

УДК 537.531:678.073:678.046

**МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ
РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА**

В. А. Банный¹, И. В. Царенко², С. И. Красюк²

¹*Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет», Республика Беларусь*

²*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

В настоящее время обостряется проблема электромагнитного загрязнения, которое отрицательно влияет на организм человека и создает помехи работе радиотехнического оборудования. Перспективным средством решения указанной проблемы является применение электромагнитных экранов (ЭМЭ) из радиопоглощающих материалов (РПМ) [1], [2]. Их разработка представляет собой междисциплинарную задачу, находящуюся на стыке физики и технических наук, прежде всего, материаловедения и технологии композитов. Создание высокоэффективных и дешевых РПМ, функционирующих в широком СВЧ диапазоне и применяемых в ЭМЭ с помощью высокопроизводительных технологий, является актуальной задачей.

Существующая номенклатура композитных РПМ включает множество материалов, изготавливаемых по оригинальным технологиям, представляющим ноу-хау фирм-производителей. Свою нишу среди современных РПМ занимают композиты на основе конструкционных крупнотоннажно выпускаемых термопластов, в частности, полиэтилена (ПЭ) и функциональных наполнителей (ФН). Такие РПМ привлекают малой удельной массой и технологичностью [3], [4].

Цель работы заключается в оптимизации составов материалов для ЭМЭ на основе ПЭ и ФН. Для этого изучалось влияние наполнителей на основные радиофизические и физико-механические характеристики РПМ. Применение термопластов в качестве связующего РПМ и ЭМЭ целесообразно технологически и экономически: позволяет внедрить высокотехнологичные производственные методы переработки полимерных композитов (экструзию, литье под давлением, термическое прессование); снизить удельную массу экранирующих конструкций; повысить качество и упростить технологию формирования экранов; изменять структуру и конфигурацию ЭМЭ в широких пределах; обеспечить требуемый комплекс их физико-механических и других эксплуатационных характеристик с минимальными затратами.

Объектами исследований служили пленочные и листовые композитные РПМ на основе крупнотоннажного термопластичного полимера – ПЭ (ГОСТ 16803–070, ГОСТ 16337–77). Для наполнения ПЭ использовали: скрытокристаллический естественный графит марки ГЛС-1 (ГОСТ 17022–81), коллоидно-графитный препарат С-1 (ГОСТ 5.1385–72), графит тигельный ГТЗ (ГОСТ 4596–75), графит терморасширяющийся ТРГ марки Graft EG-350. Графит относится к типовым электропроводящим порошкообразным наполнителям РПМ наряду с углем, сажей, металлами (сталь, чугун, железо, алюминий, кобальт, свинец, цинк, олово, медь и др.), солями металлов со сферической, цилиндрической, чешуйчатой и другой формой частиц.

Параметры экранирования и ослабления энергии СВЧ-излучения, проходящего через исследуемые образцы РПМ, оценивали рефлектометрическим методом по коэффициенту отражения (R) и ослаблению (S) энергии СВЧ-излучения в диапазоне

частот 5,6–12,0 ГГц при нормальном падении электромагнитной волны (ЭМВ) в волноводных трактах измерителей Р2-60 и Р2-61. Индикатор измерителя КСВН и ослабления Я2Р-67 позволяет наблюдать на экране электронно-лучевой трубки частотные характеристики КСВН и ослабления и производить отсчет измеряемых величин по шкалам отсчетного устройства в автоматическом и ручном режимах перестройки частоты генератора СВЧ.

Исследуемый образец РПМ прямоугольного сечения помещали в волноводный тракт измерителя, собранного по схеме измерения ослабления или КСВН. При неполном отражении в линии, что имеет место при внесении образца РПМ, устанавливается режим, при котором результирующие возмущения можно представить как сумму стоячей и бегущей волн. Степень приближения к режиму стоячей волны в этом случае характеризует коэффициент стоячей волны, численно равный отношению амплитуд напряженностей электрического (магнитного) поля в точках линии, соответствующих пучностям и узлам стоячей волны. Для калибровки прибора и измерения КСВН использовали короткозамыкатель – металлическую пластину, коэффициент отражения которой принимали равным единице (или 100 %), для измерения ослабления энергии электромагнитного излучения (ЭМИ) использовали согласованную нагрузку как окончательный поглощающий элемент.

При разработке РПМ и ЭМЭ их эффективность экранирования ЭМИ определяется суммой величины поглощения экраном энергии излучения по механизмам магнитных, диэлектрических и джоулевых потерь, ее отражения на границе экрана с атмосферой и рассеяния вследствие многократных внутренних переотражений на межфазных поверхностях композита. Эффективность экранирования зависит от частоты источника излучения, его пространственного расположения по отношению к ЭМЭ, а также от структуры и электрофизических свойств материала экрана.

Установлено, что введение графитовых наполнителей в полиэтиленовую матрицу позволяет улучшить радиопоглощающие свойства материала. Это обусловлено электрофизическими свойствами графита, дисперсностью, формой частиц, степенью наполнения и распределением частиц в ПЭ матрице. Эксперименты позволили определить оптимальную степень наполнения ПЭ матрицы графитом (40–60 мас. %), при которой величина коэффициента отражения от поверхности РПМ минимальна, а ослабление энергии ЭМИ максимально (10–15 дБ) при постоянной толщине листовых образцов (3 мм). При соблюдении этого условия отпадает необходимость в наружных радиопрозрачных покрытиях на радиопоглощающих элементах, которые наносят с целью согласования волновых сопротивлений элемента и атмосферы. Покрытия выполняют лишь технологические и защитные функции, обуславливающие повышение технического ресурса ЭМЭ.

Литература

1. Банний, В. А. Электромагнитные экраны как средство решения проблемы электромагнитной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций / В. А. Банний // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2014. – Т. 9, № 1. – С. 26–33.
2. Банний, В. А. Применение полимерных радиопоглощающих материалов в решении проблемы электромагнитной безопасности / В. А. Банний, В. А. Игнатенко // Проблемы здоровья и экологии. – 2016. – № 3 (49). – С. 9–13.
3. Банний, В. А. Радиопоглощающие материалы на основе наполненного полиэтилена / В. А. Банний, И. В. Царенко // Вестн. Гомел. гос. ун-та им. П. О. Сухого. – 2009. – № 3. – С. 3–6.
4. Современные материалы и способы защиты биологических объектов от воздействия электромагнитных полей и излучений / В. А. Банний [и др.] // Проблемы здоровья и экологии. – 2018. – № 2 (56).