

Стогний Г.В., Алаев В.В.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА КОРПУСНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СКОРОСТНЫХ КОРАБЛЕЙ И ЭКРАНОПЛАНОВ

В статье проводится анализ строительства современных судов по технологии Stealth. Рассматриваются перспективы развития строительства судов, кораблей и экранопланов, защита их корпусов от электромагнитных излучений.

Ключевые слова: *стэлс, электромагнитные излучения, экранопланы.*

Введение. Процесс коррозии металлов в морской воде идёт с кислородной деполяризацией. При этом уменьшается катодная поляризуемость катодного элемента контактной пары, что может вызвать усиленную коррозию анодного элемента. Однако коррозия в этих условиях изучена недостаточно для решения вопроса об опасности эксплуатации судовых и корабельных конструкций, изготовленных из разнородных металлов, и выборе способов защиты их от контактной коррозии. Кроме этого, не в полном объёме исследованы процессы коррозии в современных судостроительных материалах при обтекании корабельных конструкций потоком морской воды выше 50 м/с, (60 м/с и 70 м/с, с регулируемой подачей процентного содержания кислорода в морской воде). А также не изучена и не проверена экспериментально оптимальная энергоёмкость самой установки фактически может быть снижена в десятки раз, что позволяет получить более чистые результаты, независимые от свободно передаваемых ионов как от самой установки, её электродвигателя, так и от заряда земли.

Цель исследований – изучение влияния электрохимической коррозии и электромагнитных излучений на корпуса и конструкции кораблей и экранопланов при эксплуатации их в высоких морских скоростных потоках выше 50 м/с. Научная новизна исследований позволит своевременно устанавливать защиту и предотвращать разрушение корабельных конструкций, изготовленных из алюминиевых сплавов, и таким образом реально продлит сроки эксплуатации и сократит затраты на их производство в судостроении и ремонте.

Актуальность исследований. При строительстве скоростных кораблей и экранопланов возникла необходимость исследования и изучения влияния электромагнитных излучений при скорости потока морской воды выше 50 м/с, когда вступают в силу переходные процессы, а коррозионные начинают активно влиять на состояние, структуру и, следовательно, прочность кораблестроительного материала, т.е. процессы эрозионные. В результате этих процессов в первую очередь нуждаются в защите корпуса и агрегаты кораблей и судов, изготовленных из алюминиевых сплавов – от электромагнитных излучений и электрохимической коррозии и, безусловно, от электрической эрозии. Процесс разрушения токопроводящих материалов (чистых металлов и сплавов) под действием импульсного электрического разряда принято называть электрической эрозией.

Установлено, что электроэрозийная устойчивость металла понижается с увеличением его атомного веса (свинец, например, менее эрозионостоек, чем железо и медь).

Из выражения энергии отдельного импульса следует, что повышение энергии импульса может быть достигнуто увеличением как ёмкости, так и напряжения. Опытами установлено, что с увеличением ёмкости до некоторого максимума интенсивность энергии анода

возрастает; причём чем выше разность потенциалов, тем при прочих равных условиях и при одинаковой ёмкости эрозионное разрушение значительнее.

Результаты исследований. Для решения вышеуказанных проблем была рассчитана и спроектирована современная испытательная установка «ИМПУЛЬС-100», которой были изначально и заданы необходимые исследуемые параметры. С учётом этого было принято решение существенно повысить скорость потока морской воды, пропускаемой через установку (до 70 м/с) при воздействии потока на испытуемые судостроительные образцы металлов. Кроме этого, потребляемая мощность на испытательной установке «ИМПУЛЬС-100» по сравнению с установками девяностых годов в десятки раз меньше. При омывании судостроительных металлических образцов установка «ИМПУЛЬС-100» по своей конструкции изолирована от земного электромагнитного заряда (земного поля) и её конструкция позволила свести к минимуму влияния (воздействия) свободных или освобождающихся ионов с металлических конструкций, что не было предусмотрено в испытательной установке девяностых годов, созданной в СССР. Результаты испытаний были взяты за основу при установлении стандартов для судостроительных металлов в части определения стандартов влияния на коррозионные процессы в судо- и кораблестроении.

В настоящее время нет опубликованных результатов исследований при скоростях выше 50 м/с, а также нет испытательных машин подобного рода, в том числе по исследованию и проверке лёгких сплавов металла при нахождении его в воздушно-капельной среде со скоростями движения среды выше 50-60 м/с.

Уменьшение разрушения металлов при контактной коррозии достигается мероприятиями, снижающими эффективность работы электродных пар, образованных в результате контакта разнородных металлов. В частности, для снижения коррозии контактирующие между собой материалы должны, по возможности, иметь наименьшую разность стационарных потенциалов в эксплуатационных условиях. По значению стационарных потенциалов металлы разбиваются на следующие группы: 1) магний и его сплавы; 2) кадмий, цинк, алюминий и их сплавы; 3) свинец, олово и их сплавы, железо и стали перлитного класса; 4) медь, хром, никель, кобальт; 5) титан и его сплавы, коррозионно-стойкие стали, серебро, золото, платина. Разбивка по группам эмпирически условная.

Опыт эксплуатации показывает, что металлы, отнесенные к одной группе, могут эксплуатироваться в контакте друг с другом. Контакт металлов, отнесенных к различным группам, приводит к коррозии металла, являющегося анодом в паре. В этом смысле особенно опасны контакты магния и его сплавов практически со всеми металлами кроме кадмия и сплавов алюминия с аустенитной сталью и металлами, отнесёнными к четвёртой группе в приведенной выше классификации [1].

Для определения особенностей и закономерностей влияния скоростного потока на контактную коррозию судостроительных металлов были проведены исследования контактной коррозии разнородных металлов на участках, обеспечивающих изменение скорости потока морской воды в интервале от 10 до 50 м/с. С этой целью применялась установка «Скорость-50», основной рабочей частью которой является прямоугольная щелевая камера, в стенках которой заподлицо устанавливаются судостроительные образцы металлов и хлорсеребряные электроды сравнения. Два образца, электрод сравнения и вспомогательный электрод, размещённые в верхней и нижней частях камеры, образуют электрохимическую ячейку, не зависящую от соседних. Внутри камеры непосредственно из морской среды насосом подаётся морская вода со скоростью выше 50 м/с.

Исследования контактной коррозии проводили на образцах из алюминиевого сплава АМг61, широко применяемого в настоящее время для корпусных конструкций скоростных кораблей и экранопланов, бронзы АЖН9-4-4, используемой для гребных винтов, высоколегированной стали 12Х18Н10Т, применяемой для крыльевых устройств, обтекателей, внутренней поверхности насадок, сплава 3, применяемого для аналогичных конструкций, а также углеродистой стали 25Л.

Изучение контактной коррозии указанных выше металлов проводилось путём определения электрохимических характеристик (стационарного потенциала, поляризуемости, тока коррозии) и скорости коррозии. В результате измерений стационарных потенциалов установлено, что с увеличением скорости движения морской воды от спокойной до 50 м/с стационарный потенциал стали 25Л сдвигается в область положительных значений, изменяясь от -650 до -500 мВ. Наибольшее изменение его (на 70 мВ) происходит при повышении скорости движения до 10 м/с. Стационарный потенциал бронзы АЖН9-4-4 при увеличении скорости движения воды от нуля до 50 м/с изменяется от -220 до -300 мВ. При этом наблюдается плавное изменение потенциала до скорости движения воды, равной 30 м/с, а при дальнейшем её увеличении изменения потенциала практически не происходит. Стационарный потенциал алюминиевого сплава АМг61 при увеличении скорости движения воды значительно смещается в область отрицательных значений. На этом сплаве наибольший сдвиг потенциала происходит при переходе от спокойной воды к скорости обтекания 10 м/ и величина потенциала изменения 10 м/с, и величина потенциала изменяется от -740 до -1150 мВ. При дальнейшем увеличении скорости движения (до 50 м/с) наблюдается некоторое смещение потенциала в положительную сторону, до -950 мВ. При этом его значение остаётся отрицательнее (на 200 мВ) величины потенциала в спокойной воде. Величина стационарных потенциалов высоколегированной стали 12Х18Н10Т при различной скорости морской воды изменяется незначительно.

Применяемая в современных условиях катодная защита – одно из наиболее высокоэффективных средств для предотвращения коррозии корпусов кораблей и судов в морской воде, выполненных из алюминиевых сплавов. Это относится, прежде всего, к подводной части корпусов кораблей и судов, катеров, катеров на подводных крыльях и воздушных подушках и, безусловно, амфибийных кораблей и судов, режим эксплуатации которых коренным образом отличается от режима эксплуатации водоизмещающих судов. Угроза коррозионных и эрозионных разрушений этих корабельных конструкций усугубляется их высокой скоростью при движении в морском потоке и наличием других факторов – контактирующих с корпусами конструкций металлов, существенно отличающихся электрохимическими характеристиками. Опытным путем установлено, что с увеличением ёмкости до некоторого максимума интенсивность энергии анода возрастает, причём чем выше разность потенциалов, тем при прочих равных условиях и при одинаковой ёмкости эрозионное разрушение значительнее. Отсюда следует, что повышение энергии импульса может быть достигнуто увеличением как ёмкости, так и напряжения.

Обзор публикаций и исследований. Главенствующими, определяющими факторами в морских сражениях были и остаются скрытность и скорость кораблей. Поэтому США активно развернули работу по созданию кораблей-невидимок. Для решения этой программы они еще в 30-х годах пригласили передовых физиков, в том числе А.Эйнштейна. При его активном участии провели так называемый «Филадельфийский эксперимент» с эсминцем «Элдридж», который пытались окутать мощным электромагнитным полем. Эксперимент не удался. «Элдридж» просто «прыгнул» в пространстве и времени.

После этого американцы создали технологию Stealth для летающих аппаратов. Они создали самолёты В-2, Ф-117А и беспилотные самолёты Stealth, используя специальные геометрические формы для максимального рассеивания радарных волн и специальный материал, поглощающий или рассеивающий электромагнитные сигналы. Типовые радары, как правило, обнаруживают корабль на расстоянии 50-60 миль. В то же время корпус из Stealth они способны обнаружить за 15-20 миль. Наиболее оригинальным примером является американский корабль «Sea shadow» (Морская тень), борта которого скошены под углом 45 градусов, но скорость у него всего 13 узлов. Этот недостаток учли и устранили шведские судостроители.

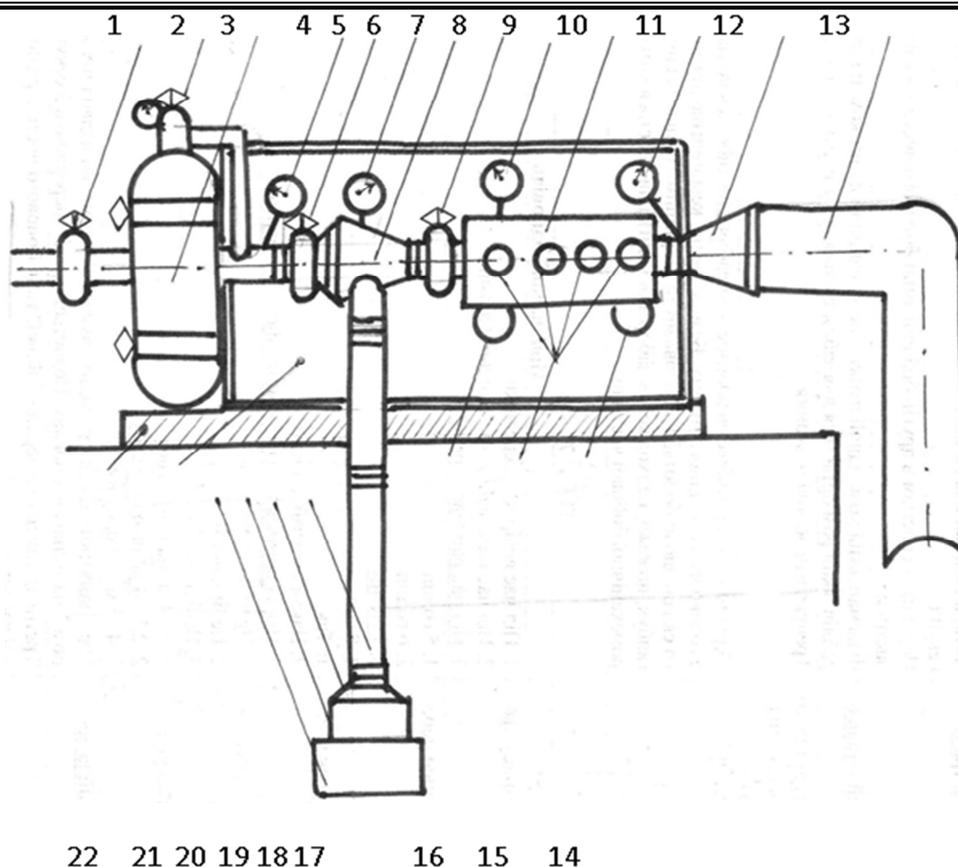


Рис.1. Функциональная схема испытательной установки «ИМПУЛЬС-100»

$V=100$ м/с, 1 – невозвратный клапан магистрали ВСД, 2 – клапан баллона ВСД, 3 – баллон ВСД, 4 – манометр, 5 – невозвратный клапан воздушной смеси, 6 – манометр, 7 – конфузор, 8 – невозвратный клапан рабочей смеси, 9 – манометр, 10 – испытательная камера, 11 – манометр, 12 – диффузор, 13 – сливной трубопровод, 14 – цифровой вольтметр на выходе, 15 – исследуемые образцы, 16 – цифровой вольтметр на входе, 17 – напорный трубопровод, 18 – дроссельная шайба, 19 – насос, 20 – фильтр, 21 – щит контроля, 22 – фундамент установки.

С 1993 года шведский флот построил ракетный катер типа «Smyge» на воздушной подушке, скорость которого превышает 50 узлов, который вооружён противокорабельными ракетами, имеет два торпедных аппарата и 40мм автоматическую пушку. Водоизмещение – 140 тонн, но главное достоинство катера – корпус изготовлен по технологии Stealth. Но и на этом шведские инженеры-судостроители не остановились, они ещё заложили 14 корветов «Visby». Материалы корпусов изготовлены с добавлением углеродных нитей, поглощающих электромагнитные излучения, и меньше чем за 5-6 миль при включении активных помех корабль не видно.

В 2005 году был спущен российский корвет «Стерегущий», являющийся головным из новой серии 20380. Его невидимостью занималось ЦМКБ «Алмаз», упор делался не на форму корпуса, а на новую технологию. Достраиваются «Сообразительный», «Бойкий», «Стойкий», «Совершенный», разработана экспортная версия – проект 20382 «Тигр».

Для решения вопросов безопасности и своих интересов в прибрежной зоне американцы утвердили и фактически активно реализуют программу строительства высокоскоростных кораблей USS Independence (LCS-2 – боевой тримаран).

Программа строительства тримаранов – кораблей прибрежной зоны нового поколения (литоральных боевых кораблей (ЛБК) – одна из основных, которая реализовывается сегодня ВМС США. Её цель – серийное строительство и введение в боевой состав флота около 50 высокоскоростных и высокоманевренных боевых кораблей.

ВМС США в 2010 г. ввели «USS independence», его стоимость около 700 млн. долларов. В соотношении полезной нагрузки к единице собственной массы корабль будет одним из самых эффективных военных кораблей и рекордсменом среди ЛБК в отношении высоты взлётно-посадочной полосы над уровнем моря. Его корпус и надстройка полностью изготовлены из алюминия. Поскольку тримаран имеет большую стойкость к качке, он способен принимать летательные аппараты в открытом море при выполнении боевых операций при шторме до 5 баллов. В будущем на его палубу смогут садиться не только вертолёты Sea Hawk 60, а и гораздо мощные Sea Stallion H-53 [1,3,4].

Но все вышеуказанные проекты кораблей водоизмещающие, и поэтому ограничены в первую очередь в подходе к береговой зоне, в манёврах и скорости в прибрежной акватории. Это в определённой мере сковывает борьбу с пиратством и террористическими проявлениями в отдельных регионах. Поэтому реально встал вопрос о необходимости использования амфибийных средств, то есть экранопланов и экранолётов.

По сути, экранный эффект – это та же воздушная подушка, только образуемая путём нагнетания воздуха не специальными устройствами, а набегающим потоком. То есть «крыло» таких аппаратов создаёт подъёмную силу не только за счёт разреженного давления над верхней плоскостью (как у «нормальных» самолётов), а дополнительно за счёт повышенного давления под нижней плоскостью, создать которое возможно только на очень небольших высотах (от нескольких сантиметров до нескольких метров). Эта высота соизмерима с длиной средней аэродинамической хорды (САХ) крыла. Поэтому крыло у экраноплана стараются выполнить с небольшим удлинением. Эффект экрана связан с тем, что возмущения (рост давления) от крыла достигают земли (воды), отражаются и успевают дойти до крыла. Таким образом, рост давления под крылом получается большим. Скорость распространения волны давления, конечно, равна скорости звука.

Достоинства экранопланов и экранолётов – все они без исключения изготовлены из лёгких и прочных сплавов алюминия, что позволяет обеспечить высокую живучесть, достаточно высокую скорость, высокую экономичность и более высокую грузоподъёмность по сравнению с самолётами, так как подъёмная сила складывается с силой, образующейся от экранного эффекта. Экранопланы по скоростным, боевым и грузоподъёмным характеристикам превосходят суда на воздушной подушке и суда на подводных крыльях. У них полностью отсутствует проблема обрастания морскими водорослями, а, следовательно, есть значительная экономия средств из-за отсутствия доковых и покрасочных операций, что не могут себе позволить водоизмещающие суда и корабли.

Для военных немаловажна малозаметность экраноплана на радарх вследствие полёта на высоте нескольких метров, а то и сантиметров. С применением технологий Stealth они стали быстроходными морскими «невидимками», невосприимчивыми к противокорабельным минам. Для экранопланов не важен тип поверхности, создающей эффект экрана – они могут перемещаться над замёрзшей водной гладью, снежной равниной, над бездорожьем и т.д. Как следствие, они могут перемещаться по «прямым» маршрутам, им не нужна наземная инфраструктура – мосты, дороги и т.д. А главное – современные экранолёты гораздо безопаснее обычных самолётов: в случае обнаружения неисправности в полёте амфибия может сесть на воду даже при сильном волнении. Причём это не требует совершения каких-либо предпосадочных маневров и может быть осуществлено просто сбросом газа (например, в случае неисправности двигателей). Также и сама неисправность двигателя зачастую не столь опасна для крупных экранопланов ввиду того, что они имеют несколько двигателей, разделённых на стартовую и маршевую группу, и неисправность двигателя маршевой группы может быть компенсирована запуском одного из двигателей стартовой группы. Экранолёты относятся к безаэродромной авиации – для взлёта и посадки им нужна не специально подготовленная взлётная полоса, а лишь достаточная по размерам акватория или ровный участок суши.

В постсоветский период, начиная с 1993 года и по настоящее время, единственным реальным разработчиком и строителем экранопланов в России являлась группа

конструкторов, организованная Дмитрием Николаевичем Сеницыным, входившая сначала в компанию «Технологии и Транспорт», а затем с 2001 года преобразованная в компанию «Амфибийные Транспортные Технологии» (ЗАО «АТТ»). В составе «Технологии и Транспорт» группа разработала проект малого экраноплана «Амфистар», а также после постройки 2-х опытных образцов выпустила серию из 10-и аппаратов. В составе ЗАО «АТТ» и ЗАО «Арктическая Торгово-Транспортная Компания» (ЗАО «АТТК») был создан модернизированный вариант того же экраноплана с названием «Акваглайд». Этой модели было построено 8 единиц. Все работы велись под наблюдением Российского Морского Регистра Судоходства, и каждый аппарат имел сертификат Российского Морского Регистра. Совместно с Регистром были разработаны и «Правила сертификации малых экранопланов класса А», что узаконило экранопланы как средство передвижения на море. Таким образом, Дмитрий Сеницын и его коллеги создали первый в мире гражданский экраноплан.

США Компании «Боинг» в настоящее время разрабатывает экранолёт для переброски воинских контингентов и военной техники к местам конфликтов (проект Pelican). Он будет иметь длину 152 м и размах крыльев 106 м. Двигаясь на высоте 6 м над поверхностью океана (имея возможность подниматься на высоту 6000 м), Pelican сможет перевозить до 1400 тонн груза на расстояние 16 000 км. Ожидается, что экранолёт сможет брать на борт около 17 танков M1 Abrams.

Китай уже готов стать лидером в разработке экранопланов. Разработки ЦКБ Ростислава Алексева в Китай попали по контракту, по которому специалисты ЦКБ по СПК разработали модернизированный вариант экраноплана «Волга-2» и передали проект китайской стороне. Представители китайского Инженерно-строительного университета в Шанхае объявили, что заканчивают разработку проектов нескольких моделей экранопланов – высокоскоростных транспортных средств, летающих на небольшой высоте над поверхностью воды. Уже до конца этого года планируется начать опытное производство аппаратов грузоподъемностью от 10 до 200 т, а к 2017 году на регулярные транспортные перевозки выйдет более 200 экранопланов, способных перевозить грузы массой более 400 тонн. Подобные суда станут незаменимым средством для скоростного пассажирского и грузового сообщения между островами Юго-Восточной Азии.

Правительство Южной Кореи объявило о планах строительства крупного экраноплана, предназначенного для коммерческих целей. Ожидается, что аппарат будет способен перевозить до 100 тонн грузов со скоростью 250-300 км в час. Его масса будет равна 300 тонн, размеры – 77 метров в длину и 65 метров в ширину. На разработку экраноплана правительство выделяет на ближайшие пять лет 91,7 млн долларов.

У экранопланов-амфибий большие перспективы в области спасения людей, потерпевших бедствие на море, а для спецназа – выполнять задачи по борьбе с проявлениями терроризма и пиратством в морских экономических зонах независимо от сезона. В мире сейчас, похоже, назревает бум экранопланостроения. Весьма вероятно, что эти машины станут важной составляющей частью мировой транспортной системы, а в вооруженных силах некоторых стран мира появятся оснащенные экранопланами группировки. В 1992-2002 годы в ИМО (Международная морская организация) при активном участии Российской Федерации была осуществлена работа по разработке, согласованию и введению в действие изменений в «Международные правила предупреждения столкновения судов в море» (МППСС-72), а также разработано первое международное «Временное руководство по безопасности экранопланов». Этим было констатировано международное признание экранопланов как нового перспективного морского транспортного средства и создана юридическая основа для развития этого вида транспорта и его коммерческой эксплуатации на международных линиях [6,7,8].

В соответствии с классификацией ИМО экранопланы подразделяются на три типа: Тип А – экранопланы, которые способны эксплуатироваться только на высотах действия «эффекта экрана»; Тип В – экранопланы, способные кратковременно и на ограниченную величину увеличивать высоту полета над экраном; Тип С – экранопланы, способные на

длительное время отрываться от экрана на неограниченную высоту полета (экранолёты). Для всех экранопланов основным режимом эксплуатации является полёт в непосредственной близости к поверхности с использованием «экранного эффекта» Это означает, что они постоянно находятся внутри сферы эксплуатации обычных судов и должны подчиняться «Международным правилам предупреждения столкновений судов на море». В связи с этим совместным решением ИМО и Международной организации гражданской авиации (ИКАО) экраноплан рассматривается не как самолёт, который может плавать, а как судно, способное летать [5-10].

Проблема защиты от внешних препятствий, в том числе от влияния сильных электромагнитных излучений (СЭМИ) небольшой продолжительностью чрезвычайно широка и охватывает целый комплекс вопросов. Более узкой является задача повышения качества и надёжности путём правильного конструирования, строительства и эксплуатации корабельных конструкций по технологии Stealth. Актуальность этих вопросов возрастает по мере возрастания сложности решаемых задач в морских акваториях как внутренних, так и внешних вод Мирового океана, повышению качества и надёжности в боевых условиях, в борьбе с пиратством и террористическими актами. Существует несколько путей решения этих задач. На наш взгляд, основными являются создание экспериментальным путём модели форм корабля под определёнными антирадарными углами и экранирование для рассеивания и поглощения электромагнитных излучений.

Цель данной работы – проведение теоретических исследований процесса защиты корпусов скоростных кораблей путём создания так называемого многослойного бесконечного экрана, структура, которого имеет состав алюминий-полистирол-алюминий [10].

Для оценки эффективности принятого трёхслойного экрана необходимо провести исследование процессов распространения (СЭМИ) в пяти областях, для этого применим следующие формулы и параметры импульса:

$E(t) = E_m \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot e^{-\alpha t}$; $H(t) = H_m \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot e^{-\alpha t}$; $E_m = 50 \cdot 10^3$ В/м ,
 где $H_m = 133$ А/м t – время воздействия; α - коэффициент снижения; $\omega = 2\pi f$, f - частота.

С одной стороны на экран, который находится у поверхности воды, падает плоская электромагнитная волна. В результате своего падения на границу раздела двух сред с различными электромагнитными характеристиками (воздух-металл) волна отражается и преломляется, а в самом экране частично поглощает энергию электромагнитного поля. Расходы на отражение на границе раздела двух сред связаны с различными значениями полных характеризующих сопротивления сред.

$$E_2 = \frac{2 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot E_1 \quad ; \quad H_2 = \frac{2 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot H_1$$

где: E_1, E_2 – напряжение электрического поля в воздухе и соответственно в первом металлическом слое; H_1, H_2 – напряженность магнитного поля в воздухе и соответственно в первом слое металла; $Z_m = 120 \cdot \pi$ – волновое сопротивление воздуха; Z – волновое сопротивление металла.

Для обозначения потерь на погашение в области 2 необходимо рассмотреть процессы распространения электромагнитной волны в металле. В основной среде практически всегда можно пренебрегать смещёнными излучениями в сравнении с излучениями проводимости. Следовательно, тогда уравнения Максвелла будет выглядеть:

$$\text{rot} \bar{H} = \sigma \bar{E} \quad ; \quad \text{rot} \bar{E} = -\mu_\alpha \frac{\partial \bar{H}}{\partial t}$$

Формула напряжённости магнитного поля в зависимости от толщины металлического слоя экрана будет иметь вид:

$$H(z_2) = H_2 \cdot e^{\frac{z_2}{\delta_2}} \cdot \cos\left(\frac{z_2}{\delta_2}\right)$$

где: Z_2 – толщина экрана металлического слоя $\delta_2 = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu_2 \cdot \sigma_2}}$ – глубина проникновения электромагнитной волны в металл; ϵ_2, μ_2 – абсолютная диэлектрическая и магнитная проницаемость металла соответственно.

Электрическое поле практически полностью отражается на границе воздух- металл. Незначительная его часть, которая проникает в металл, полностью поглощается. Поэтому в диэлектрике и во втором металлическом слое необходимо рассматривать только магнитную составляющую.

На границе металл-диэлектрик электромагнитная волна вновь отражается и поглощается. Уравнение Максвелла для электромагнитной волны диэлектрика будут иметь вид:

$$\text{rot} \bar{H} = \epsilon_\alpha \frac{\partial \bar{E}}{\partial t} \quad ; \quad \text{rot} \bar{E} = -\mu_\alpha \frac{\partial \bar{H}}{\partial t}.$$

Если принять формулу падающей электромагнитной волны как:

$$E(t) = E_m \cdot \sin(\omega t) \cdot e^{-\alpha t}, \quad H(t) = H_m \cdot \sin(\omega t) \cdot e^{-\alpha t}.$$

где: E_m – амплитуда напряжённости электрического поля электромагнитной волны; H_m – амплитуда напряжённости магнитного поля электромагнитной волны; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$, где f – круговая частота колебаний поля (СЭМИ); α – коэффициент затухания электромагнитной волны.

Тогда поглощение магнитной составляющей ЭМП в диэлектрике в зависимости от глубины проникновения будет характеризоваться:

$$H(z_3) = H_3 \cdot \mu_\alpha \cdot \epsilon_\alpha \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot e^{-\alpha t} \cdot (\alpha^2 - t^2) \cdot e^{\frac{z_2}{\delta_2}},$$

где: z_3 – толщина диэлектрика $\delta_3 = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu_3 \cdot \sigma_3}}$ – глубина проникновения электромагнитной волны в диэлектрик;

ϵ_3, μ_3 – абсолютная диэлектрическая и магнитная проницаемость диэлектрика соответственно.

Отражения и поглощения во втором слое алюминия вычисляются аналогично первому металлическому слою.

На рисунках 2–5 представлены прохождения электрической и магнитной составляющих электромагнитной волны через композитный экран алюминий- полистирол- алюминий, в котором толщина слоя 2 мм. Амплитуда напряжённости электрического и магнитного полей сильных электромагнитных излучений составляют соответственно $E_m = 50 \cdot 10^3$ В/м, $H_m = 133$ А/м.

Из Рис.2 видно, что электрическая составляющая, которая прошла в металл, полностью поглощается в первом металлическом слое, поэтому далее рассматриваем только магнитную составляющую.

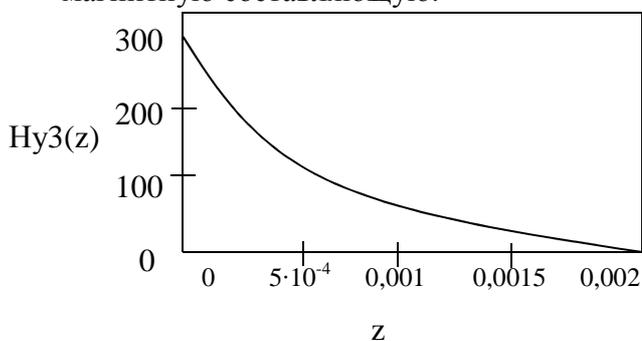


Рис.2. Затухание электрической составляющей СЭМИ в первом металлическом слое экрана

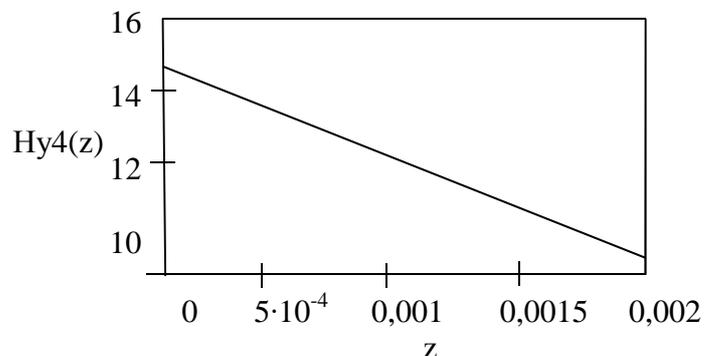


Рис.3 Затухание магнитной составляющей СЭМИ в первом металлическом слое экрана.

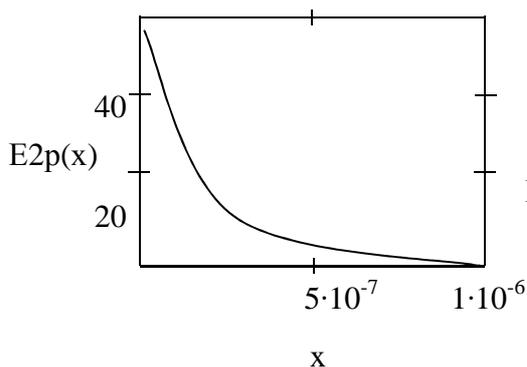


Рис. 4. Затухание магнитной составляющей СЭМИ в диэлектрическом слое экрана

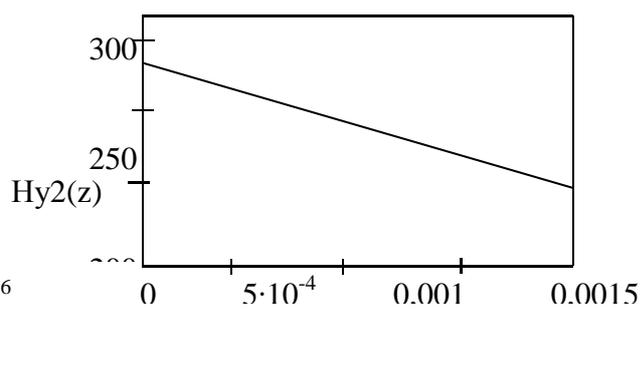


Рис. 5. Затухание магнитной составляющей СЭМИ во втором металлическом слое экрана

Остальное снижение электромагнитных полей происходит при отражении их на границе металл-воздух[10].

Выводы. Таким образом, в результате проведённых теоретических исследований было определено, что для уничтожения электрической составляющей СЭМИ достаточно использовать металлический экран. Основные потери в этом случае происходят за счёт отражения на границе воздух- металл. За счёт поглощения в экране электрическая составляющая полностью затихает. В тоже время, для нейтрализации негативного воздействия магнитных излучений на радиоэлектронную аппаратуру использование металлического экрана будет недостаточно, так как на границе воздух-металл произойдёт наведение излучения, а поглощение в металле незначительное. Поэтому для экранирования от магнитных полей необходимо использовать диэлектрический экран. Для защиты скоростных кораблей, изготовленных из алюминиевых сплавов, кроме форм с отражающими углами целесообразно использовать композиционные экраны со структурой металл-диэлектрик-металл. Изучение влияния высокоскоростных потоков морской воды на корабельные конструкции современных кораблей, экранопланов и тримаранов, разрушительных процессов от электрохимической коррозии и электрической эрозии производится с использованием созданной нами установки «ИМПУЛЬС-100».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стогний Г.В.* «Защита корпусов скоростных судов, экранопланов от электромагнитных излучений» Водный транспорт-2013.№1- С.106-110.
2. *Пасичанский И.* USS Independence (LCS – 2) – боевой тримаран. // Камуфляж. – 2011. – № 5. – 28 с.
3. *Стогний Г.В.* «Исследования, влияния скорости потока морской воды на контактную коррозию металлов». Материалы Всеукраинской научно – практической конференции. «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» – 2011. –С. 65 – 72.
4. *Калашиников В.Н.* «Черноморский судостроительный завод» Назад, в прошлое // Судостроение и ремонт. – 2010. – № 41 - 8с.
5. *Кутовой С.* «Корабли – невидимки» // Судостроение. – 2006. № 1 – 2 - 69с.
6. *Стогний Г.В.* «Перспективы строительства скоростных кораблей «НЕВИДИМОК», эффективность и надёжность катодной защиты алюминиевых сплавов от коррозии». Материалы Всеукраинской научно-технической конференции молодых учёных и студентов. «Удосконалювання проектування й експлуатації морських суден та споруд» - 2011. –С. 167 – 174.
7. *Шенкнехт Р.* «Суда и судоходство будущего» перевод с немецкого Шенкнехт Р., Люш Ю., Шельцель М. Судостроение. – 1981. – С. 91 – 112.

-
8. ИТАР-ТАСС, 27.09.07 г. Сообщение: «Южная Корея намерена в 2012 году приступить к коммерческой эксплуатации экранопланов».
 9. Lange R. H. and Moor J.W. Large wing-in-ground effect transport aircraft. Journal of Aircraft, 1980, v 17,IV, N 4, p 260-266.
 10. Кучер Д.Б. «Экранування радіоелектронних засобів від потужних електромагнітних випромінювань» Збірник, наукових праць – 2008.№1. С. 71 – 73.
 11. Березин А. Информационный портал «Севастопольский меридиан». На пятом Международном салоне изобретений и новых технологий представлен проект уникального катера – тримарана. 2010 - адрес оригинальной статьи: <http://meridian.in.ua/news/1866.html>

Стогній Г.В., Алаєв В.В.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ НА КОРПУСНІ КОНСТРУКЦІЇ ШВИДКІСНИХ КОРАБЛІВ І ЕКРАНОПЛАНІВ

В статті проводиться аналіз будівництва сучасних суден за технологією Stealth. Розглядаються перспективи розвитку будівництва суден, кораблів і экранопланів, захист їх корпусів від електромагнітних випромінювань.

Ключові слова: *стелс, електромагнітні випромінювання, экраноплани.*

Stogniy G., Alaev V.

THE ANALYSIS OF MODERN SHIPS BUILDING BASED ON STEALTH TECHNOLOGY. PROSPECTS OF BUILDING SHIPS, VESSELS AND AIRFOILS, THEIR HULLS PROTECTION FROM ELECTROMAGNETIC RADIATION

The article analyzes the construction of modern ships on technology Stealth. The prospects for the development of the construction of ships, boats and WIG, protecting their bodies from electromagnetic radiation.

Keywords: *Stealth, electromagnetic radiation, airfoils.*

УДК 621.43

Топчій С.І.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ ДВИГУНА 4Ч7,9/6,6 В РЕЖИМІ АКТИВНОГО ХОЛОСТОГО ХОДУ ПРИ ДРОСЕЛЮВАННІ СВІЖОГО ЗАРЯДУ ВПУСКНИМ КЛАПАНОМ

Наведено результати випробувань двигуна 4Ч7,9/6,6, обладнаного регульованим гідравлічним приводом клапанів газорозподільного механізму при роботі двигуна в режимі активного холостого ходу.

Ключові слова: *двигун, регулювання, впуск, клапан, механізм, газорозподіл, дроселювання, економічність*

Постановка проблеми. Удосконалення робочого процесу двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) з метою покращення їх паливної економічності є однією з основних задач інженерів-конструкторів ДВЗ.

Одним з шляхів удосконалення робочого процесу є зміна способу дроселювання свіжого заряду: тобто використання для регулювання потужності впускного клапана, а не дросельної заслінки.