ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОЙ

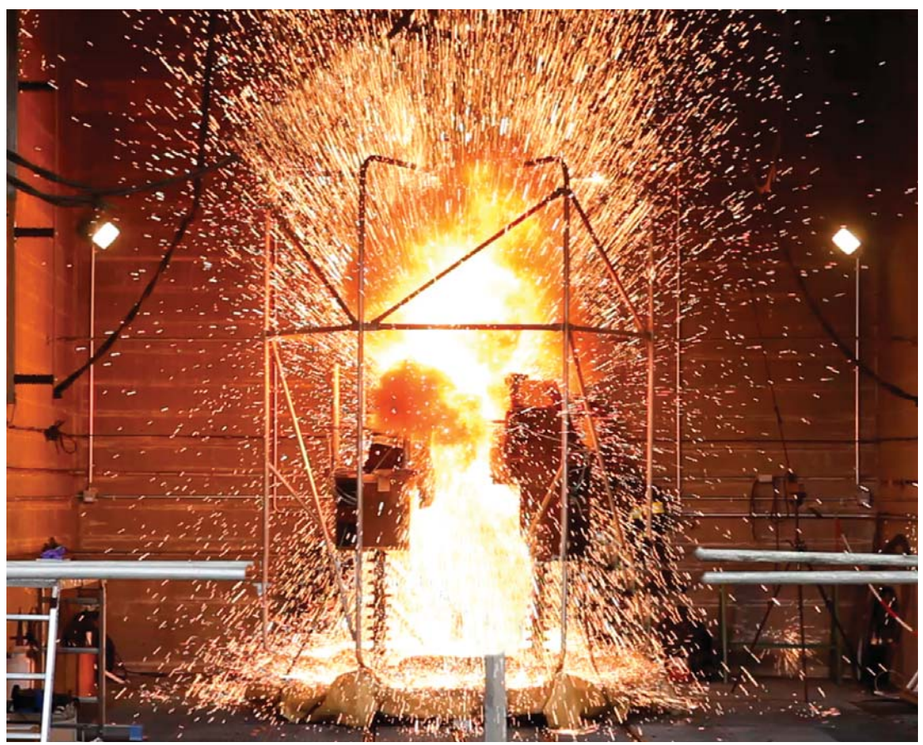
АВТОРЫ:

АРЫШКОВ А.В.,
ЗАО ФПГ
«ЭНЕРГОКОНТРАКТ»

ОЗЕРИЦКАЯ В.Ю.,
ЗАО ФПГ
«ЭНЕРГОКОНТРАКТ»

Степень опасности для жизни и здоровья работников, занятых в условиях риска возникновения электрической дуги, чрезвычайно высока. В соответствии с действующим законодательством работодатель обязан обеспечить электротехнический персонал надежными средствами индивидуальной защиты, в том числе и от воздействия электрической дуги. Система обеспечения безопасности электроперсонала включает нормативно-правовые, организационные и инженерно-технические меры. Завершающее звено этой цепочки — средства индивидуальной защиты.

Ключевые слова: электрическая дуга; средства индивидуальной защиты; арамиды; производственный травматизм; профилактика ожоговых травм.



Температура в эпицентре электрической дуги может составлять до 20 000°С, это один из самых серьезных рисков в электроэнергетической отрасли

СТРУКТУРНАЯ ФОРМУЛА МЕТААРАМИДНОГО ПОЛИМЕРА

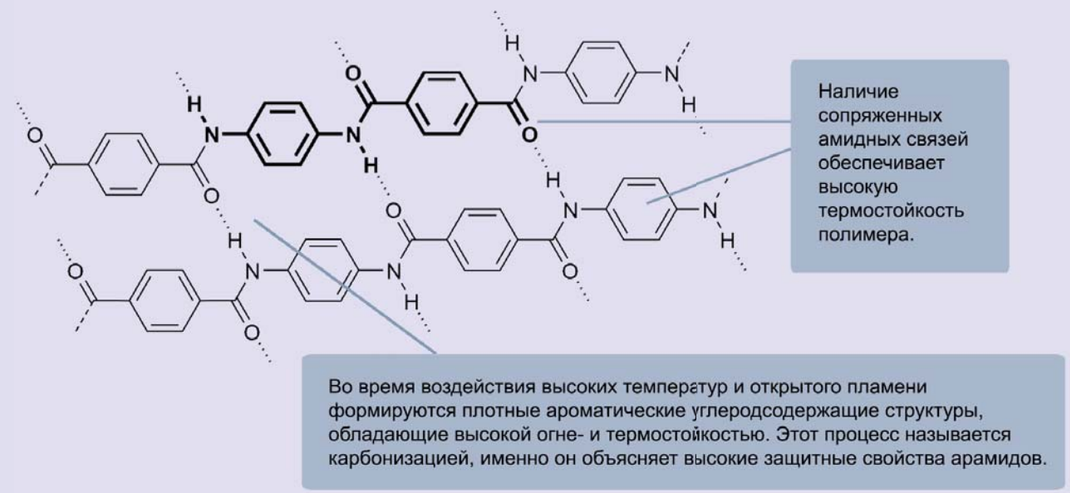


Рис. 1

ВВЕДЕНИЕ

Частота тяжелого производственного травматизма в электроэнергетике серьезно превышает средний российский показатель. Наиболее тяжелые последствия возникают из-за несчастных случаев, связанных с воздействием сверхвысоких температур электрической дуги и непосредственно электрического тока.

Электрическая дуга — разряд в газе (в воздухе), возникающий между двумя разнополярными электродами при разрыве электрической цепи, 90% ее энергии приходится на лучистую составляющую. Полностью исключить возможность возникновения электрической дуги невозможно. Как правило, она возникает из-за ошибочных действий персонала или неисправности оборудования. Электрическая дуга обладает огромной мощностью и в весьма короткий промежуток времени (секунды и доли секунды) выделяет в окружающее пространство тепловую энергию, представляющую серьезный риск для оборудования и людей. Температура в эпицентре электрической дуги может составлять 8 000–20 000 °С.

Система обеспечения безопасности электроперсонала включает нормативно-правовые, организационные и инженерно-технические меры. Завершающее звено этой цепочки — средства индивидуальной защиты.

По оценкам экспертов в сфере охраны труда, более 70% электротравм с ожогами можно было бы избежать или перевести в более легкую категорию, если бы средства индивидуальной защиты использовались правильно и полно.

СРАВНЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ЗАЩИТЫ ОГНЕСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ

На сегодняшний день существует два основных вида огнестойких материалов: с огнезащитной обработкой (FR-treated) и изначально обладающие термоогнестойкими свойствами (inherent FR-properties).

Первый вариант производства защитной ткани — огнезащитная обработка целлюлозосодержащих (например, хлопчатобумажных, вискозных, смесовых с полиамидными, полиэфирными волокнами и т.п.) тканей фосфоразотсодержащими составами Proban®

и Pyrovatex®. По себестоимости костюмы из таких тканей выгоднее альтернативных аналогов, однако их защитные свойства нестабильны и сильно зависят от качества исходного сырья. Огнезащитные вещества, входящие в состав пропитки, начинают «работать» только под воздействием высокой температуры. Таким образом, чтобы защитный механизм костюма запустился, ткань должна сначала загореться, что приводит к ее разрушению. При этом тепловая энергия проникает в пододежное пространство и вызывает ожоги.

Наивысшей эффективностью на данный момент обладают ткани, в основе которых термостойкие полимеры. Самые популярные из них — арамиды, они не поддерживают горение, обладают способностью поглощать тепловую энергию в ходе физико-химической реакции, меняя при температуре свыше 380 °C собственную структуру и образуя прочный защитный слой наподобие панциря (рис. 1).

Защитные свойства арамидов заложены на молекулярном уровне и поэтому являются неотъемлемым свойством самой ткани, а не привнесенного вещества (пропитки). При возникновении дуги происходит лавинная ионизация воздуха, сопровождающаяся интенсивным излучением фотонов и электронов высокой энергии. Энергия фотонов сравнительно легко гасится каким-либо препятствием на пути потока, например, плотной тканью. Поток электронов высокой энергии способен преодолеть слой материала, вызвав сильное повышение температуры в пододежном пространстве, и может привести к тяжелым ожоговым травмам на теле человека. Арамидные ткани обладают свойством поглощать электроны благодаря наличию в составе амидных связей. Атомы водорода, углерода и азота в структуре мета-

МЕХАНИЗМ ЗАЩИТЫ АРАМИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

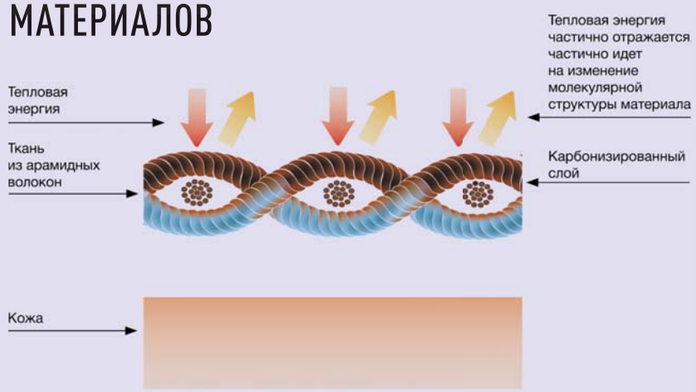


Рис. 2

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

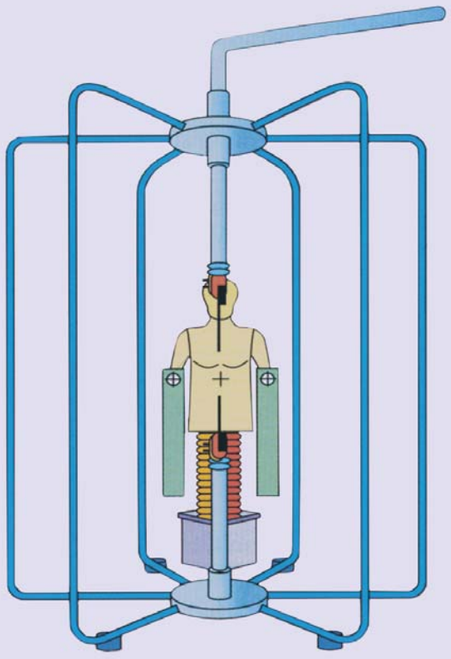


Рис. 3

ИСПЫТАНИЯ КОСТЮМА ИЗ АРАМИДНОЙ ТКАНИ НА СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ

Рис. 4

КРИВАЯ СТОЛЛ

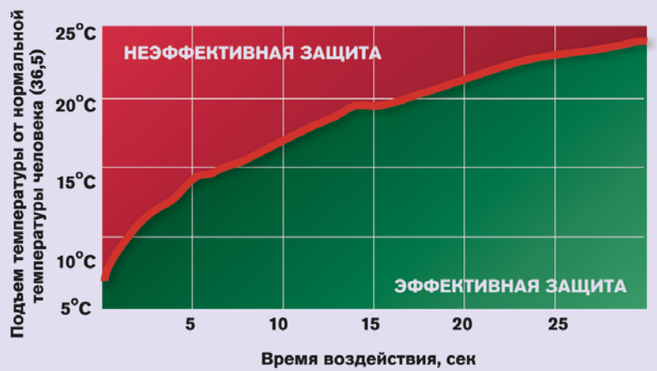


Рис. 5

арамидного волокна и плотное электронное облако самой молекулы поглощают избыточную энергию потока электронов и переходят на другой энергетический уровень. Под воздействием высокой температуры материал уплотняется, формируется плотный углеродистый слой, препятствующий проникновению тепловой энергии в пододежное пространство. Этот процесс, называемый карбонизацией, сводит к минимуму возможность получения ожогов (рис. 2).

Кроме того, огнестойкие и термостойкие качества арамидных тканей являются постоянными, т.е. не снижаются в процессе использования и после стирок, что подтверждается соответствующими испытаниями комплектов в процессе нормативного срока эксплуатации, который составляет два года.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Только успешное прохождение тестов на воздействие электрической дуги в аккредитованных лабораториях и наличие соответствующих сертификатов являются гарантией заявленного уровня защиты.

На сегодняшний день существует две различные методики проведения испытаний дугостойких костюмов. Они описаны в ч. 1 и 2 стандарта Международной электротехнической комиссии IEC 61482. Дугостойкая спецодежда, предназначенная для использования в России, испытывается в соответствии с ГОСТ Р 12.4.234, основанным на первой части международного стандарта (Open arc, или ATPV-тест). Он позволяет

РЕЗУЛЬТАТ ИСПЫТАНИЙ НА СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ ЗАЩИТНОГО КОСТЮМА ИЗ АРАМИДНОЙ ТКАНИ

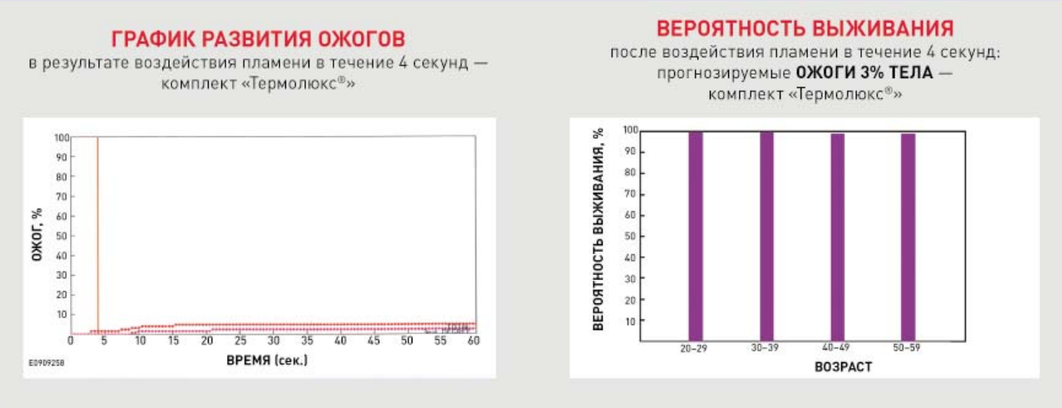


Рис. 6

РЕЗУЛЬТАТ ИСПЫТАНИЙ НА СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ ЗАЩИТНОГО КОСТЮМА ИЗ ХЛОПКА С ОГНЕСТОЙКОЙ ПРОПИТКОЙ

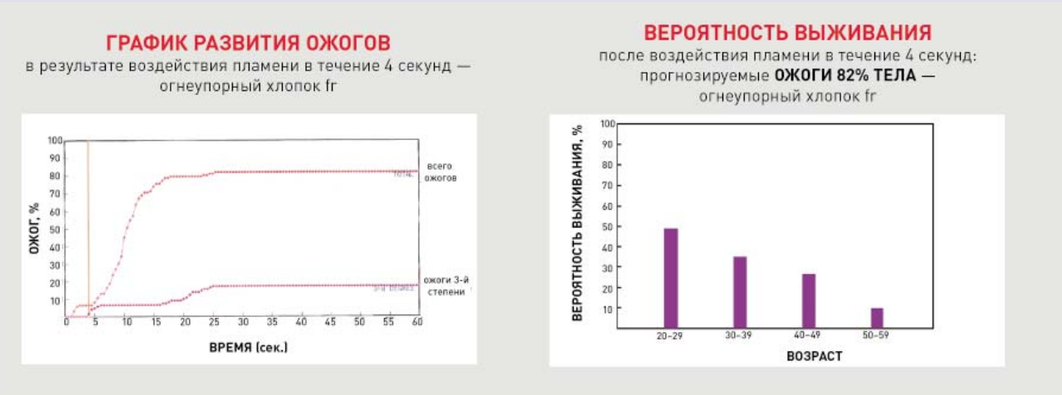


Рис. 7

классифицировать спецодежду по уровню защиты. В мире существует лишь четыре аккредитованные лаборатории, проводящие подобные испытания (в Канаде, Испании, Швейцарии и России).

Испытания на стойкость к воздействию электрической дуги проводятся на специальной установке, воспроизводящей электрическую дугу по заранее заданным параметрам, что позволяет подтвердить стойкость защитных комплектов к воздействию поражающих факторов электрической дуги в конкретных ситуациях. Таким образом тестируются пакеты материалов (они закрепляются на специальных панелях) и готовые изделия (надеваются на манекен). С помощью датчиков аппаратура фиксирует изменение температуры на поверхности материала и под ним. Оценка защитных свойств пакета тканей осуществляется методом статистической обработки результатов испытаний не менее 20 образцов. Набрать эту статистику непросто, поскольку электрическая дуга стохастична, т.е. непредсказуемо движется в пространстве, и такое количество тестов позволяет сделать достоверный вывод о вероятности получения ожогов (рис. 3).

Испытательная установка состоит из источника электрической дуги — пары электродов, системы крепления образцов (три панели или один манекен) и датчиков для измерения температуры. Каждая панель имеет два защищенных и два незащищенных датчика, измеряющих «чистую» энергию дуги, которые представляют собой железо-константановые термопары и располагаются на одинаковом расстоянии от источника дуги (рис. 4. На фото видны следы карбонизации — свидетельство того, что защитный механизм костюма сработал. При этом надетое под костюм белье не повреждено).

В основе методики испытания установки лежат подтвержденные в 1960-х гг. мировым научным сообществом экспериментальные данные — эталонная кривая Столл, определяющая предел физиологических способностей тела живого человека противостоять воздействию теплового излучения, не допуская возникновения ожогов II степени. Кривая Столл — это усредненная термодинамическая характеристика кожи человека в координатах время/температура. Во время воздействия электрической дуги специальные термодатчики замеряют температуру на поверхности манекена под одеждой. Затем они сравниваются со значением кривой Столл. Показания датчиков выше кривой Столл свидетельствуют о появлении ожога II степени, что может представлять опасность для жизни и здоровья человека. Данные, расположенные ниже, говорят о том, что защитный комплект ослабил тепловое воздействие электрической дуги на кожу человека до уровня, который не может вызвать ожоговые повреждения. Результатом испытаний должно стать определение максимального показателя тепловой энергии, которую может выдержать материал одежды до того, как пользователь получит ожог II степени. Каждому образцу присваивается индивидуальный показатель ЗЭТВ (ATPV), который измеряется в калориях на квадратный сантиметр (кал/см^2) и отображает стойкость материала или готового изделия к воздействию электрической дуги. Методика испытаний дугостойких СИЗ по этой схеме позволяет классифицировать их по уровням защиты (рис. 5).

Анализ статистики несчастных случаев показывает, что электрическая дуга часто сопровождается возникновением открытого пламени. Лабораторные испытания

реклама
КАБЕЛЬНЫЕ МУФТЫ
Произведено в России

Кабельные термоусаживаемые муфты до 1 кВ
Надежное решение для соединения и подключения подземных линий электропередачи

Концевые муфты наружной и внутренней установки

Соединительные муфты
- Для кабеля с бумажной маслопропитанной изоляцией
- Для кабеля с пластмассовой изоляцией с броней и без брони
- Широкий диапазон сечений от 16 до 240 мм^2
- Комплектация болтовыми наконечниками и соединителями
- Комплект заземления брони под пайку или с пружинами постоянного давления
www.iek.ru

на специальном манекене с использованием открытого пламени не являются обязательными, но позволяют провести комплексную оценку всего защитного костюма, объективно оценить надежность его конструкции. Условия во время испытаний моделируются максимально жесткие, при реальных авариях ситуация обычно легче. В течение 4 с газовые горелки воздействуют на испытываемый костюм. Более 120 датчиков фиксируют изменение температуры под тканью на протяжении 1 мин., сопоставляя полученные данные с эталонной кривой Столл. Это позволяет оценить в том числе и «остаточный» ожог, т.е. повреждения, которые возникнут после того, как огонь погаснет. После обработки полученных данных компьютер выдает схему человека с прогнозируемыми ожогами и диаграмму вероятности выживания в данных условиях (рис. 6 и 7).

На приведенных схемах отображена динамика повышения температуры в пододежном пространстве во время проведения испытания, а также рассчитана вероятность выживания в указанных условиях. Как видно на графиках, применение костюма из арамидной ткани гарантирует практически 100%-е выживание во всех возрастных группах. В случае использования костюма из огнеупорного хлопка прогноз выживаемости колеблется от 10% до 50% в зависимости от возраста человека.

ОЦЕНКА РИСКА И ВЫБОР УРОВНЯ ЗАЩИТЫ

Официально закрепленной на государственном уровне методики подбора дугостойкого комплекта с уровнем защиты, подходящим для обслуживания конкретной электроустановки, в России нет. Однако существует Руководство Института инженеров по электротехнике и электронике по методике расчета опасных факторов дуговой вспышки IEEE 1584TM-2002. Приведенные в данном документе алгоритмы позволяют подобрать СИЗ, обеспечивающие разумное соотношение между прогнозируемым воздействием падающей энергии и выполняемой работой с учетом следующих условий:

- обеспечить защиту, достаточную для того, чтобы предотвратить ожоги второй степени во всех случаях;
- не использовать такую защиту, уровень которой выше необходимого. Сама одежда может стать причиной перегрева, плохой видимости, стесненности в движениях и т.д.

Данное Руководство дает конструкторам и операторам электротехнических устройств методику определения границ безопасной зоны при возникновении электрической дуги, а также детализирует процедуру и необходимые уравнения для расчета значения «падающей энергии», на основе которого подбираются наиболее подходящие СИЗ.

Кроме того, существуют специальные программные калькуляторы, позволяющие оценить риски конкретной электроустановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ.
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (019/2011). СПб.: ЦОТПБСППО, 2013, 116 с.
3. Типовые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам организаций электроэнергетической промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. А также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, утвержденные приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 25 апреля 2011 г. № 340н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 24 мая 2011 г. № 20834). Москва: «ЭНАС», 2012.
4. ГОСТ Р 12.4.234-2007 (МЭК 61482-1:2002). «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от термических рисков электрической дуги. Общие технические требования и методы испытаний». М.: Стандартинформ, 2007.
5. ГОСТ Р 12.4.234-2012. «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от термических рисков электрической дуги. Общие технические требования и методы испытаний». М.: Стандартинформ, 2014.
5. Руководство Института инженеров по электротехнике и электронике по методике расчета опасных факторов дуговой вспышки IEEE 1584TM-2002. Нью-Йорк, США: Издательство Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE), 2002.
6. Жуков Ю.И. Об оценке степени травмоопасности производства в электроэнергетике. // Новое в российской электроэнергетике. 2000. № 4. С. 25–30.
7. Жуков Ю.И. Защита персонала энергопредприятий от воздействия электрической дуги, // Новое в российской электроэнергетике. 2001. № 2. С. 42–44.

ISSE
INTEGRATED SAFETY & SECURITY EXHIBITION
КРУПНЕЙШАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ВЫСТАВКА ПО БЕЗОПАСНОСТИ
международный салон
КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2016
Защищенность. Благополучие. Правопорядок
БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД
Москва, ВДНХ, павильон № 75
17 - 20 мая
Тематические разделы
Пожарная безопасность
Техника охраны
Безопасность границы
Медицина катастроф
Защита и оборона
Средства спасения
Экологическая безопасность
Промышленная безопасность
Информационные технологии
Комплексная безопасность на транспорте
Ядерная радиационная и химическая безопасность
Авиационно-спасательные технологии гражданской обороны
Безопасность на водных объектах
Технологии дистанционного зондирования земли
Материально-техническое обеспечение силовых структур
реклама
WWW.ISSE-RUSSIA.RU