

**О ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(часть 1)**

Разработаны основные положения по обеспечению электроэнергетической безопасности субъектов Российской Федерации в условиях чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: технический анализ, электроэнергетическое обеспечение.

V.A. Sednev, A.V. Smurov

**ABOUT INCREASING STABILITY OF ENSURING ELECTRICITY
OF RUSSIAN FEDERATION SUBJECTS
(part 1)**

Developed the basic provisions for ensuring electricity of Russian Federation subjects in emergency situations.

Key words: technical analysis, electricity ensuring.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 сентября 2014 г.

В настоящее время ни одна из сторон деятельности человека не может осуществляться без полного и качественного обеспечения **электроэнергией (ЭЭ)**, а сложившаяся в электроэнергетике страны ситуация с износом электрооборудования может быть оценена как критическая.

В регионах с дефицитом ЭЭ (Московская, Ленинградская, Тюменская области и др.) недоотпуск её не позволяет объектам инфраструктуры выполнять свои задачи по предназначению в полной мере. Кроме того, аварии на объектах энергетики наносят значительный ущерб экономике страны, что подтверждается событиями в Москве (2005 г.), Московской области (2010-2012 гг.), Санкт-Петербурге (2010, 2011 гг.). Так, авария в Москве 23-26 мая 2005 г. принесла убытки до 2 млрд руб., остановились предприятия в Московской, Рязанской, Калужской и Тульской областях, при этом ущерб от нарушения электроснабжения намного превышал затраты на их предотвращение.

Нынешняя энергосистема страны характеризуется недостаточной надежностью, – **электроэнергетические системы (ЭЭС)** регионов обладают низким уровнем резервирования генерирующих мощностей и не обеспечивают устойчивое **электроэнергетическое обеспечение (ЭЭО)** территорий, а износ **основных производственных фондов (ОПФ) региональных систем электроэнергетики (РСЭЭ)**, достигающий 80 %, увеличивает вероятность **чрезвычайных ситуаций (ЧС)**, причем 2/3 территории страны не имеет постоянного электроснабжения, и это не только отдалённые и северные районы, но и поселения

Центра, Северо-Запада, Урала, Сибири, города и посёлки, отключаемые плано-во, аварийно, грозой, ветром, гололёдом, сходом лавин и вследствие других причин.

При этом независимо от того, произошла авария в ЭЭС или нет, в ряде субъектов Российской Федерации наблюдаются ЧС, связанные с недостаточностью ЭЭО их территорий. До 1990 г. потребление ЭЭ промышленностью составляло 70 %, а населением – 30 %, в настоящее время это соотношение поменялось при фактически оставшейся неизменной структуре объектов электроэнергетики страны. В результате – ограниченность традиционных энергоресурсов, неравномерность и неконтролируемый рост электропотребления объектов и потребителей населения создали дефицит мощностей в ряде энергосистем.

Мероприятия по *повышению устойчивости функционирования (ПУФ)* на объектах РСЭЭ сводятся [1] к соблюдению требований нормативных документов, что недостаточно для обеспечения надежного электроснабжения потребителей, при этом только у 1 % потребителей имеются свои энергетические службы, отвечающие за бесперебойное электроснабжение, в то время как последствия ЧС всегда связаны с недостаточностью ЭЭО объектов и территорий на длительное время, а подразделения МЧС России привлекаются для ликвидации последствий ЧС на объектах ЭЭС только на краткосрочный период.

В то же время фактически отсутствуют труды, посвященные разработке методов обоснования мероприятий, средств и способов обеспечения устойчивого функционирования объектов РСЭЭ и ЭЭО потребителей, – имеются только исследования, посвящённые реализации отдельных требований к уровням ЭЭС региона, однако существующие методики не могут применяться для рассматриваемых задач без изменений, дополнений и уточнений, что требует разработки соответствующих теоретических положений, обоснование и выполнение которых повысит эффективность системы предупреждения и ликвидации ЧС и электроэнергетическую безопасность населения и территорий субъектов РФ при возникновении ЧС. При этом:

- первоначально план электрификации России был ориентирован на создание крупных энергетических мощностей. Реформирование электроэнергетики осуществляется с 1918 г. по настоящее время за счёт потребителя и характеризуется полным монополизмом. Цели, установленные планом ГОЭЛРО, не достигнуты, так как в настоящее время около 20 млн человек на 2/3 территории России находятся без централизованного электроснабжения;

- уничтожение малых, по мощности, электростанций сделало неустойчивым энергообеспечение малых предприятий, сельского хозяйства, отдаленных поселений. При этом одной из задач энергетической стратегии Российской Федерации является как раз активное развитие и внедрение автономного электроснабжения потребителей на основе различных источников ЭЭ;

- до 1992 г. ЭЭС России обеспечивала мировой уровень надёжности энергоснабжения потребителей, но в условиях низкого уровня резерва генерируемых мощностей;

- продолжает нарастать процесс старения основного оборудования электростанций и сетей, нарастает дефицит мощности в ряде энергосистем и связанный с этим отказ в присоединениях к сетям новых потребителей, при этом износ ОПФ объектов РСЭЭ увеличивает вероятность аварий, приводя к ЧС, связанным с недостаточностью электроэнергетического обеспечения объектов и территорий, что подтверждается статистикой за последние пятнадцать лет;

- подразделения МЧС России могут быть привлечены для ликвидации последствий ЧС только на краткосрочный период, в то время как последствия ЧС на объектах энергетики долгосрочны и всегда связаны с недостаточностью ЭЭО для объектов и территорий на длительное время;

- анализ аварий на объектах РСЭЭ и их последствий, связанных с недостаточностью ЭЭО территорий и невозможностью восстановить работу источников ЭЭ в короткие сроки, показал необходимость разработки научно-методического аппарата обоснования и прогнозирования потребностей объектов и территорий в ЭЭО, который одновременно будет являться основой поддержки принятия должностными лицами РСЧС решений на обоснование, организацию и реализацию мероприятий по обеспечению электроэнергетической безопасности субъектов Российской Федерации в условиях ЧС;

- существующая ограниченность традиционных энергоресурсов, неравномерность и рост энергопотребления потребителями формируют угрозы электроэнергетической безопасности Российской Федерации на фоне старения электросетевых и генерирующих объектов;

- существующие методы прогнозирования параметров электропотребления объектов приводят к существенному разрыву между прогнозными и реальными данными.

Предлагаемый авторами научно-методический подход позволяет оценивать параметры электропотребления и устойчивость ЭЭО объектов и обосновывать мероприятия по обеспечению электроэнергетической безопасности субъектов Российской Федерации в условиях ЧС. Разработка научно-методического подхода анализа и прогнозирования параметров ЭЭО населения, объектов и территорий обеспечивает информационно-аналитическую поддержку принятия решения должностными лицами РСЧС на организацию устойчивого ЭЭО в условиях ресурсных ограничений, позволяет определять требуемые объёмы электропотребления для объектов и территорий в режимах ЧС и нормальных условиях эксплуатации объектов РСЭЭ, не допускать возникновения недостаточности ЭЭО для объектов, населения и территорий субъектов Российской Федерации.

Основные положения по обеспечению электроэнергетической безопасности субъектов Российской Федерации в условиях чрезвычайных ситуаций

Устойчивое функционирование региональных систем электроэнергетики, состоящих из одной или нескольких электроэнергетических систем, определяет электроэнергетическую безопасность и надежное электроэнергетическое обеспечение населения и территорий. При этом наука и практика рассматривает электропотребление на уровне крупных (0,1 % всех объектов), средних (0,9 %) и малых (9 %) объектов, остальные 90 %, питающихся на напряжении 0,4 кВ, остаются без внимания, причём существующие методы расчёта электрических нагрузок требуют учёта режима работы и мощности каждого *электроприемника (ЭП)* и приводят к большим ошибкам [1, 2]. Именно поэтому определение параметров электропотребления на уровнях ЭЭС, обоснование состава *систем электроснабжения (СЭС)* и численности структуры *электротехнических средств (ЭТС)* на уровне напряжения 0,4 кВ требуют разработки новых подходов к контролю за электропотреблением объектов и функционированием РСЭЭ, для чего предлагается использовать ценологические взгляды [1, 2] на развитие сложных многоуровневых систем, ранее не использовавшиеся для обоснования мероприятий по обеспечению электроэнергетической безопасности субъектов Российской Федерации в условиях чрезвычайных ситуаций.

Анализ состава РСЭЭ выявил, что устойчивость их ЭЭС включает устойчивость [1, 3-4]: структуры, СЭС отдельных объектов и функционирования объектов *материально-технического обеспечения (МТО)* (рис. 1), при этом:

- под устойчивостью структуры понимается её способность удовлетворять важнейшие потребности объектов инфраструктуры региона в электроэнергии на уровне, обеспечивающем решение задач государства и поддержание жизнедеятельности населения региона, где электроэнергетическое жизнеобеспечение является составной частью жизнедеятельности;
- под устойчивостью СЭС отдельных объектов понимается их способность обеспечивать потребители ЭЭ требуемого количества и качества и поддерживать жизнедеятельность населения на соответствующих территориях;
- под устойчивостью функционирования объектов материально-технического обеспечения понимается их способность выполнять свои функции.

Под устойчивостью ЭЭС понимается её способность реагировать на внешние и внутренние воздействия без возникновения критических состояний. Оценка устойчивости должна производиться на основе анализа функционирования отдельных СЭС и наличия у них *источников электрической энер-*

гии (ИЭЭ), при этом условием устойчивости СЭС является наличие инфраструктуры и соответствие мощностей элементов инфраструктуры решаемым задачам.

Оценка устойчивости функционирования РСЭЭ и ЭЭО потребителей может быть выполнена с использованием показателей [1]:

- устойчивости структуры, определяющей уровень удовлетворения потребностей объектов в ЭЭ;
- подготовленности системы к устойчивому функционированию, характеризующей степень выполнения требований по повышению устойчивости;
- обоснованности мероприятий по обеспечению устойчивости функционирования РСЭЭ и ЭЭО потребителей в условиях ЧС.



Рис. 1. Показатели оценки устойчивости функционирования РСЭЭ и ЭЭО потребителей

Показатель устойчивости характеризуется отношением ожидаемого объёма производства ЭЭ к минимально необходимому объёму. Значение его зависит от сценария ситуации и варианта воздействия по объектам РСЭЭ и потребителям. Рассчитанные для определенных условий значения показателя следует рассматривать как прогноз характеристик устойчивости функционирования РСЭЭ и ЭЭО потребителей.

Показатели подготовленности РСЭЭ и её уровней к устойчивому функционированию характеризуют степень выполнения требований по обеспечению устойчивого ЭЭО потребителей. Показатели используются при планировании и контроле реализации мероприятий по повышению устойчивого функционирования РСЭЭ и ЭЭО потребителей в ЧС, а достигнутые значения характеризуют результаты проделанной работы.

К основным направлениям обеспечения устойчивого функционирования РСЭЭ и ЭЭО потребителей в условиях ЧС относятся: оценка возможностей РСЭЭ по обеспечению потребителей ЭЭ; обоснование состава сил и средств для восстановления ЭЭС; резервирование элементов ЭЭС для повышения надежности электроснабжения объектов и недопущения возникновения ЧС, связанной с недостаточностью ЭЭО для потребителей; прогнозирование ожидаемого состояния электроснабжения при авариях в ЭЭС, параметров электропотребления объектов, состава ИЭЭ, их количественных и качественных характеристик; оптимизация задач планирования и организации выполнения мероприятий по ПУФ объектов РСЭЭ в условиях ЧС.

Мероприятия по ПУФ разрабатываются и осуществляются заблаговременно, исходя из прогноза состояния электроснабжения и требований по обеспечению устойчивого электроснабжения ответственных потребителей, объектов жизнеобеспечения и населения. Характер, объёмы и сроки проведения мероприятий определяются с учётом их значения для поддержания требуемого уровня жизнедеятельности территорий, а также имеющихся ресурсов. В этих целях следует предусматривать обоснование и накопление резервных электростанций или других автономных ИЭЭ, а для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей – готовить РСЭЭ к работе в специальных режимах.

Для каждого уровня РСЭЭ характерны свои цели и методы определения параметров электропотребления (рис. 2) и подходы к принятию решения на ЭЭО, при этом имеющееся противоречие между ростом электропотребления объектов инфраструктуры региона, критическим состоянием объектов электроэнергетики, необходимостью решения задач ЭЭО объектов инфраструктуры и населения региона и отсутствием методик обоснования параметров электропотребления для уровней ЭЭС регионов, особенно для уровня 0,4 кВ, осуществляющего обеспечение ЭЭ 90 % объектов, а также рациональной структуры ИЭЭ для обеспечения их функционирования, определяют тенденции развития теории и практики обеспечения электроэнергетической безопасности субъектов РФ в условиях ЧС.

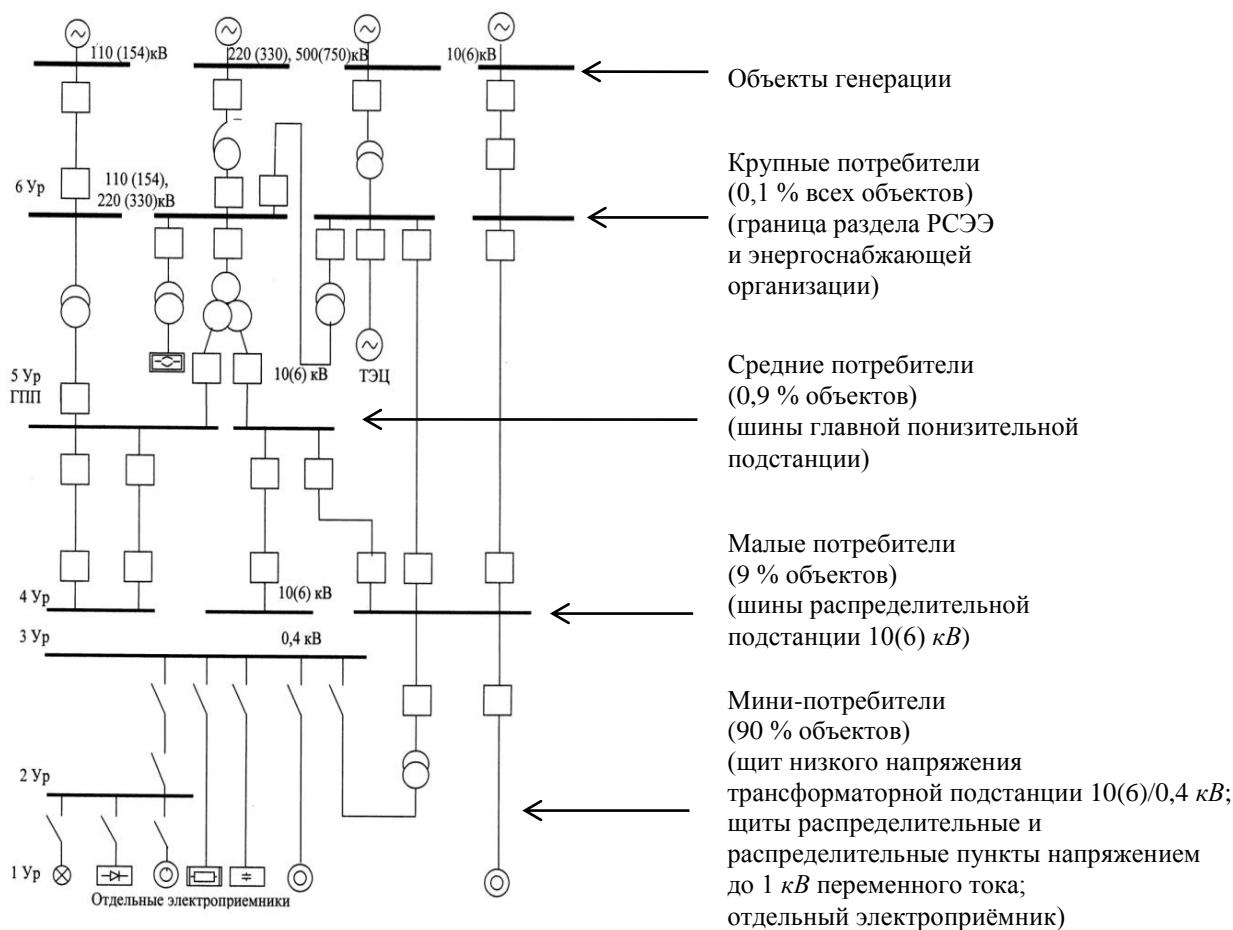


Рис. 2. Структурная схема электроэнергетической системы [1, 2]

Для реализации целей ЭЭО территорий регионов в условиях ЧС необходимо (рис. 3) [1]:

1. Оценить устойчивость ЭЭО крупных потребителей или комплексов объектов инфраструктуры на основе определения их объёмов электропотребления и обосновать структуру и состав их СЭС. Для обоснования параметров электропотребления используется техноценологический подход, опирающийся на положения теории систем и аппарат устойчивых законов предельных теорем теории вероятностей, на положения аппарата математической статистики, теории множеств, теории информации и математической логики. Определение и прогнозирование объёмов электропотребления объектов позволит уточнить или обосновать состав ИЭЭ и решить задачу ЭЭО жизнедеятельности территорий в условиях ЧС. На одну ЭС мощностью 10 тыс МВт должно быть 10 ЭС по 1000 МВт или 100 – по 100 МВт, или 10 млн ЭС мощностью по 1 кВт каждая;

2. Обосновать структуру и состав СЭС важнейших объектов жизнеобеспечения и населения, предполагающих создание для них резервного комплекса электротехнических средств. Критерием оценки надежности создаваемых систем является быстрота ввода их в эксплуатацию, так как задержка ввода в эксплуатацию системы для жизнедеятельности территорий наносит ущерб,

превышающий стоимость самой СЭС. Обоснование количественных и качественных характеристик резервных ИЭЭ позволит решить задачу электроснабжения жизнеобеспечения населения на уровне минимальной достаточности с учётом сложившейся ситуации. Для решения этой задачи применяются технический и профессионально-логический анализ, методы и положения теории расчёта электрических нагрузок, теории вероятностей, теории надёжности и математической статистики.

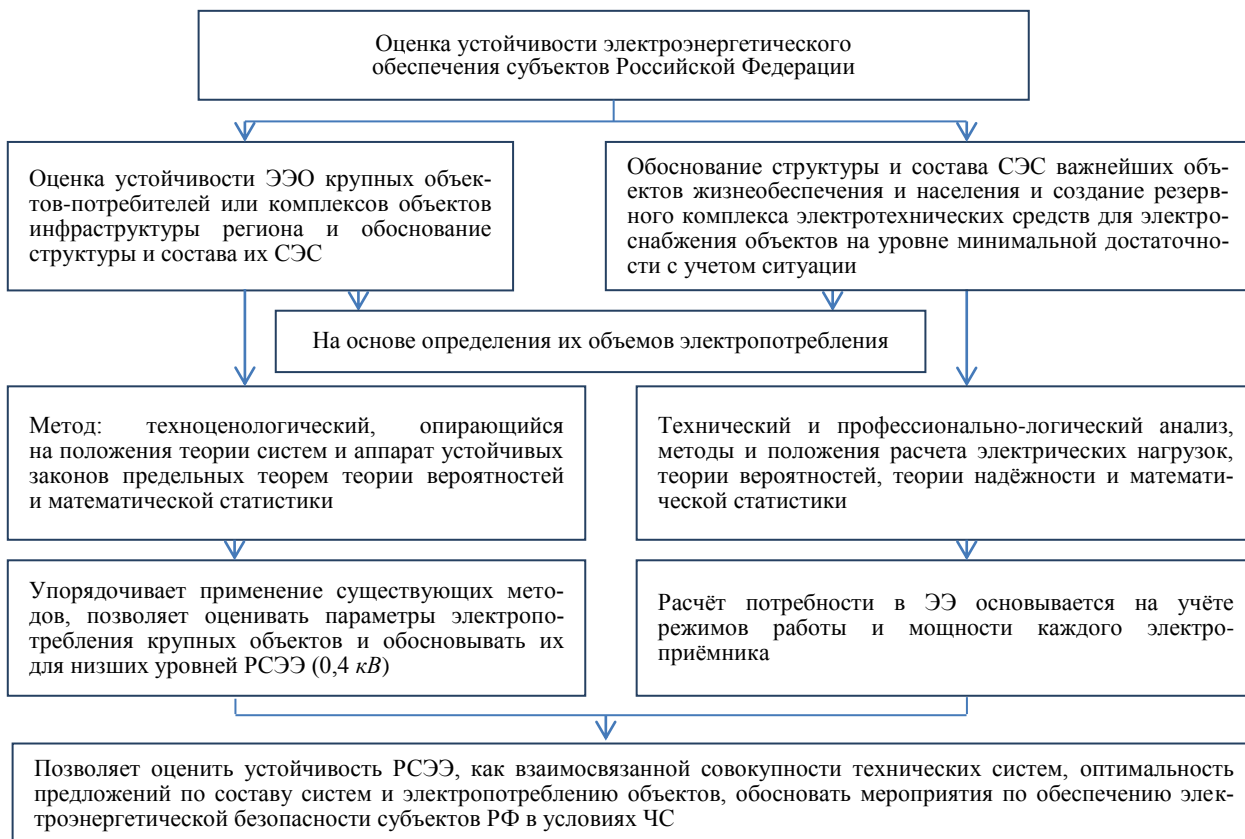


Рис. 3. Методы и особенности оценки устойчивости электроэнергетического обеспечения субъектов Российской Федерации в условиях чрезвычайных ситуаций

Управление ЭЭС регионов опирается как на классические законы электротехники, так и на кибернетические представления, использующие идеи отбора, самоорганизации, негауссовости [2]. Во втором случае СЭС исследуется как технический ценоз, самоорганизующееся бесконечное множество слабосвязанных и слабодействующих изделий, и изучаются закономерности применения ЭЭ в системе.

Техноценозы относятся к классу систем, для которых математическое ожидание не имеет смысла, а дисперсия может быть сколь угодно большой, набор показателей постоянно меняется и не может быть предложена однозначная система показателей, отвечающая потребностям различных специалистов [1, 2]. Использование ценологических моделей позволяет прогнозировать пара-

метры электропотребления объектов и решать задачу согласования прогнозов на разных уровнях иерархических систем, основываясь на представлении о РСЭЭ как системе, имеющей внутреннюю постоянную устойчивую структуру.

Таким образом, в основу обоснования мероприятий по обеспечению устойчивого функционирования РСЭЭ и ЭЭО потребителей и в целом электроэнергетической безопасности субъектов РФ в условиях ЧС, положен техноценологический подход, синтезирующий и упорядочивающий применение существующих методов, позволяющий оценивать и обосновывать параметры электропотребления объектов на уровнях РСЭЭ.

Литература

1. **Седнев В.А.** Техноценологические методы построения и управления развитием многоуровневых систем: монография. М.: Академия ГПС МЧС России. 2008. 132 с.
2. **Кудрин Б.И.** Введение в технетику. Томск: изд-во Томск. гос. ун-та. 1993. 552 с.
3. **Седнев В.А., Смулов А.В.** Методы оценки и обоснования мероприятий по обеспечению электроэнергетической безопасности субъектов Российской Федерации в условиях чрезвычайных ситуаций: монография. М.: Академия ГПС МЧС России. 2014. 115 с.
4. **Седнев В.А., Смулов А.В.** Методология оценки электроэнергетической безопасности экономики и территорий Российской Федерации и оптимизации сложившейся структуры средств МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2011. № 3. С. 80-91.
5. **Седнев В.А., Смулов А.В.** Научно-методический подход обоснования и прогнозирования потребностей объектов в электроэнергетическом обеспечении // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2010. № 1. С. 33-51.