

Особенности проведения испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов

С. Доцник¹, А. Ефремова²

ФГУП «МНИИРИП» – головная научно-исследовательская испытательная организация Минпромторга России в области развития и применения электронной компонентной базы (ЭКБ). На предприятии функционирует участок испытаний на воздействие плесневых грибов, который имеет санитарно-эпидемиологическое заключение и лицензию на право деятельности с микроорганизмами III и IV групп патогенности. В статье рассмотрены вопросы стойкости изделий к воздействию внешней среды, в частности, микроорганизмами-деструкторами. Дана характеристика оптимальных условий жизнедеятельности плесневых грибов. Раскрыты типичные проблемы, вызванные ростом плесневых грибов на различных изделиях и материалах. Проанализированы вопросы, возникающие при оценке грибостойкости изделий и материалов. Изучены документы стандартизации, регламентирующие требования стойкости к воздействию плесневых грибов, а также методы проведения подобных испытаний. Указаны особенности, имеющиеся отличия и противоречия. Предлагаются общие пути решения выявленных проблем.

Надежность изделий техники во многом определяется их стойкостью к воздействию внешней среды, естественной составляющей которой являются микроорганизмы. Воздействуя на объекты техники микроорганизмы-деструкторы вызывают их повреждения: изменение структурных, функциональных характеристик, вплоть до разрушения.

Одним из таких организмов-деструкторов являются плесневые грибы. Это – один из самых древних живых организмов на Земле. Они появились 200 миллионов лет назад и научились выживать в любых условиях: в радиации, арктических льдах и открытом космосе. Одно из основных и самых опасных свойств плесени – ее вездесущность.

Грибы развиваются в почве и на многих типах общеизвестных материалов, могут жить на большинстве органических материалов, которые отличаются различной устойчивостью к действию плесневых грибов. Размножаются плесневые грибы спорами, которые отделяются от основной культуры, затем прорастают и образуют новую культуру. Эти споры малы и легко переносятся

потоком воздуха. Они также прилипают к частицам пыли и попадают вместе с ними в изделия.

Таким образом, все части изделия, в которые проникает воздух, могут быть заражены спорами плесневых грибов, находящихся в воздухе.

Влага способствует прорастанию спор плесневых грибов там, где на поверхности есть слой пыли или другой гидрофильный материал. Однако споры могут выдерживать длительные периоды очень низкой влажности.

Оптимальная температура прорастания спор плесневых грибов, представляющих опасность для оборудования, находится в пределах от 20 до 30 °С. Однако отдельные виды плесневых грибов могут прорасти при температуре ниже 0 °С, а некоторые – при температуре 40 °С. Многие споры не повреждаются при продолжительной выдержке при температурах ниже нуля и при повышенной температуре – до 80 °С.

Плесневые грибы обладают богатым ферментативным аппаратом. Они способны в зависимости от условий синтезировать нужный фермент или использовать ферменты другого организма при отсутствии нужного собственного. Наиболее агрессивными метаболитами микроорганизмов являются органические кислоты (известно около 30 органических кислот, синтезирующихся плесневыми грибами), окислительно-восстановительные

¹ ФГУП «МНИИРИП», начальник лаборатории климатических испытаний испытательного центра.

² ФГУП «МНИИРИП», инженер-испытатель участка испытаний на воздействие плесневых грибов.

и гидролитические экзоферменты. Благодаря микроскопическим размерам гифы и споры проникают в углубления и трещины материала, вызывая изменение массы, водопоглощения и степени гидрофобности.

Даже при незначительном повреждении материала образование на его поверхности проводящей дорожки из слоя мокрого мицелия может сильно снизить сопротивление изоляции между электрическими проводниками, расположенными на изоляционном материале. Если мицелий растет в месте, где имеется электромагнитное поле электрической цепи, чувствительной к изменению параметров, он может вызвать серьезное изменение ее частотных и импедансных характеристик.

Наличие массы мицелия обеспечивает занос влаги, который поддержит высокую влажность в образце даже в том случае, если влажность окружающей среды понизится. Это может привести к повреждению изделий исключительно из-за воздействия влаги.

Поверхностное воздействие плесневых грибов за счет конденсации влаги и повышения температуры приводит к коротким замыканиям между токоведущими частями плат. В других случаях биоповреждения могут носить более глубокий характер, когда наряду с изменением внешнего вида изменяются физико-химические, физико-механические и другие свойства материалов: наблюдается изменение вязкости, прочности, твердости, электроизоляционных и других свойств. Органические кислоты и другие метаболиты обладают высокой проводимостью. В результате снижаются удельные объемное и поверхностное сопротивления, увеличивается тангенс угла потерь, уменьшаются пределы механической прочности материалов на растяжение и изгиб. Обрастание плесневыми грибами сплавов свинца, алюминия и стали ведет к интенсивному растворению зерен металлов, оптические изделия из стекла подвергаются разрушению плесневыми грибами из-за растворения продуктами метаболитов, и даже умеренный рост микроорганизмов представляет серьезную проблему, так как снижает контрастность изображения, создает нежелательное рассеивание света.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что вред от воздействия грибов заключается не только в обрастании материалов мицелием, а, главным образом, в разрушающем действии метаболитов плесневых грибов.

Итак, типичные проблемы, вызываемые ростом плесневых грибов:

- микроорганизмы усваивают органические материалы в процессе нормального обмена веществ, разрушая тем самым материал, уменьшая поверхностное натяжение и облегчая проникновение влаги;
- ферменты и органические кислоты, вырабатываемые в результате обмена веществ, выделяются из клеток, попадают на материал и вызывают коррозию металлов, травление стекла, затверждение

смазки и другие химические и физические изменения вещества;

- физическое присутствие микроорганизмов создает органические электропроводящие соединения между электрическими цепями, что может привести к отказам электрооборудования;
- физическое присутствие плесневых грибов может также вызвать проблемы со здоровьем у обслуживающего персонала и создавать эстетически неприятные ситуации, в которых пользователи могут отказаться от применения данного оборудования.

Необходимость подтверждения стойкости материалов и изделий к воздействию плесневых грибов сомнению не подлежит.

Требования стойкости изделий к воздействию плесневых грибов содержатся в документах стандартизации. Согласно действующим стандартам КГВС «Климат 7», ГОСТ РВ 20.39.414.1-97 содержит требования стойкости к воздействию плесневых грибов для изделий групп исполнения 1У-6У, а ГОСТ 28206-89 – рекомендованный метод проведения испытаний.

В то же время ГОСТ РВ 20.57.416-98, входящий в КГВС «Климат 7», в котором регламентированы методы проведения испытаний, рекомендует проводить испытания на грибостойкость в соответствии с ГОСТ 9.048-89.

Предлагаемые в указанных стандартах методики испытаний имеют ряд отличий и несоответствий. Для наглядности и объективности предлагаем ознакомиться с небольшим анализом стандартов, регламентирующих методики проведения испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов.

Проанализируем **ГОСТ 28206-89** «Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытание J и руководство: Грибостойкость».

В соответствии с данным документом, целью испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов является выявление непредвиденных причин ухудшения характеристик смонтированных образцов независимо от того, использовали ли в их конструкции материалы, устойчивые к воздействию плесневых грибов, или нет (определение степени развития плесневых грибов и воздействия их на физические свойства и работоспособность изделий).

Приведены два варианта испытания на грибостойкость. **Вариант 1** испытания устанавливает непосредственное заражение образцов спорами плесневых грибов. **Вариант 2** предусматривает предварительную обработку питательным раствором, способствующим развитию плесневых грибов на образцах.

Дана четырехбалльная оценка результатов испытаний.

Интенсивность развития плесневых грибов оценивается и выражается в соответствии со следующей шкалой:

- 0 баллов – плесневые грибы отсутствуют при номинальном, примерно 50-кратном увеличении;
- 1 балл – плесневых грибов не видно или едва видно невооруженным глазом, но они ясно обнаруживаются под микроскопом;
- 2 балла – плесневые грибы отчетливо различимы невооруженным глазом, но покрывают менее 25% испытываемой поверхности;
- 3 балла – плесневые грибы отчетливо видны невооруженным глазом и покрывают более 25% испытываемой поверхности.

В **ГОСТ 28206-89** отсутствуют рекомендации, указывающие на особенности методологии проведения испытаний для оптических деталей, а также регламентированный перечень штаммов, активных в отношении оптических изделий. Приготовление споровой суспензии ведется без учета концентрации спор каждого штамма грибов.

Вместе с тем после осмотра и определения степени развития грибов, предусмотрена оценка поверхности образцов после смывания мицелия, а также измерение электрических параметров и заключительная проверка образцов после восстановления (проведение измерений спустя 24 ч).

Испытания на грибостойкость, как указывалось выше, отражены в ГОСТ РВ 20.57.416-98, в котором цель проведения испытаний на воздействие плесневых грибов определяется как способность изделий или их отдельных сборных единиц и деталей противостоять развитию грибов. Испытание проводят методом 214-1 или 214-2. Указывается, что испытание, обработку результатов испытаний и их оценку проводят по ГОСТ 9.048-89.

Рассмотрим **ГОСТ 9.048-89** «Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов». В документе описаны **четыре метода** лабораторных испытаний на стойкость технических изделий к воздействию плесневых грибов, которые дают возможность установить:

- правильность выбора материалов и возможных технологических дефектов при изготовлении изделий (**Метод 1**);
- влияние на грибостойкость внешних загрязнений в процессе сборки и (или) эксплуатации, и (или) хранения изделий (**Метод 2**);
- влияние внешних загрязнений на грибостойкость и работоспособность изделий (**Метод 3**);
- влияние интенсивного развития плесневых грибов на работоспособность изделий (**Метод 4**).

Имеются дополнения по проведению испытаний оптических деталей. Представлен отдельный перечень видов

плесневых грибов для испытаний оптических деталей вне сборки. Даны рекомендации по выбору методов испытаний и допустимые показатели грибостойкости изделий. Указано количество изделий в выборке, предъявляемой на испытания.

Оценка результатов испытаний представлена шестибальной шкалой:

- 0 баллов – под микроскопом прорастания спор и конидий не обнаружено;
- 1 балл – под микроскопом различимы проросшие споры и незначительно развитый мицелий;
- 2 балла – под микроскопом обнаруживается развитый мицелий, возможно спороношение;
- 3 балла – невооруженным глазом мицелий и (или) спороношение едва заметны, но отчетливо видны под микроскопом;
- 4 балла – невооруженным глазом отчетливо наблюдается развитие грибов, покрывающих менее 25% испытываемой поверхности;
- 5 баллов – невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25% испытываемой поверхности.

В ГОСТ 9.048-89 измерение параметров после испытаний предусмотрено в методах 3 и 4; приводится таблица, в которой результат испытаний (соответствие НТД) рассматривается с учетом влияния плесневых грибов на работоспособность изделий. Стоит сказать, что ГОСТ РВ 20.57.416-98 не предусматривает проведения испытаний в соответствии с методами 3 и 4.

Особенно существенны противоречия в оценке при определении результатов испытаний. Совпадения по 0 и 1 баллу и довольно сильные расхождения при оценке на 2 балла по ГОСТ 28206 (соответствует 4 баллам по ГОСТ 9.048). Критерии оценки на 2 и 3 балла по ГОСТ 9.048 соответствуют критериям в ГОСТ 28206.

Необходимо отметить, что рост грибов, выраженный в баллах грибостойкости от 0 до 5 (по ГОСТ 9.048-89), как и от 0 до 3 (по ГОСТ 28206-89), характеризует исключительно степень обрастания материала грибами, но не отражает степень разрушения материала и ухудшения его свойств (измеряемых параметров, характеристик).

Таким образом, проведенный анализ документов стандартизации показывает их несовершенство, а порой противоречивость. В связи с чем необходимо выполнить ряд действий.

1. Выработать единую концепцию предъявляемых требований к изделиям с указанием ГОСТ и метода проведения испытаний.
2. Регламентировать необходимый и достаточный набор штаммов плесневых грибов для различных групп изделий, выделив перечень для оптических изделий.

3. Указать необходимость оценки состояния поверхности изделия после смыва мицелия грибов для выявления изменений свойств. Скорректировать шкалу оценки стойкости с учетом данного требования.
4. Указать необходимость проведения проверок (измеряемых параметров и характеристик) по окончании воздействия, изменить шкалу оценки стойкости с учетом сохранения механических свойств и электрических параметров (работоспособности) по окончании испытаний.
5. Регламентировать объем выборки для различных групп изделий, с учетом метода испытаний.
6. Для оценки стойкости и интерпретации полученных результатов осуществить поиск новых методик, снижающих субъективность мнений.

Считаем целесообразным рассмотреть вопрос о совершенствовании нормативной базы, в которой необходимо гармонизировать предъявляемые требования к материалам и изделиям на стойкость к воздействию плесневых грибов с целью проведения испытаний, а, следовательно, с методологией проведения исследований для различных групп изделий.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Горение, деструкция и стабилизация полимеров / Под. ред. Г. Е. Заикова. – СПб: Изд-во «Научные основы и технологии», 2008. С. 422.
2. Научный журнал КубГАУ. 2014. № 104 (10).
3. **Семенов С. А., Гумаргалиева К. З., Калинина И. Г. и др.** Биоразрушения материалов и изделий техники // Вестник МИТХТ. 2007. Т. 2. № 6. С. 3–26.
4. **Анисимов А. А., Смирнов В. Ф., Фельдман М. С.** К вопросу о методике определения биостойкости полимерных материалов, используемых в радиотехнике, электронике и химической промышленности // Методы определения биостойкости материалов. Сборник научных работ. – М.: Профиздат, 1979. С. 82–100.
5. ГОСТ РВ 20.57. 416-98.
6. ГОСТ РВ 20.39.414.1-97.
7. ГОСТ 9.048-89.
8. ГОСТ 28206-89.