

В. А. Седнев

(Академия ГПС МЧС России; e-mail: sednev70@yandex.ru)

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И СИСТЕМ К УСТОЙЧИВОМУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЮ

На основе оценки производственных фондов электроэнергетических объектов обособлены мероприятия и задачи органов управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям по обеспечению надёжности и устойчивости их функционирования, механизм выбора и оценки эффективности мероприятий.

Ключевые слова: электроэнергетические сооружения и системы, надёжность обеспечения потребителей электроэнергией, мероприятия по повышению безопасности и устойчивости функционирования и их планирование, оценка эффективности.

Системы электроснабжения городов и объектов экономики предназначены для передачи *электроэнергии (ЭЭ)* и распределения её между потребителями. Они включают электрические станции, магистральные *линии электропередачи (ЛЭП)*, повышающие и понижающие трансформаторные и преобразовательные подстанции, распределительные подстанции, сети разных напряжений [1-3].

Для передачи электроэнергии используются ЛЭП с различным напряжением. Трансформаторные подстанции на напряжение 110-220 кВ располагают вблизи городов и крупных потребителей ЭЭ городской застройки и их называют трансформаторными подстанциями глубокого ввода.

Распределение электроэнергии в районах города осуществляется по кабельным или воздушным линиям с напряжением 6-10 кВ, а между отдельными потребителями – по кабельным сетям с напряжением 0,38-0,66 кВ. Особенностью электроснабжения является одновременность выработки, передачи и потребления электроэнергии. Поэтому для обеспечения надёжного электроснабжения городов, населённых пунктов и объектов экономики необходимым условием является сохранность основных производственных фондов электростанций, ЛЭП, распределительных и трансформаторных подстанций. Система электроснабжения городов включает четыре основные группы объектов [1, 2].

Группа 1. Электростанции, вырабатывающие электроэнергию напряжением 6,6-10,5 кВ за счёт превращения тепловой, гидравлической, атомной и других видов энергии в электрическую.

Группа 2. Сооружения магистральных линий передачи электроэнергии от электростанции к городам, населённым пунктам и другим объектам напряжением от 110-220 кВ до 500-750 кВ и более.

Группа 3. Трансформаторные, распределительные и преобразовательные подстанции и сети для преобразования и распределения (передачи) электроэнергии требуемого напряжения, частоты и вида тока потребителям. Они создаются на группу зданий, микрорайон, в отдельных районах крупных городов, на промышленных предприятиях, в городских и сельских районах.

Трансформаторные подстанции предназначены для снижения напряжения до 0,38-0,66 кВ, а на электростанциях и крупных *теплоэлектростанциях (ТЭС)* – для повышения напряжения электроэнергии до 330-750 кВ и более, передаваемой по магистральным линиям на значительные расстояния.

Распределительные подстанции осуществляют распределение электроэнергии без трансформации между потребителями. Преобразовательные подстанции (пункты) преобразуют переменный ток в постоянный и распределяют его по потребителям для питания двигателей в электропоездах, трамваях, троллейбусах, а также преобразуют частоту тока с 50 Гц до нужной частоты.

Группа 4. Оперативно-диспетчерские управления систем электроснабжения, осуществляющие контроль количества и качества распределяемой потребителям электроэнергии, обеспечение надёжности, устойчивости и экономичности работы электроэнергетических систем, а также предотвращение и ликвидацию возможных аварий внутри системы [4, 5].

Рассмотрим основные производственные фонды по этим группам энергетических объектов и оценим их влияние на устойчивость электроснабжения.

К основным производственным фондам тепловых электростанций (ТЭС) и атомных электростанций (АЭС) относятся следующие объекты.

1. Главные здания с тяжёлым железобетонным каркасом, стеновым заполнением из кирпича, бетонных блоков или облегчённых панелей и стекла, а на АЭС – сооружения из монолитного железобетона. В главном здании размещаются паровые турбины, атомные реакторы, электрогенераторы и другое оборудование, центральный щит управления, ремонтные цеха и мастерские, обслуживающий и управленческий персонал и службы жизнеобеспечения и др.

2. Градирни из железобетонных или металлических конструкций, пруды-охладители, насосные станции, каналы, сооружения системы охлаждения и др.

3. Объекты топливного хозяйства: склады угля, мазута, масел, газораспределительные пункты или ёмкости со сжиженным газом, газопроводы, разгрузочные эстакады для вагонов с углём, дробильные установки и ленточные конвейеры и др. Объекты топливного хозяйства размещаются на удалении 200-250 м от главного здания, за пределами ограждения станции. Запасы угля и сланца создаются на 30 суток, запасы мазута, доставляемого по железной дороге, создаются на 15 суток, а при доставке по трубопроводам – на 3 суток. Для ТЭС, работающих на газе, создаются запасы мазута на 5-10 суток.

4. Распределительные устройства и трансформаторные подстанции открытого или закрытого типов.

5. Дымовые и вентиляционные трубы, в фундаментах которых устраиваются убежища для персонала и защищённые пункты управления ТЭС.

6. Пожарное депо, гаражи, автономные *источники электроэнергии (ИЭЭ)*, склады расходных материалов и т. п.

7. Подъездные железнодорожные и автомобильные пути.

Основными производственными фондами гидравлических электростанций (ГЭС) являются: плотины и водохранилища, деривационные каналы; гидравлические турбины; здания машинных залов и генераторов, центрального пульта и управления; трансформаторные и распределительные устройства; судоходные шлюзы, затворы, крановое хозяйство; ремонтные цеха и мастерские и др. Наибольший ущерб электроснабжению объектов наносится в результате разрушения главных зданий ГЭС и АЭС, машинных залов и основного технологического оборудования – генераторов, реакторов, турбин. При разрушении плотины ГЭС возможно также образование зон катастрофического затопления.

К основным сооружениям магистральных ЛЭП и внутригородских сетей относятся следующие.

1. Опоры одно- и двухстоечные, металлические или железобетонные, узкобазные и широкобазные с тросовыми растяжками и свободностоящие, со специальными траверсами для подвески проводов.

2. Подвесные изоляторы (штыревые и собранные в гирлянды из нескольких отдельных изоляторов – от 2 до 20 штук в гирлянде).

3. Провода и грозозащитные тросы с заземлением, подвешиваемые на специальных траверсах опор через гирлянды изоляторов. Расстояние между проводами на опорах, при напряжениях от 35 до 220 кВ и провисах проводов от 4 до 16 м, принимается от 2,5 до 7 м.

4. Распределительные кабельные линии, прокладываемые, как правило, с заглублением в грунт не менее чем на 0,5-0,8 м.

Наибольший ущерб ЛЭП наносится разрушением или падением опор с обрывом проводов, грозозащитных тросов и изоляционных гирлянд. Около 80 % случаев недопоставки электроэнергии потребителям связаны с повреждениями или разрушениями распределительных сетей и 10 % – с разрушениями ЛЭП.

Основные производственные фонды трансформаторных, распределительных и преобразовательных подстанций можно разделить на две группы:

- здания подстанций – отдельно стоящие либо встроенные в производственные, общественные и жилые здания из кирпича, бетонных блоков, крупных панелей;

- технологическое оборудование подстанций: трансформаторы и распределительные устройства; преобразователи переменного тока в постоянный; масляные выключатели, разрядники, шины заземления, предохранители, автоматы ввода резервных источников электрической энергии; приборы измерения и учёта электрической энергии; аккумуляторные батареи.

Технологическое оборудование подстанций выполняется в виде комплектов (блоков) заводского изготовления, смонтированных в двух-трёх секционных металлических шкафах – комплектных распределительных устройствах, устойчивых к воздействию ударных и волновых нагрузок, выдерживающих нагрузку от 40 до 80 кПа.

Одной из особенностей трансформаторных подстанций является наличие большого объёма трансформаторного масла (до 10 тонн) в баках масляных выключателей, кожухах трансформаторов и др., что создаёт опасность возникновения пожаров и необходимость устройства автоматических систем пожаротушения.

Прекращение подачи электроэнергии к потребителям приводит к значительному экономическому и социальному ущербу.

Основными производственными фондами оперативно-диспетчерских управлений являются следующие объекты.

1. Административные здания и их технологическое оборудование. Здания, как правило, капитальные, каркасного типа, со стенами из кирпича, крупных блоков или лёгких панелей (стекло, металл). Внутри зданий имеется операционный зал, в котором представлена схема размещения объектов города, области, энергетического района и др.

2. Технологическое оборудование, к которому относятся:

- автоматические устройства контроля за работой оборудования;
- электронно-вычислительные машины, позволяющие моделировать режимы работы энергосистемы, выбирать наиболее надёжные и оптимальные варианты распределения электроэнергии;
- приборы автоматического регулирования напряжения трансформаторов, частоты и ограничения переходов мощности;
- устройства автоматического ввода резервного питания;
- противоаварийная автоматика, позволяющая: предотвратить нарушение устойчивости электроснабжения при сбросах и перегрузках мощности и нарушении частоты; ликвидировать асинхронные режимы по частоте; ограничить возможность повышения или снижения частоты и напряжения и др.

Состав и содержание комплексов инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение надёжности и устойчивости функционирования электроэнергетических сооружений

Все потребители электроэнергии разделяются на три категории в зависимости от допустимого времени возможного перерыва в их электроснабжении.

К первой категории относятся объекты, отключение электроснабжения которых может вызвать гибель или поражение людей и привести к значительному материальному ущербу: операционные блоки больниц; промышленные предприятия, в том числе объекты со взрыво-, газо- и пожароопасной технологией; телефонные узлы, радио- и телевизионные станции; очистные сооружения; станции подъёма и перекачки воды и стоков канализационных систем. Перерыв в подаче электроэнергии допускается на доли секунды, необходимые для автоматического подключения резервных источников электрической энергии.

Ко второй категории относятся объекты, перерыв в электроснабжении которых связан с потерей выпуска промышленной продукции, нарушением нормальной жизнедеятельности людей, простоем оборудования, машин и механизмов. В неё включаются производственные предприятия, лечебные и детские учреждения, школы, учебные заведения, высотные здания с лифтовыми подъёмниками, метрополитены, железные дороги, троллейбусы, трамваи. Перерыв в электроснабжении объектов не должен превышать несколько минут или времени, необходимого дежурному персоналу для подключения резервного источника электрической энергии.

Все остальные электроприёмники относятся к третьей категории. Для них допустимое время перерыва в электроснабжении не должно превышать несколько часов (до одних суток), необходимых для восстановления или замены повреждённых элементов системы электроснабжения.

Надёжность электроснабжения потребителей характеризуется относительным показателем времени перерыва в электроснабжении (в часах) за год к общему числу часов в течение года и оценивается показателем:

$$K_n = 1 - \frac{t_n}{8760}, \quad (1)$$

где t_n – время перерывов в электроснабжении в течение года;
8760 – количество часов году.

Для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей необходимо, чтобы сохранялись источники электрической энергии, трансформаторные, распределительные и преобразовательные подстанции, ЛЭП и распределительные сети. Инженерно-технические мероприятия, направленные на решение этих задач, могут быть разделены на группы.

Группа 1. Соблюдение требований нормативных документов при размещении элементов энергосистем и контроль за состоянием и надёжностью их работы.

Группа 2. Мероприятия по повышению устойчивости и безопасности функционирования электростанций.

Группа 3. Мероприятия по повышению устойчивости ЛЭП и распределительных сетей электроэнергетики.

Группа 4. Мероприятия по повышению безопасности и устойчивости функционирования электрических подстанций.

Группа 5. Мероприятия по повышению надёжности функционирования оперативно-диспетчерских пунктов, предприятий электрических сетей.

Размещение основных элементов энергосистем и контроль за их состоянием и надёжностью работы

Электростанции, ЛЭП, трансформаторные и распределительные подстанции должны быть размещены вне зон разрушений категоризированных городов и объектов и зон катастрофического затопления. Причём ТЭС мощностью 1 млн кВт и более должны быть удалены от границ проектной застройки таких городов и объектов не менее чем на 14 км, что снизит вероятность одновременного разрушения города и тепловых электростанций.

При этом необходимо внедрять нетрадиционные возобновляемые источники электрической энергии – солнечные, ветровые, приливные, биомассовые, которые могут обеспечить экономию 20-40 млн тонн условного топлива. Электроснабжение городов должно производиться от нескольких независимых источников электрической энергии. Оснащение оперативно-выездных бригад должно позволять восстанавливать электроснабжение в течение 24 часов.

Должен осуществляться систематический контроль состояния электростанций и их технологического оборудования, распределительных устройств, систем водо-, масло- и теплообеспечения, ЛЭП, трансформаторных и распределительных подстанций.

На электростанциях необходимо постоянно контролировать состояние строительных конструкций, топливного хозяйства, турбин и генераторов, систем охлаждения и водоочистки, систем противоаварийной защиты, надёжность работы трансформаторов и распределительных устройств, достаточность резервных мощностей. На АЭС, кроме того, должен осуществляться контроль степени радиоактивного загрязнения зданий станции и территории прилегающей санитарной зоны, а на ГЭС вестись постоянный контроль состояния плотин, щитовых устройств, донных спусков.

На ЛЭП необходимо осуществлять контроль провиса проводов, наклона опор, состояния изоляторов, грозозащитных устройств и заземлений, расстояний между проводами. На трансформаторных, распределительных и преобразовательных подстанциях необходимо постоянно контролировать герметичность масляных выключателей и кожухов трансформаторов, состояние вводов, шкафов, шин, разъединителей и предохранителей системы распределения, надёжность заземления, состояние приборов измерения и учёта электрической энергии, системы противоаварийной автоматики и другого оборудования.

Мероприятия по повышению устойчивости и безопасности функционирования электростанций

Мероприятия по повышению устойчивости функционирования электростанций могут включать следующие.

1. Строительство защитных сооружений (убежищ и противорадиационных укрытий) для персонала электростанций.

2. Накопление и обеспечение сохранности запасов топлива на ТЭС, обвалование складов мазута, установка запорных клапанов на всасывающих и нагнетательных трубопроводах мазута и газа в 10-15 м от насосных станций. Устройство обходных линий в обход газораспределительных пунктов, установка запорной и регулирующей арматуры с дистанционным управлением. Нормативные запасы мазута (на 15 суток) для ТЭС мощностью 1 млн кВт при норме расхода топлива 247 г/кВт·ч могут составить 90 тыс. тонн.

Для ТЭС такой же мощности, работающей на газе, запас мазута на 10 суток составит 60 тыс. тонн. Объём запасов угля (на 30 суток) для ТЭС мощностью 1 млн кВт·ч и расходе 327 г/кВт·ч составит 235 тыс. тонн.

3. Подготовка ТЭС к работе на других (местных) видах топлива и сохранение мелких (автономных) электростанций, законсервированных и не используемых в мирное время.

4. Возведение на территории ТЭС и АЭС высоких дымовых труб, обеспечивающих снижение концентрации вредных выбросов газов и радиоактивных аэрозолей, и оборудование их специальными фильтрами.

Трубы на территории ТЭС и АЭС возводятся высотой от 120 до 320 м. Внутренний диаметр устья трубы составляет 6-10 м.

5. На каждой электростанции должны быть предусмотрены автономные источники электрической энергии на случай аварийного электроснабжения важных потребителей. Мощность их должна быть не менее 3-5 % от мощности основного генерирующего источника.

6. Подготовка к предварительному сбрасыванию уровня воды в водохранилищах на ГЭС. Это позволяет снизить опасность разрушения плотин при взрыве боеприпасов в водохранилищах гидроузлов и значительно сократить размеры зон катастрофического затопления.

7. Создание на всех электростанциях центров контроля и аварийного управления технологическими процессами и оценки опасности возникновения аварий, разрушений зданий, поражения людей, загрязнения местности и других объектов внешней среды. Создание локальных систем оповещения населения.

Мероприятия по повышению надёжности и устойчивости функционирования сетей передачи и распределения электроэнергии

Основными мероприятиями по повышению надёжности и устойчивости функционирования сетей, обеспечивающих передачу и распределение электрической энергии, являются следующие.

1. Схема электрических сетей энергосистем должна предусматривать возможность автоматического деления энергосистемы на сбалансированные независимо работающие части. В случае выхода из строя основных электростанций, распределительная сеть может быть использована для передачи электрической энергии в города и на объекты от других источников электрической энергии (передвижные электростанции, энергопоезда и др.).

2. Распределительные линии энергосистем напряжением 110-330 кВ должны быть закольцованы, подключены к нескольким независимым источниками электрической энергии и проходить по разным трассам.

3. Областные и районные энергосистемы, энергосистемы крупных городов должны иметь запасные защищённые командно-диспетчерские пункты, как правило, за пределами зон возможных разрушений категорированных городов, катастрофического затопления.

4. Линии электропередачи, передающие электрическую энергию объектам особой важности и первой категории, проходящие по территории категорированных городов, должны выполняться в кабельном исполнении с заглублением в грунт не менее чем на 0,5-0,8 м.

Транзитные линии, проходящие через категорированные города, должны иметь обходные перемычки в виде воздушных линий за пределами зон возможных разрушений и катастрофического затопления. При прокладке воздушных линий должны соблюдаться требования по ограничению провиса проводов. Расстояние от поверхности земли до нижней точки провисающего провода напряжением 35-110 кВ должно быть не менее 5 м, 220-500 кВ – 5-7 м вне населённых пунктов и над судоходными реками и на 0,5 м больше (5,5-7,5 м) в населённых пунктах.

5. В схемах электроснабжения городов и производственных объектов должна быть предусмотрена возможность краткосрочного отключения потребителей, цехов и участков производства с целью обеспечения их световой маскировки. При этом должны быть обеспечены мероприятия по безаварийной остановке технологических процессов на опасных объектах, включая использование автономных источников электрической энергии.

6. Должны быть подготовлены силы и средства для восстановления электростанций, ЛЭП и других элементов системы электроснабжения.

7. Создание и накопление автономных источников электрической энергии, оборудование в речных и морских портах устройств для приёма электрической энергии от судов.

Мероприятия по повышению безопасности и устойчивости функционирования электрических подстанций

Трансформаторные, распределительные и преобразовательные подстанции имеются в энергосистеме каждого субъекта Российской Федерации, городах и населённых пунктах, на промышленных и сельскохозяйственных объектах.

Состав мероприятий, направленных на повышение их безопасности и устойчивости функционирования, зависит от мощности трансформаторов, количества распределительных устройств, величины напряжения передаваемого тока, состава и особенностей функционирования противоаварийной автоматики, конструктивных решений выключателей и разъединителей, систем охлаждения трансформаторов. Основными из них являются следующие.

1. Трансформаторные, распределительные и преобразовательные подстанции должны размещаться, как правило, в центре нагрузки, вблизи улиц и проездов, на территории, не подверженной затоплению, на безопасном удалении (не менее 100 м) от взрывоопасных объектов. Подстанции должны быть запитаны от двух независимых источников электрической энергии (электростанции других систем; автономные ИЭЭ и др.).

2. Обеспечение герметичности кожухов трансформаторов и баков выключателей с масляным охлаждением и предотвращение проникания в них влажного воздуха. Это позволит снизить опасность возгораний и взрывов воздушно-масляных смесей.

3. Внедрение блочных комплектов распределительных устройств с размещением их в металлических шкафах, позволяющих повысить устойчивость оборудования к воздействию различных нагрузок.

4. Устройство автоматических систем пожаротушения на трансформаторных и распределительных подстанциях и обеспечение возможности дистанционного управления ими (в случае отказа автоматики).

5. Накопление запаса оборудования трансформаторных и распределительных подстанций для их восстановления (контрольно-измерительной аппаратуры, изоляторов, проводов и кабелей, деталей конструкций опор, инструмента и других средств). Перечень запаса определяется приказом по предприятию электрических сетей, электростанции и другим объектам.

Мероприятия по повышению надёжности передачи и распределения электроэнергии, проводимые на оперативно-диспетчерских пунктах управления предприятиями электрических сетей

Мероприятия на оперативно-диспетчерских пунктах управления предприятиями электрических сетей направлены на решение двух главных задач:

- повышение надёжности и устойчивости функционирования элементов системы распределения и передачи электрической энергии;
- организация подготовки сил и средств для выполнения аварийно-восстановительных работ на сетях и подстанциях энергосистемы.

Для их решения проводятся следующие комплексы мероприятий.

1. Совершенствование информационно-управляющих комплексов на базе электронно-вычислительных машин большой производительности. Разработка математического обеспечения расчётов по контролю за соблюдением режимов электроснабжения и противоаварийного управления.

2. Строительство и оборудование защитных сооружений для командно-диспетчерских пунктов и персонала дежурных смен.

3. Подготовка аварийно-восстановительных формирований и обеспечение их постоянной готовности к выполнению планово-предупредительных ремонтов и работ по локализации и ликвидации последствий аварий.

4. Накопление и обеспечение сохранности запаса средств, оборудования и материалов для выполнения аварийно-восстановительных работ на подстанциях и сетях, средств определения мест повреждений на сетях.

Объекты электроснабжения проектируют с учётом обеспечения устойчивого электроснабжения территорий, отнесённых к группам по гражданской обороне, и организаций, отнесённых к категориям по гражданской обороне.

К числу основных задач, выполняемых органами управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям при планировании и организации выполнения мероприятий, направленных на повышение безопасности и устойчивости функционирования электроэнергетических систем и бесперебойное электроснабжение потребителей, относятся следующие.

1. *Подготовка исходных данных и прогнозирование состояния электроснабжения в чрезвычайных ситуациях.* Материалы прогноза необходимы при разработке плана гражданской обороны на военное время и плана действий в чрезвычайной ситуации мирного времени.

Для решения этой задачи необходимо изучить обстановку в районах размещения опасных объектов и ожидаемый характер разрушения электростанций, ЛЭП, трансформаторных и распределительных подстанций. В зависимости от ожидаемой степени разрушения производственных фондов электростанций и распределительных сетей можно оценить объёмы передачи и распределения электрической энергии. Вероятность наступления различных степеней разрушения зданий, трансформаторных и распределительных подстанций и ЛЭП при авариях с взрывом газоздушных смесей и в условиях военных конфликтов можно определить по известным методикам. Сохранившиеся после воздействия поражающих факторов возможности источников электрической энергии и системы электроснабжения могут быть определены по формуле

$$P_{\text{в}} = (1 - \sum_{i=3}^4 P_i) N, \quad (2)$$

где $\sum_{i=3}^4 P_i$ – суммарная вероятность сильных и полных разрушений;

N – нормативная мощность электростанций, кВт.

2. *Выбор и оценка эффективности мероприятий*, направленных на повышение устойчивости функционирования системы электроснабжения и надёжное обеспечение потребителей электрической энергией.

Эффективность мероприятий может быть оценена эффективностью использования капиталовложений на проведение мероприятий и временем возобновления электроснабжения потребителей. Эффективность использования капиталовложений ω , руб./ед. сохр. эл. снабж., может быть оценена показателем "эффект на рубль" и рассчитана по формуле

$$\omega = \frac{\Delta C}{q_1 - q_0}, \quad (3)$$

где ΔC – дополнительные затраты на мероприятия по обеспечению сохранности электроснабжения;

q_1, q_0 – вероятность сохранности электроснабжения после проведения дополнительных мероприятий и до них.

3. *Разработка, совместно со службами электроснабжения и комиссиями по повышению устойчивости функционирования городов и объектов экономики, мероприятий по подготовке системы электроснабжения к световой маскировке.* Для этого необходимо оценить возможность устройства автоматизированного отключения уличного освещения и производственных огней на объектах экономики, имеющих демаскирующие признаки. Необходимо проверять надёжность и эффективность принимаемых мер и систематически совершенствовать маскировочное освещение.

4. *Осуществление контроля с комиссиями по устойчивости и по чрезвычайным ситуациям и обеспечению пожарной безопасности соблюдения требований нормативных документов при проектировании и реконструкции систем электроснабжения.* Основное внимание должно быть обращено на размещение её объектов вне зон возможных разрушений, зон катастрофического затопления и опасного удаления от объектов со взрыво- и пожароопасной технологией, а также убежищ и укрытий для персонала работающих смен и защищённых пунктов управления. При этом учитывать, что наличие на электростанциях, трансформаторных и распределительных подстанциях маслonaполненного оборудования, кабельных магистралей с горючими изоляционными покрытиями создает условия для возникновения и развития пожаров [6].

Реализация мероприятий с учётом оценки их эффективности обеспечит устойчивость функционирования системы электроснабжения и надёжное обеспечение потребителей электрической энергии.

Литература

1. *Седнев В. А.* Методика обоснования и пути повышения эффективности электроэнергетического обеспечения объектов в условиях ресурсных ограничений // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (65). 2016. С. 154-164. <http://academygps.ru/ttb>.
2. *Кудрин Б. И.* Электроснабжение: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: изд. центр "Академия", 2012. 352 с.
3. *Липкин Б. Ю.* Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебник. М.: изд-во "Высшая школа". 1990. 366 с.
4. *Членов А. Н., Самышкина Е. В., Буцынская Т. А.* Организация формирования тактико-технических требований к системам комплексной безопасности объектов // Технологии техносферной безопасности. Вып. 2 (72). 2017. С. 140-146. <http://academygps.ru/ttb>.
5. *Топольский Н. Г., Манин П. А., Таранцев А. А., Холостов А. Л.* Моделирование дежурно-диспетчерской службы объекта на основе одноканальной безбуферной системы массового обслуживания с эрланговским входным потоком и экспоненциальным обслуживанием // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2011. № 3. С. 26-31.
6. *Алешков М. В., Безбородько М. Д., Плосконосов А. В., Ольховский И. А.* Технические средства подачи огнетушащих веществ для ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций на объектах энергетики // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2012. № 1. С. 10-14.

Материал поступил в редакцию 14 ноября 2017 г.

Для цитирования: *Седнев В. А.* Инженерно-технические мероприятия по подготовке электроэнергетических сооружений и систем к устойчивому функционированию // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 1 (83). – 2019. – С. 139-150. DOI: 10.25257/TTS.2019.1.83.139-150.

V. A. Sednev

ENGINEERING AND TECHNICAL MEASURES FOR THE PREPARATION OF ELECTRIC POWER FACILITIES AND SYSTEMS FOR SUSTAINABLE OPERATION

Over the past ten years, the number of long-term power outages due to extraordinary events at power facilities has increased. Therefore, the article describes the structure, composition and main groups of objects of the power supply system of settlements, fixed assets for groups of energy facilities and their impact on the stability of power supply facilities was assessed. This made it possible to substantiate the composition and content of events, as well as the main tasks of the civil defense and emergency management bodies in planning and organizing their implementation, aimed at improving the reliability and sustainability of the operation of electric power facilities and systems and uninterrupted power supply to consumers.

Key words: electric power facilities and systems, reliability of electricity supply to consumers, measures to improve safety and sustainability, efficiency evaluation.

References

1. Sednev V. A. Methods of study and ways to improve the efficiency of the electricity security of objects under resource constraints. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 1 (65), 2016, pp. 154-164 (in Russian).

2. Kudrin B. I. *Elektrosnabzhenie: uchebnik dlya stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovaniya* [Electric power supply: a textbook for student institutions of higher professional education]. Moscow, Academy Publ., 2012, 352 p.

3. Lipkin B. Yu. *Elektrosnabzhenie promyshlennyh predpriyatij i ustanovok: uchebnik* [Electric power supply of industrial enterprises and installations: the textbook]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990, 366 p.

4. Chlenov A. N., Samyshkina E. V., Butcinskaya T. A. Organization of formation of tactical and technical requirements for complex security systems of facilities. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 2 (72), 2017, pp. 140-146. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (in Russian).

5. Topolsky N. G., Manin P. A., Tarantsev A. A., Kholostov A. L. Modelling of the dispatching service based single-channel unbuffered queuing system with erlang's input stream and exponential service. *Pozhary i chrezvychainye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiia / Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, no. 3, 2011, pp. 26-31 (in Russian).

6. Aleshkov M. V., Bezborodko M. D., Ploskonosov A. V., Olkhovsky I. A. Technical means for fire extinguishing substances delivery to eliminate emergencies at power industry objects. *Pozhary i chrezvychainye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiia / Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, no. 1, 2012, pp. 10-14 (in Russian).

For citation: Sednev V. A. Engineering and technical measures for the preparation of electric power facilities and systems for sustainable operation. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 1 (83), 2019, pp. 139-150 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2019.1.83.139-150.