

УДК 62–757.7

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВООБРАСТАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА

В.Ф. Каблов, В.Е. Костин, Д.А. Кондруцкий, Н.А. Соколова

ВПИ (филиал) ВолгГТУ, г. Волгоград

✉ kablov@volpi.ru; vek@volpi.ru; kondrutsky@mail.ru; natalissa_72@list.ru

Для получения противообрастающих покрытий конструкционных элементов гидротехнических сооружений моллюском дрейссеной, использовались самоклеящаяся фторполимерная пленка и фторопласто-эпоксидный лак марки ЛФЭ-32ЛНХ. Установлено, что оба покрытия проявляют хорошие противообрастающие свойства и при правильном нанесении обеспечивают защиту от коррозии и хорошую адгезию к металлу. Покрытие фторполимерной пленкой дороже, но является более технологичным.

Ключевые слова: гидросооружения, моллюск дрейссена, гидроэлектростанция, биологическое обрастание, ремонт агрегатов, методы борьбы, адгезионные свойства, фторопласт, защитные покрытия, биссус.

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF ANTIFOULING COVERINGS ON BASE OF FLUOROPLAST

V.F. Kablov, V.E. Kostin, D.A. Kondrutsky, N.A. Sokolova

Volzhsky Polytechnical Institute (branch of)

Volgograd State Technical University, Russia

✉ kablov@volpi.ru; vek@volpi.ru; kondrutsky@mail.ru; natalissa_72@list.ru

Pressure sensitive fluoropolymer adhesive and fluoroplast-epoxy lacquer (LFE-32LNH) were used for antifouling coverings of hydroelectric power plants constructional elements against mussel *Dreissena*. It is discovered that both coverings show good antifouling properties and provide protection against corrosion and good adhesion to metal at correct covers. The covering pressure sensitive fluoropolymer adhesive is more expensive, but is more technological.

Keywords: hydroconstructions, mollusc *Dreissena*, hydroelectric power station, Biological fouling, repair of units, struggle methods, adhesive properties, fluoroplastic, sheetings, byssus.

Серьезной проблемой при эксплуатации гидросооружений является обрастание элементов оборудования моллюском дрейссена. Особенно остро эта проблема проявляет себя на гидроэлектростанциях с проточной системой охлаждения обмоток статора генератора.

Попадание моллюсков в водоводы системы охлаждения может привести к таким нежелательным последствиям, как внеплановый останов и ремонт агрегата. Существующие системы защиты от попадания инородных предметов в водоводы станции малоэффек-

тивны вследствие того, что задерживают только относительно крупные объекты, а тысячи моллюсков с мощным током воды попадают в водоводы станции, обеспечивающие подачу воды к воздухоохладителям обмоток статора и подшипнику турбины. Внутри труб водоводов, в фильтрах механической очистки и крышках воздухоохладителей моллюски закрепляются и создают колонии. В период нереста, который может продолжаться все лето, каждый моллюск осуществляет порционное икротение. Личинки моллюска — велигеры также оседают на поверхностях оборудования и создают новые колонии. Обеспечить современными средствами фильтрацию воды, в необходимом для нужд станции объеме, от личинок моллюска практически невозможно, так как они имеют микроскопические размеры и среднюю плотность равную плотности воды. Установлено, что в летний период на ремонтных затворах Волжской ГЭС скорость обрастания в летнее время составляет $1 \dots 1,5 \text{ кг/м}^2$ за два месяца. Со временем может произойти полное зарастание дрейссеной сечений водоводов, внутренних поверхностей фильтров механической очистки воды и крышек воздухоохладителей, что неизбежно скажется на работе агрегатов станции. Уменьшение расхода воды через водовод системы охлаждения обмоток статора, приведет к повышению температуры обмоток, опасности разрушения изоляционного материала, и в конечном итоге к остановке агрегата.

Основным методом профилактики обрастания поверхностей, в настоящее время, является применение противообрастающих покрытий. Большинство противообрастающих покрытий содержат те или иные виды

токсиканов, постепенное поступление которых из покрытия в воду, должно приводить к гибели организмов-обрастателей. Как показывает практика использования противообрастающих покрытий, их эффективность весьма ограничена. Универсальных противообрастающих покрытий в настоящее время не существует, с другой стороны многие противообрастающие покрытия настолько токсичны, что наносят вред не только организмам-обрастателям, но и всем обитателям акватории, что недопустимо.

Одним из экологически безопасных методов, позволяющих значительно снизить возможности моллюска к закреплению на поверхности оборудования, является метод уменьшения адгезионных свойств поверхностей, подверженных обрастанию. Но для реализации этого метода необходимо иметь четкие представления о механизме закрепления и обрастания моллюска дрейссены на различных поверхностях.

Процесс обрастания поверхности моллюском дрейссены можно разделить на три этапа: оседание раковин или личинок моллюска на поверхности; закрепление и обрастание. Известно, что закрепление раковины моллюска дрейссены на поверхности происходит за счет мускула ноги, а затем окончательное закрепление на поверхности (обрастание) осуществляется биссусными нитями.

Процесс формирования биссусной нити происходит в два этапа: вначале вещество имеет консистенцию меда, прилипает к субстрату, одновременно железой выделяется специальный фермент, связывающий молекулярные цепи этого белка в единую массу. Анализ результатов процесса обрастания различных поверхностей моллюском дрейссеной,

проведенный сотрудниками ВПИ (филиал) ВолгГТУ, в лабораторных и естественных условиях, дает возможность рассматривать закрепление нитей биссуса на субстрате как процесс образования клеевого соединения. В таком случае можно предположить, что наиболее эффективными покрытиями против обрастания дрейссеной будут покрытия из трудносклеиваемых материалов. К таким материалам, имеющим низкие адгезионные свойства, относятся фторопласты. Но по этой же причине (низкой адгезии) возникают значительные трудности при нанесении фторопластовых покрытий на поверхности оборудования и сооружений. Кроме того, покрытие поверхностей оборудования и сооружений ГЭС должно обладать кроме противообрастающих свойств еще и защитными противокоррозионными свойствами и иметь достаточную механическую прочность. Технологический процесс нанесения покрытия должен быть применим к оборудованию и сооружениям ГЭС.

Для апробации, из технологических соображений нанесения покрытий на поверхности оборудования, были выбраны: самоклеящаяся фторполимерная пленка и фторопласто-эпоксидный лак марки ЛФЭ-32 ЛНХ холодного отверждения.

Технология нанесения фторполимерных пленок не представляет особых сложностей и может быть использована для защиты поверхностей технологического оборудования ГЭС. Самоклеящиеся фторполимерные пленки сохраняют все физико-химические свойства исходных фторполимеров: интервал рабочих температур и химстойкость.

Фторопласто-эпоксидный лак также обладает высокими противокоррозионными и за-

щитными свойствами, не набухает в воде. Он устойчив к кислым, щелочным средам и к агрессивным газам и парам, содержащим фтористый водород, окислители и другие агрессивные компоненты.

Для оценки эффективности фторполимерной пленки и фторопласто-эпоксидного лака, в сентябре 2007 года, были покрыты крышки воздухоохладителя статора генератора, кроме того, фторопласто-эпоксидным лаком был порывт стакан фильтра механической очистки воды системы охлаждения обмоток статора. Данные работы проведены на агрегате № 5 Волжской ГЭС, обработаны крышки воздухоохладителей № 1 и № 7 и стакан фильтра № 2.

Мониторинг состояния защитного покрытия проводился в декабре 2007 года. Визуальный осмотр поверхности стакана фильтра показал, что закрепившихся моллюсков дрейссены ни снаружи, ни изнутри стакана фильтра нет. Общий объем механических загрязнений небольшой, состоящий в основном из раковин отмершей дрейссены и мальков рыб сельдевых пород. Состояние покрытия в целом удовлетворительное.

Следующий мониторинг состояния нанесенных покрытий проводился в январе 2009 года во время планового останова агрегата.

Анализ состояния покрытий крышек воздухоохладителя после эксплуатации агрегата в течение почти одного года и четырех месяцев показал, что в целом фторопласт свою миссию выполнил — колоний моллюсков в крышках воздухоохладителя и стакане фильтра не обнаружено.

Более детальная картина выглядит так: на стакане фильтра закрепившихся моллю-

сков не обнаружено, но покрытие сильно повреждено, что может являться следствием нарушения технологического процесса очистки таких покрытий. Обычно для очистки стаканов фильтров на Волжской ГЭС используются металлические щетки, а для очистки любых покрытий на основе фторопласто-эпоксидных лаков допускается использовать только мягкие материалы.

Поэтому более объективная информация об эффективности покрытий на основе фторопласта получена после осмотра крышек воздухоохладителя, которые не снимались в течение всего межремонтного срока.

Оценка состояния фторопласто-эпоксидного лака проводилась визуально и при помощи механического воздействия шпателем. При внешнем осмотре внутренней поверхности крышки колоний моллюска обнаружено не было. Сверху поверхность лака была покрыта коричнево-бурым налетом, под которым состояние покрытия было вполне удовлетворительным. В некоторых местах были зафиксированы локальные, точечные отслоения фторопласто-эпоксидного лака и коррозия металла. В этих же местах обнаружены единичные закрепившиеся моллюски.

Состояние фторполимерной пленки также оценивалось визуально. Следует отметить, что в двух местах произошел отрыв пленки от поверхности металла, что объясняется нарушением технологического процесса наклеивания покрытия, в частности — подготовкой выкройки и дефектам геометрии поверхности самой крышки. В других местах поверхность пленки осталась гладкой, хотя так же, как и поверхность лака была покрыта налетом. На пленке закрепившихся мол-

люсков обнаружено не было, у перегородки крышки скопился шлам, состоящий, в основном, из пустых раковин и других твердых частиц. Кроме того, пленка подтвердила хорошие антикоррозионные защитные свойства. Под пленкой поверхность металла осталась чистой с характерным металлическим блеском без признаков коррозии.

Подводя итоги проведенных исследований материалов на основе фторопласта в качестве противообрастающих покрытий, можно отметить следующее:

- оба покрытия проявили неплохие противообрастающие свойства, так как колоний моллюска на них обнаружено не было;
- при правильном нанесении обеспечивается отличная защита от коррозии и хорошая адгезионная прочность соединения с металлом;
- стоимость покрытия одного квадратного метра фторполимерной пленки выше, чем стоимость лака нанесенного в один слой на такую же площадь, но технологический процесс нанесения пленки проще и требует значительно меньше времени.

Таким образом, метод, направленный на снижение адгезии поверхностей, подвергающихся обрастанию, является перспективным и полимерные покрытия на основе фторопласта могут существенно повысить эффективность выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях за счет уменьшения негативного влияния обрастания этих поверхностей оборудования и сооружений моллюском дрейссена.

1. Соколова Н. А., Каблов В.Ф., Костин В.Е., Мальцев С.А. Анализ и исследование современных методов снижения негативного влияния биообрастания сооружений

- и оборудования ГЭС // IV Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании». Материалы (в 2-х томах). Т.1. Составители: Хохлова Т.С., Хохлов В.А., Ступак Ю.А. Днепропетровск - Варна: Фортуна - ТУ - Варна, 2008. – 850 с. ISBN 966-525-631-8, ISBN 966-525-422-6 (Т.1)
2. Соколова Н. А., Каблов В.Ф., Костин В. Е. Комплексное решение проблемы биообращения оборудования и сооружений ГЭС // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Перифитон и обрастание: теория и практика» - С-Пб: ИПЦ «Барс», 2008г. – 214 - 216 с.
3. Старовойтов М.К., Каблов В.Ф., Костин В.Е., Соколова Н.А., Медведева Л. Н., Мальцев С.А. Опыт использования фторопластовых покрытий для борьбы с биообрастаниями в водной среде на гидротехнических сооружениях. V Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании» Сборник материалов конференции в 2-х томах. Том 1. 6-13 июня 2009 г. Варна, Болгария, 2009. – С. 428 – 430.
-