оксида углерода.

Испытания на коксообразование проводились на образцах размером 40×40×1 мм. Время воздействия открытого пламени варьировалось в пределах от 10 до 90 минут.

Из рисунка 1 видно, что образцы серийных ПВХ-пластиков типа ПП превосходят по коксообразованию компаунды «HF», и особые преимущества демонстрируют специально разработанные ПВХ-пластики типа ПП-ВК.

Тепловыделение

Испытания на тепловыделение проводились на калориметре типа OSU марки HRR-3 фирмы «Atlas» США в ВИАМе. Образцы кабельных компаундов размером 150×150×2,0 мм подвергались воздействию теплового потока мощностью 35 кВт/м². Результаты представлены в таблице 2.

По тепловыделению образцы типа ПП и «HF» принципиально отличаются. Так, тепловыделение образцов типа ПП в 2–3 раза менее интенсивное, чем у наиболее «продвинутых» образцов типа «HF». Это

Таблица 1. Марки зарубежных компаундов

Марка компаунда	Характеристика	Область применения
D-A 898R	Безгалогенный, негорючий	Для изоляции и оболочек кабелей
CC-7058/EBS	Безгалогенный, негорючий, на основе ЭВА (сополимера на основе этилена и винилацетата)	Для изоляции проводов
CC-7760	Безгалогенный, негорючий	Для изоляции и оболочек кабелей
CONLink I 4800	Безгалогенный, негорючий	Для изоляции и оболочек проводов и кабелей
S 6645	Безгалогенный, негорючий с кислородным индексом 50 %	—

Рис. 1. Состояние образцов после испытаний на коксообразование*

1. «Кондор Компаундс»

Образцы фирмы «Кондор Компаундс» вне зависимости от назначения и степени заявленной негорючести сгорели до пепла после воздействия открытого пламени в течение 10 минут







CC 7760
10 мин

DA 898R
10 мин

CC 7058 EBS
10 мин

S 6645
10 мин

CONLink 4800
10 мин

2. Серийные марки ПВХ-пластиков

Образцы серийных ПВХ-пластиков марок ППИ 30-30Т, ППО 30-35 и ППВ 28 сохраняют крепкий коксовый остаток, как минимум от 30 до 60 минут





ППИ 30-30Т
30 мин

ППО 30-35
30 мин

ППВ 28
60 мин

3. Марка ППВ 30 ВК

Образцы ПВХ-пластиката с высокой коксообразующей способностью марки ППВ 30 ВК (пластикат предназначен для внутренних оболочек кабельных изделий) сохраняют крепкий коксовый остаток, как минимум 90 минут




ППВ 30 ВК
10 мин

ППВ 30 ВК
90 мин

4. Марка ППО 25–40 ВК

Образцы ПВХ-пластиката с высокой коксообразующей способностью марки ППО 25-40 ВК (пластикат предназначен для наружных оболочек кабельных изделий) сохраняют крепкий коксовый остаток, как минимум 90 минут




ППО 25-40 ВК
10 мин

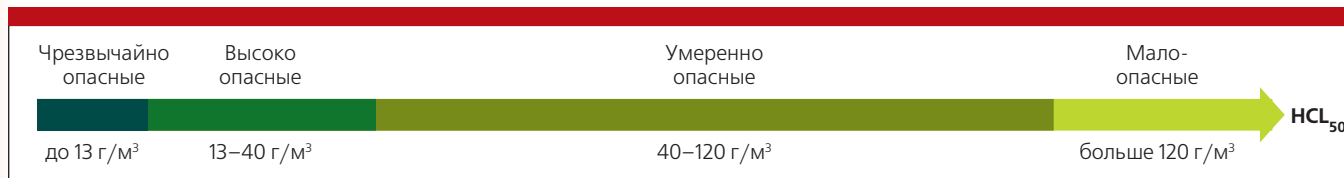
ППО 25-40 ВК
90 мин

Таблица 2. Тепловыделение образцов типа «HF» и ПП

Марка	Общее тепловыделение, кВт/м ²
CONLink I 4800	910
C 7760	830
DA 898 R	800
S 6645	730
CC 7058 EBS	710
ППВ 28	380
ППО 30-35	380
ППО 20-35 Т	380
ППИ 30-30 Т	380
ППИ 30-30	370
ППВ 28 Т	370
ППО 30-35	370
ППИ 30-30	370
ППО 25-40 ВК	280

* Образцы кабельных компаундов размером 150×150×2,0 мм подвергались воздействию теплового потока мощностью 35 кВт/м²

Рис. 2. Токсичность летучих продуктов горения кабельных композиций (ГОСТ 12.1.044-89)



означает, что в равных условиях горение кабелей типа «нг-LS» прекратится, а по кабелям на основе компаундов «HF» зона горения будет распространяться.

При горении компаунда «HF» марки CONLinc I 4800 вначале наблюдается некоторое замедления процесса, что связано с испарением воды из гидратированного антипирена, однако затем этот компаунд, как и остальные из рассматриваемых безгалогенных композиций, превращается в подобие свечи — горит более 6 минут и сгорает до пепла.

ПВХ-пластикаты типа ПП затухают значительно быстрее и образуют несгораемый в этих условиях прочный коксовый остаток, в частности горение ПВХ-пластиката марки ППО 25–40 ВК затухает менее чем за 3 минуты.

Дымообразование

Сущность метода по определению дымообразования состоит в измерении интенсивности светового потока, проходящего через задымленное пространство в испытательной камере при термическом разложении материала в условиях горения и тления.

В условиях горения и тления дымообразование композиций типа «HF» значительно меньше, чем пластикатов типа ПП. Это понятно, так как «все, что хорошо горит — мало дымит». Дымообразование ПВХ-пластикатов типа ПП в условиях тления меньше или значительно

меньше по сравнению с композициями типа «HF».

Известно, что в условиях пожара дымообразование наблюдается именно в условиях тления. Таким образом, представление о безусловном преимуществе безгалогенных композиций по сравнению с ПВХ-пластикатами типа ПП в плане дымообразования представляется неверным. Косвенным подтверждением является и то, что в соответствующих публикациях по безгалогенным композициям сравнение по дымообразованию проводится только с серийными ПВХ композициями, которые действительно являются высокодымными.

Токсичность продуктов горения

Заметим, что токсичность летучих продуктов горения за рубежом длительное время оценивалась по британскому стандарту NES-713, что и породило миф о значительном превышении данного показателя для ПВХ-пластикатов по сравнению с композициями «HF». Однако статистика показывает, что больше всего людей гибнет от отравления оксидом углерода, в то время как метод NES-713 показывает высокую токсичность хлористого водорода. Поэтому нет обоснованных данных соответствия испытаний показателя «индекс токсичности» по методу NES-713 с реальными результатами.

В России токсичность летучих продуктов горения определяется по ГОСТ 12.1.044-89, согласно которому оценивается количество вещества, которое приводит к гибели 50 % подопытных животных (мышей). Материалы подразделяются на 4 класса (рис. 2).

Данные токсичности кабельных пластикатов на основе ПВХ и ПО приведены в таблицах 3–4.

Очевидны преимущества кабельных композиций на основе ПВХ, так как по российской методике композиции на основе полиолефинов относятся к классам чрезвычайно опасных, высоко опасных и умеренно опасных, тогда как ПВХ-пластикаты относятся к умеренно опасным и мало опасным.

Отрицательная роль хлористого водорода, выделяющегося при горении кабельных ПВХ-пластикатов, является одним из главных доводов необходимости перехода на безгалогенные композиции и кабели на их основе. Но хлористый водород в условиях пожара выполняет и положительную функцию. Так, HCl при высоких температурах поступает в газовую фазу и, будучи газом негорючим, снижает относительное содержание кислорода в зоне горения, что приводит к самозатуханию пожара.

Отрицательные факторы от действия хлористого водорода сторонниками безгалогенных композиций сильно преувеличены. Хлористый водород, конечно, вносит свою лепту в токсичность летучих

Таблица 3. Композиции на основе ПВХ

Марка композиции	Токсичность, HCL ₅₀ г/м ³	Класс токсичности
И 40-13А	35,5	ВО
ОМ-40	93,3	УО
НГП 30-32	37,3	ВО
ИНП(ППИ 30-30)	83,0	УО
ОНП(ППО 30-35)	101,0	УО
ОНП-В(ППВ-28)	132,9	МО
О-25 НДГВ	57,0	УО
МО 67R	67,0	УО
7280 В	46,0	УО
ППВ-1(ППВ-28)	126,0	МО
ППО-1(ППО 30-32)	86,4	УО
ППИ-1(ППИ 30-30)	90,0	УО

Таблица 4. Композиции на основе ПЭ(ПО)

Марка композиции	Токсичность, HCL ₅₀ г/м ³	Класс токсичности
ПЭ 153-10К	14,7	ВО
ПЭ 153-117	20,6	ВО
ПЭ 102-57	12,2	ЧО
ПЭ 108-273	16,0	ВО
ПЭ 158-257	17,2	ВО
D-A 898R («HF»)	46,1	УО
FR 4810 («HF»)	38,0	ВО
БТК-2К («HF»)	46,9	УО

продуктов горения, однако этот вклад не является определяющим.

Более того, мировая статистика отравления людей во время пожара говорит о том, что их гибель происходит в 90–95 % случаев от действия оксида углерода (угарного газа), остальные 5–10 % — за счет азотосодержащих летучих продуктов. Следует также отметить, при горении безгалогенных полиолефиновых композиций возможно выделение акролеина и фенола, имеющих резкий неприятный запах с высокой степенью токсичности.

Фактор КА

Коррозионная активность хлористого водорода, выделяющегося при горении ПВХ содержащих кабельных изделий, наиболее часто приводится в качестве доказательства преимуществ безгалогенных компаундов.

Заметим, что влияние фактора коррозионной активности на степень горючести, выделение токсичных летучих продуктов горения и на дымовыделение — нулевое. Таким образом, фактор КА не влияет на увеличение (уменьшение) пожароопасности кабельных изделий. Этот фактор является постпожарным, имеющим (или не имеющим) некоторую экономическую составляющую.

При рассмотрении экономической составляющей следует иметь в виду, что большой материальный ущерб имеет место в результате выхода из строя компьютерной и микропроцессорной техники, находящейся вне зоны прямого воздействия огня и повышенной температуры. Однако нужно иметь в виду, что выход из строя данной техники в первую очередь происходит из-за копоти и сажи, образующейся при любом пожаре.

К тому же основной экономический ущерб от применения кабельных изделий типа «HF» закладывается изначально ввиду их более высокой стоимости. Превышение цены кабелей типа «HF» по сравнению с кабелями типа «нг-LS» аналогичного назначения составляет не менее 10–20 % в зависимости от марок и размеров. Прямые потери нетрудно подсчитать, принимая в расчет, что уже на сегодняшнем начальном этапе внедрения кабельных изделий типа «HF» их изготавливается десятки тысяч километров.

Более конкретные расчеты могут сделать специалисты, например, рассчитывая стоимость оснащения одного километра московского метро.

Методики исследования

При рассмотрении вопросов пожаробезопасности кабельных изделий следует учитывать и степень корректности применяемых методов оценки.

Так, токсичность композиций из ПВХ по ГОСТ 12.1.044-89 в среднем



Сегодня в России выпускается всего три марки ПВХ-пластикатов с пониженной пожарной опасностью (для сравнения, европейские производители предлагают порядка 30 марок негорючих пластикатов на основе полиолефинов, все больше вытесняющих ПВХ-пластикаты)

в 2 раза меньше, чем композиций типа «HF». К очевидным недостаткам метода определения токсичности по данному ГОСТу относится предлагаемая классификация материалов, отнесенных к категории «умеренно опасные», (диапазон 40–120 г/м³ позволяет отнести к одной категории материалы, различающиеся по токсичности примерно в 3 раза).

Условия испытаний на дымообразование кабелей по МЭК 61034-1,2 воспроизводят в основном пламенное горение. В условиях реального пожара не меньшее значение имеет беспламенное (пиролизное) горение, что связано, в частности, с существенным снижением концентрации кислорода. Поэтому испытания по ГОСТ Р МЭК 61034-1,2 искусственно занижают характеристики по выделению дыма кабелей типа «HF».

Испытания на горючесть путем определения кислородного индекса по ГОСТ 12.1.12.044-89 далеко не всегда возможны. В первую очередь это относится к безгалогенным композициям типа «HF». В реальных условиях пожара горючесть кабелей на основе композиций, имеющих КИ=30 % и КИ=50–55 % может сильно не отличаться.

Испытания на нераспространение пламени по поверхности изделий может точнее выявить относительно высокую горючесть материала «HF» внешней оболочки и кабеля в целом.

При классификации кабельных материалов по коррозионной активности проводится деление на две категории: на содержащие галогены и не содержащие галогены. В то время как разработаны ПВХ-пластикаты типа ПП и кабели на их основе с индексом «нг-LS», в которых содержание хлористого водорода, выделяющегося в условиях горения, уменьшено по сравнению с общепромышленными продуктами в 2–5 раз. За рубежом такие композиции и соответствующие кабели классифицируются как «PVC LSR», т. е. компаунды и кабели, выделяющие хло-

ристый водород в условиях горения не более 15 %.

Другие требования

Помимо требований пожаробезопасности к кабельным изделиям предъявляются требования по физико-механическим, диэлектрическим, технологическим, эксплуатационным, экономическим, экологическим свойствам.

Не секрет, что для придания полиолефиновым композициям характеристик негорючести требуется введение в композиции значительных количеств антипиренов. Это приводит к целому ряду отрицательных и практически не исправимых последствий. Так, вследствие высокого наполнения безгалогенные композиции характеризуются низкой прочностью, высокой жесткостью, низкой стойкостью к истиранию, склонностью к повреждению, царапинам и проколам, высоким влагопоглощением, низкой стойкостью к высоким температурам, низкой технологичностью.

Оргвыводы

Таким образом, безгалогенные полиолефиновые композиции типа «HF» могут найти лишь ограниченное применение при замене горючих кабельных композиций без антипиренов на основе полиэтилена и других полиолефинов с целью повышения степени негорючести.

Кабельные изделия типа «HF» имеют по сравнению с кабелями типа «нг-LS» значительно меньшую степень пожаробезопасности при большей цене и прочих недостатках.

Достаточно широкое распространение нового направления в европейских странах объясняется мощным выступлением «зеленого» лобби под совершенно неконструктивным лозунгом о полном исключении из применения галогенсодержащих полимеров. ■