Молчанов Никита Евгеньевич. Исследование и разработка судовых кабелей, сохраняющих работоспособность в экстремальных условиях эксплуатации: диссертация ... кандидата Технических наук: 05.09.02 / Молчанов Никита Евгеньевич;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»], 2018

**Введение к работе**

**Актуальность темы.** Отечественная кабельная промышленность развивается и претерпевает значительные изменения в связи с развитием смежных областей промышленности, появлением новых материалов и ростом передаваемых мощностей и объемов информации. В том числе большая часть производимых кабельных изделий потребляет судостроительная отрасль. Масса кабелей, входящих в бортовую сеть, может достигать 1/3 от общей массы всего судового электрооборудования. Безопасность экипажа на подводных судах напрямую связана с надежностью судовых кабельных сетей, а также с работоспособностью этих сетей в аварийных ситуациях, таких как затопление или пожар в отсеках.

Следовательно, задача обеспечения герметичности судовых кабелей при давлении, соответствующем глубине погружения подводных лодок (400-600 метров), при сохранении показателей пожарной безопасности этих кабелей является особенно актуальной в последнее время, еще и в связи с бурным развитием военно-морской техники в частности и всего военно-промышленного комплекса в целом в нашей стране.

В случае обрыва негерметизированного кабеля, либо повреждения оболочки по конструкции будет распространяться вода, что может стать причиной затопления отсеков судна. Кроме того, в случае пожара, кабельная сеть должна некоторое время оставаться в работоспособном состоянии, чтобы экипаж успел принять соответствующие меры для устранения аварийной ситуации. Это значит, что кабели, входящие в бортовые сети, должны обладать комплексным набором характеристик, позволяющих сохранить требуемые эксплуатационные параметры сети в случае аварий и предотвратить их катастрофичное развитие и последствия.

В настоящее время существуют герметичные кабели связи, выполненные на сухих водоблокирующих материалах. Эти кабели предотвращают распространение воды при избыточном гидростатическом давлении в 1 кгс/см2,

однако они совершенно не пригодны при более высоком гидростатическом давлении. На отечественном рынке ещ не существует кабелей связи, выполненных на основе водоблокирующих элементов, которые успешно работают при гидростатическом давлении, соответствующем глубине погружения подводных лодок.

Расширение возможностей судовых систем связи, рост передаваемых скоростей и объемов передаваемой информации требует создания судовых герметизированных кабелей связи с расширенным диапазоном частот и передаточными параметрами, соответствующими современным международным и отечественным стандартам для кабелей связи (серии стандартов IEC 61156 и ГОСТ 54429-2011).

В связи с ростом передаваемых мощностей и модернизацией энергетического оборудования на судах, появляется необходимость в судовых герметизированных силовых кабелях, в том числе и огнестойких, чтобы обеспечить передачу требуемых мощностей, а также, работоспособность и функционирование электротехнических систем при аварийных ситуациях.

**Цель работы.** Целью работы является исследование и разработка судовых кабелей, стойких к воздействию продольного и радиального гидростатического давления до 10 МПа.

**Задачи исследований**. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

теоретически исследовать продольное распространение воды в герметизированных кабелях, конструкция которых выполнены как с помощью герметика, так и с помощью водоблокирующих материалов;

разработать математическую модель, позволяющую оценить качество продольной герметичности кабелей, выполненных на основе водоблокирующих материалов;

провести экспериментальные исследования стойкости кабелей к воздействию продольного гидростатического давления величиной от 6 до 10 МПа;

провести экспериментальные исследование стойкости конструкции и электрических параметров судовых кабелей к радиальному гидростатическому давлению величиной от 6 до 10 МПа.

разработать конструкции силовых кабелей и кабелей связи, стойких к продольному гидростатическому давлению и сохраняющих работоспособность под действием радиального гидростатического давления величиной до 10 МПа в рабочем режиме и до 15 МПа при кратковременном воздействии.

**Методы исследований.** Для решения поставленной цели использованы методы классической теории электромагнитного поля, законы гидростатики и гидродинамики, теория деформации материалов, применен математический аппарат интегрального и дифференциального исчисления.

**Научная новизна.**

1. На основании теоретических исследований предложен метод расчета длины участков проникновения воды в воздушные полости кабелей, учитывающий различное расположение элементов из водоблокирующих (ВБ) материалов, что позволяет определить необходимое количество ВБ материалов для конструирования герметизированных симметричных кабелей, обеспечивающих их продольную влагонепроницаемость при давлении воды до 10 МПа, учитывающий радиальную составляющую этого давления.
2. Предложен метод оценки геометрических параметров ВБ - материалов при конструировании герметизированных кабелей связи с рабочим давлением до 10 МПа и с частотными характеристиками соответствующими требованиям ГОСТ Р 54429-2011.
3. Впервые проведены экспериментальные исследования электрических параметров кабелей с элементами из водоблокирующих материалов, при воздействии радиального гидростатического давления. Получены барические зависимости электрических параметров судовых герметизированных симметричных кабелей связи.
4. Впервые проведены экспериментальные исследования продольного распространения воды под давлением 10 МПа в кабелях с элементами из ВБ материалов в случае обрыва кабеля и при местном повреждении его оболочки.

**Практическая ценность.**

1. Разработаны новые типы судовых герметизированных кабелей связи для цифровых систем передачи, в том числе огнестойкие, с рабочим диапазоном частот до 250 МГц, герметизация которых выполнена как с помощью водобло-кирующих материалов, так и с помощью герметика. Новые конструкции кабелей включены в ТУ и в настоящее время изготавливаются на предприятии ООО НПП «Спецкабель».
2. Разработаны новые типы судовых герметизированных силовых огнестойких кабелей на гидростатическое давление до 10 МПа, в том числе огнестойкие, гибкие, для герметизации которых используются ВБ – материалы.
3. Проведены исследования, направленные на улучшение технологии изготовления судовых герметизированных кабелей, позволившие установить вид и режимы технологических операций (тип скрутки, температуру при наложении изоляции и оболочки), а также выбрать необходимые материалы и способ герметизации судовых кабелей.

**Основные положения, вносимые на защиту.**

1 Результаты исследования воздействия радиального гидростатического  
давления на конструкцию и электрические параметры передачи в диапазоне  
частот до 250 МГц герметизированных кабелей связи огнестойкого и не огне  
стойкого исполнений.

2 Результаты исследований герметизирующих материалов, улучшающие  
технологию изготовления герметизированных кабелей.

1. Результаты исследований и сравнительный анализ кабелей связи, выполненных на герметизирующем компаунде и на водоблокирующих материалах, стойкости к воздействию продольного гидростатического давления.
2. Новые конструкции силовых судовых герметизированных кабелей и судовых герметизированных кабелей связи.
3. Особенности технологии изготовления судовых герметизированных кабелей связи и силовых судовых герметизированных кабелей с различными способами герметизации: с помощью герметизирующего компаунда и водоблоки-рующих нитей.

6 Рассмотрение методики по испытаниям судовых герметизированных кабелей на стойкость к радиальному и продольному гидростатическому давлению и предложение по корректировке этой методики.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы, докладывались и обсуждались:

- на 20 и 21 международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», 2014 и 2015 гг. **Публикации.** По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ. (из которых 2 – в издании по перечню ВАК). Результаты исследований также отражены в протоколах испытаний ООО НПП «Спецкабель».

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, содержащих результаты работы, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации изложен на 136 страницах, в том числе 28 иллюстраций, 22 таблиц и 1 приложения, акт внедрения результатов и список литературы содержит 100 наименование на 10 странцах.