

О КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



Кратные и дольные единицы в системе СИ

Десятичн ый множите ль	Пристав ка	Обозначение		Десятич ный множит ель	Приставка	Обозначение	
		междун ародное	русское			междунар одное	русское
10^{24}	иотта	<i>Y</i>	И	10^{-1}	деци	<i>d</i>	д
10^{21}	зетта	<i>Z</i>	З	10^{-2}	санتي	<i>c</i>	с
10^{18}	экса	<i>E</i>	Э	10^{-3}	мили	<i>m</i>	м
10^{15}	пета	<i>P</i>	П	10^{-6}	микро	<i>μ</i>	мк
10^{12}	тера	<i>T</i>	Т	10^{-9}	нано	<i>n</i>	н
10^9	гига	<i>G</i>	Г	10^{-12}	пико	<i>p</i>	п
10^6	мега	<i>M</i>	М	10^{-15}	фемто	<i>f</i>	ф
10^3	кило	<i>k</i>	к	10^{-18}	атто	<i>a</i>	а
10^2	гекто	<i>h</i>	г	10^{-21}	зепто	<i>z</i>	з
10^1	дека	<i>da</i>	да	10^{-24}	иокто	<i>y</i>	и

Соотношения единиц энергии

	ТД ж	Гкал	Млн т нефтяного эквивалента	Млрд кВт·ч
ТД ж	1	238,8	$2,388 \cdot 10^{-5}$	0,2778
Гкал	$4,1868 \times 10^{-3}$	1	$10^{(-7)}$	$1,163 \cdot 10^{-3}$
Млн т нефтяного эквивалента	$4,1868 \times 10^4$	10^7	1	11630
Млрд кВт·ч	3,6	860	$8,6 \cdot 10^{-5}$	1

		1 кВт·ч	1 Мдж	1 ккал	1 лс/ч
1 кВт·ч	киловатт-час	1	3,6	859,8	1,34
1 Мдж	мегаджоуль	0,278	1	238,8	0,373
1 ккал	килокалория	0,0012	0,0042	1	0,0016
1 лс/ч	лошадиная сила/час	0,746	2,68	641,2	1

Энергетическая ценность 1 тут составляет:

1 топливный тонно-эквивалент по нефти
(тнэ) = 41,8 ГДж;

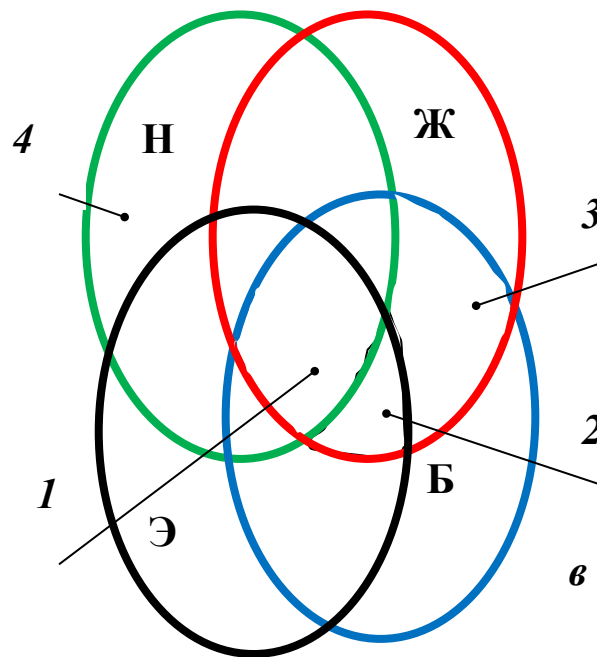
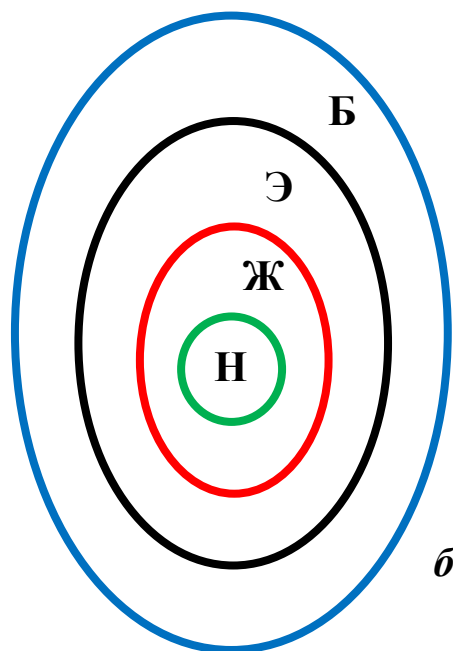
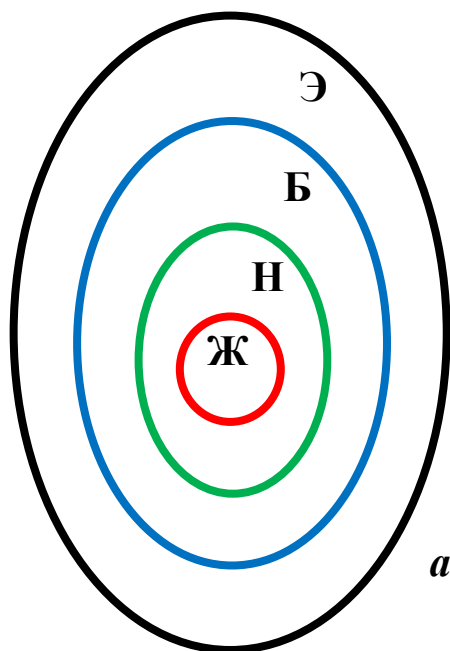
1 топливный тонно-эквивалент по углю
(туэ) = 0,7 тнэ = 29,3 ГДж.

Различные виды топлива
пересчитываются в нефтяной эквивалент:

1 тнэ = 1,44 тут (каменного угля) = 2,63 т
дров = 1167 м³ природного газа = 0,912 т
сжиженного газа = 41,868 ГДж = 11,63

МВт·ч. электроэнергии.

Диаграммы возможных соотношений свойств
«Живучесть» (Ж), «Надёжность» (Н),
«Безопасность» (Б), «Экономичность» (Э)
а), б) – различные варианты ранжирования
свойств Ж, Н, Б, Э;
в) – сочетания свойств Ж, Н, Б, Э



**1 – множество рациональных режимов работы
 $\{\text{Э} \cap \text{Н} \cap \text{Б} \cap \text{Ж}\};$**

**2 – множество эксплуатационных состояний
 $\{\text{Э} \cap \text{Н} \cap \text{Б}\}$**

**(и подобных ему), не обеспечивающих
рациональное функционирование объекта по
одному из свойств;**

**3 – множеств состояний
 $\{\text{Б} \cap \text{Ж}\}$**

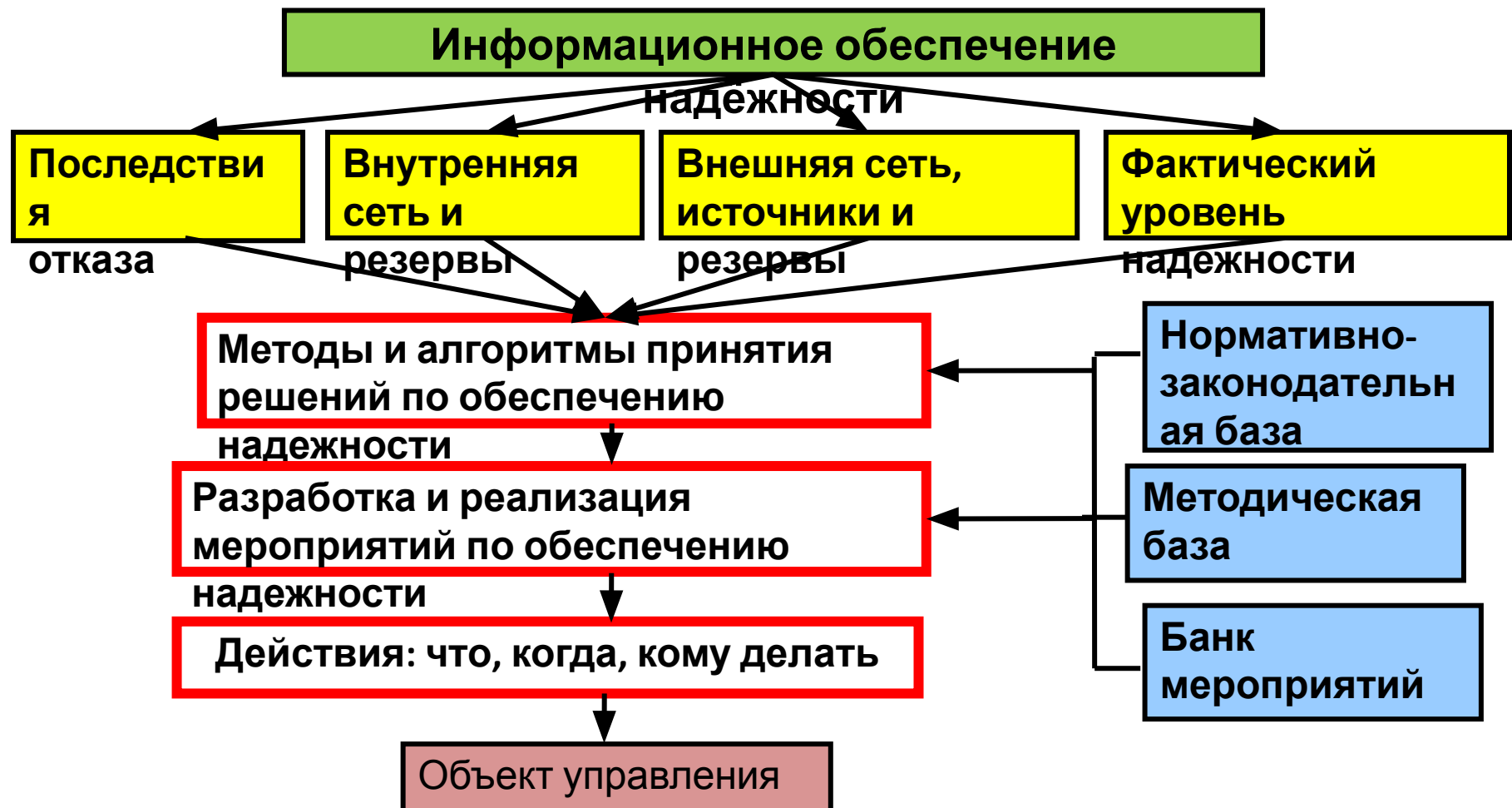
**(и подобных ему), не совместимых с нормальной
эксплуатацией объекта;**

**4 – множество
 $\{\text{Н} \setminus \text{Н} \cap \text{Ж} \setminus \text{Э} \cap \text{Н} \setminus \text{Н} \cap \text{Б} + \text{Э} \cap \text{Н} \cap \text{Ж} + \text{Н} \cap \text{Б} \cap \text{Ж} + \text{Э} \cap \text{Н} \cap \text{Б} \setminus \text{Э} \cap \text{Н} \cap \text{Б} \cap \text{Ж}\}$**

(и подобных) запрещённых состояний.

**Очевидно, что, требования потребителей
должны по возможности учитывать
соотношения, представленные на рис. 1, в.**

Схема организационной системы обеспечения надежности отдельного субъекта



Предпосылки

ФЗ об электроэнергетике 2003 г. определил основные положения обеспечения надежности

Основываясь на Законе об электроэнергетике и Концепции 2004 г. разрабатывались отраслевые нормативные документы

Концепция 2004 г. сыграла свою роль, однако условия развития и функционирования электроэнергетики существенно изменились и требуется разработка новой Концепции

Надежность поставки электроэнергии – важнейший фактор эффективного развития экономики и жизнеобеспечения населения

Конкурентные отношения в электроэнергетике требуют повышенного внимания к обеспечению надежности

Необходимо учитывать российский (советский) и зарубежный опыт

Современное состояние (накопившиеся проблемы) электроэнергетики с позиций обеспечения надежности

- **Катастрофическое старение** электроэнергетического оборудования
- **Неудовлетворительное состояние** системы поддержания надежности действующего оборудования
- **Дефицит инвестиций**
- **Стагнация** электроэнергетического машиностроения, энергостроительной отрасли
- **Ошибочная кадровая политика** в отрасли, недоиспользование и низкий уровень технологического персонала

Основные понятия

Надёжность – свойство объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования

- **Системная надёжность** – надёжность системы как сложного технического или производственного объекта
- **Надёжность энергоснабжения** – аспект надёжности объекта энергетики, отражающий требования со стороны потребителей в бесперебойном снабжении его энергоресурсом

Источник: Надёжность систем энергетики (Сборник рекомендуемых терминов). М.: ИАЦ «Энергия», 2007, 192 с.

Надежность в электроэнергетике определяется:

Надежностью снабжения электростанций ТЭР

Надежностью оборудования – основных
электроэнергетических объектов и
вспомогательных элементов и систем

Структурой построения электроэнергетических
систем

Принципами и уровнем резервирования и запасов
всех видов

Управлением – от хозяйственно-экономических
мероприятий до диспетчерского и
автоматического управления режимами ЕЭС
России

Вопросы, на которые необходимо дать ответ

В чем проблема? – характеристика проблемы
надежности

Что имеем? – состояние электроэнергетики

Что делать? – система задач и мероприятий

Чем оценивать? – система показателей
надежности

К чему стремиться? – какой уровень надежности
должен быть?

Сколько стоит? – экономические оценки
мероприятий

Почему нужно платить? – сопоставление затрат и
последствий

Как организовать реализацию? – многосторонние
контракты

Содержание Концепции

1. Характеристика проблемы
2. Состояние электроэнергетики России
3. Комплекс задач по обеспечению надежности
4. Система показателей и требований по надежности
5. Принципы и средства обеспечения надежности при управлении развитием и функционированием
6. **Экономические аспекты обеспечения надежности**
7. **Обязательства субъектов отношений в электроэнергетике по обеспечению надежности и механизмы их реализации**
8. **Обоснование необходимости создания и функции постоянно действующего независимого органа по обеспечению надежности в электроэнергетике**
9. **Программа мероприятий (дорожная карта) по обеспечению надежности**

Комплекс задач по обеспечению надежности в электроэнергетике

 **Экстренные**

 **Среднесрочные**

 **Стратегические**

Экстренные задачи обеспечения

надежности

- **Тотальный аудит** состояния оборудования
 - **Организация системы ремонтов** оборудования с учетом необходимости координации действий компаний
- **Организация мониторинга** проведения ремонтной деятельности
- **Привлечение к планированию** развития электроэнергетики и эксплуатации квалифицированного персонала, повышение квалификации персонала, восстановление периодических проверок его знаний и компетентности
 - **Разработка, обеспечение финансирования и контроль** выполнения инвестиционных программ по обеспечению надежности

Среднесрочные задачи обеспечения

надежности

- Разработка и реализация программы модернизации и реконструкции оборудования и механизмов её реализации
- Организация системы мониторинга состояния и прогнозирования остаточного ресурса оборудования, мониторинга и прогнозирования надежности ЕЭС и ее составляющих, надежности электроснабжения потребителей
- Разработка системы отраслевых регламентов и национальных стандартов по обеспечению надежности
- Разработка принципов и системы обоснования развития электроэнергетики, электроэнергетических систем и компаний с учетом новых средств и технологий построения систем обеспечения надежности, управляемости и адаптивности ЕЭС России и ее составляющих
- Организация вневедомственного государственного контроля за выполнением обязательств по обеспечению надежности
- Модернизация системы среднего и высшего технического образования по энергетическим и электротехническим специальностям

Стратегические задачи обеспечения надежности

Производство современного высокоэффективного
и

высоконадежного оборудования

Восстановление энергостроительной отрасли

Формирование структуры ЕЭС России и
электроэнерге-

тических систем, обладающей требуемой
надежностью,

высокой управляемостью и адаптивностью

Реализация системы принципов, процедур и
правил

управления функционированием ЕЭС и ЭЭС,
обеспечивающих с использованием новых средств
управления требуемые **системную надежность**

Система показателей для оценки надежности должна отражать

- **Территориальную иерархию** (ЕЭС, ОЭС, РЭС с учетом зон свободного перетока и др.)
- **Временную иерархию** (задачи развития и эксплуатации)
- **Объекты мониторинга** надежности
- **Технологический уровень** анализируемого объекта
- **Топливную составляющую** анализируемого объекта
- **Организационную структуру** электроэнергетики и деятельность субъектов рынка
- **Последствия отказов**

Система показателей надежности (1)

Показатели надежности обеспечения топливно-энергетическими ресурсами

- объем запасов топлива на складах
- математическое ожидание приточности воды в водохранилища ГЭС
- вероятность бездефицитного снабжения газом ТЭС
- математическое ожидание недопоставки газа на ТЭС

Показатели надежности оборудования

- параметр потока отказов
- наработка на отказ
- время восстановления
- вероятность безотказной работы
- коэффициент готовности (оперативной готовности)
- коэффициент плановых простоев
- снижение уровня работоспособности или функционирования объекта

Система показателей надежности (2)

☞ Показатели системной надежности

- вероятность безотказной (бездефицитной) работы
- математическое ожидание среднегодового недоотпуска электроэнергии
- «системная минута»

☞ Показатели надежности электроснабжения потребителей

- частота отказов
- средняя длительность отказа
- математическое ожидание недоотпуска электроэнергии
- ущерб от дефицита мощности
- ущерб от недоотпуска электроэнергии

Система показателей надежности (3)

Показатели надежности для хозяйствующих субъектов

- затраты на обеспечение надежности
- ущербы от проявления ненадежности
 - ♦ от «собственной» ненадежности
 - ♦ от нанесения ущерба другим субъектам
 - ♦ штрафы за невыполнение регламентированных требований надежности

☞ **Показатели** для оценки надежности субъекта относительно границ его балансовой принадлежности, учитывая характер технического присоединения объекта (на разных классах напряжения, с разными субъектами и др.)

Нормирование надежности

Цели:

- фиксация требований к электроснабжению потребителей, схемам выдачи мощности электростанций, схемам питания городов и узлов нагрузки
- фиксация требований к оперативному персоналу, правилам и процедурам оперативно-диспетчерского управления с учетом «человеческого фактора»
- ориентиры для целеполагания в динамике при обосновании развития электроэнергетики, электроэнергетических систем и компаний

- Нормативы надежности имеют либо обязательный, либо рекомендательный характер и используются для регулирования требований по надежности
- Состав нормируемых показателей тесно связан с системой показателей для оценки надежности и требований по надежности
- Обоснование количественных значений нормируемых показателей и требований по надежности выполняется на основе обобщения

Современное состояние нормативного регулирования надежности в России

- ФЗ №35 от 26.03.2003 «Об электроэнергетике» (ред. 27.10.2010)
- ФЗ №184 от 27.12.2002 «О техническом регулировании» (ред. 30.12.2009)
- ПП РФ №643 от 24.10.2003 о правила оптового рынка (ред. 09.06.2010)
- ПП РФ №861 от 27.12.2004 о правилах доступа к услугам в электроэнергетике (ред. 09.06.2010)
- ПП РФ №530 от 31.08.06 о функционировании розничных рынков электроэнергии (ред. 09.06.2010)
- ПП РФ №24 от 21.01.2004 о стандартах раскрытия информации субъектами оптового и розничных рынков электроэнергии (ред. 09.08.2010)
- ПП РФ №86 от 16.02.2008 «О штабах по обеспечению безопасности электроснабжения»
- ПП РФ №823 от 17.10.2009 «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики»
- ПП РФ №846 от 28.10.2009 о правилах расследования причин аварий
- ПП РФ №117 от 03.03.2010 об отборе субъектов, предоставляющих услуги по обеспечению системной надежности

Стандарты надежности NERC

№	Обозн.	Группа стандартов надежности	Число
1	BAL	Балансирование генерации и потребления	9
2	COM	Телекоммуникация и связь	2
3	CIP	Защита важной информационной инфраструктуры	9
4	EOP	Готовность к аварийным ситуациям и действия в них	9
5	FAC	Проектирование установок, присоединение, обслуживание	11
6	INT	Энергообмены, планирование и координация	9
7	IRO	Действия и координация по надежности энергообъединения	14
8	MOD	Моделирование, информация, методы расчета	22
9	NUC	Атомная электроэнергетика	1
10	PER	Качество работы персонала, обучение, квалификация	5
11	PRC	Защита и управление	26
12	TOP	Эксплуатация электропередачи	9
13	TPL	Планирование электропередачи	6
14	VAR	Напряжение и реактивная мощность	4

КАТЕГОРИИ НАРУШЕНИЙ АДЕКВАТНОСТИ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЙ В США

- A1. – НЕ ВЫДЕРЖИВАЕТСЯ ТРЕБУЕМЫЙ
ОПЕРАТИВНЫЙ РЕЗЕРВ МОЩНОСТИ
– ОГРАНИЧИВАЕТСЯ БИРЖЕВАЯ
ПРОДАЖА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**
- A2. СНИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ –
ДОБРОВОЛЬНОЕ И ПО КОНТРАКТАМ**
- A3. УГРОЖАЮЩЕЕ ИЛИ ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ
ОБЕСТОЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

КАТЕГОРИИ НАРУШЕНИЙ ОПЕРАТИВНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЙ (ЭО) В США

- 1. ЕДИНИЧНЫЕ НАРУШЕНИЯ БЕЗ ДЕЛЕНИЯ ЭО**
- 2. МНОЖЕСТВЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ С ПОТЕРЕЙ ГЕНЕРАЦИИ 1-2 (0,5-1) ГВт, ДЕЛЕНИЕ ЭО БЕЗ ПОТЕРИ НАГРУЗКИ И ГЕНЕРАЦИИ**
- 3. ПОТЕРЯ ГЕНЕРАЦИИ БОЛЕЕ 2 (1) ГВт, ПОТЕРЯ НАГРУЗКИ МЕНЕЕ 1 ГВт, ДЕЛЕНИЕ ЭО С ПОТЕРЕЙ НАГРУЗКИ И ГЕНЕРАЦИИ МЕНЕЕ 1 ГВт**
- 4. ПОТЕРЯ НАГРУЗКИ В ПРЕДЕЛАХ 1-10 ГВт, ДЕЛЕНИЕ ЭО С ПОТЕРЕЙ НАГРУЗКИ И ГЕНЕРАЦИИ БОЛЕЕ 1 ГВт**
- 5. КАСКАДНОЕ ПОГАШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПОТЕРЕЙ БОЛЕЕ 10 ГВт НАГРУЗКИ**

Принципы обеспечения надежности в электроэнергетике

Надежность имеет рыночную стоимость и реализуется через рынок услуг

- **На этапах обоснования развития электроэнергетики, проектирования и строительства объектов** финансирование мероприятий по обеспечению надежности осуществляется из разных источников, **затраты на надежность включаются в инвестиционную составляющую цены электроэнергии**
- **В условиях эксплуатации** затраты на обеспечение надежности компенсируются через цены на электроэнергию, мощность и услуги

Обеспечение системной надежности

Обоснование развития электроэнергетики

- ♦ прогноз электропотребления и управления спросом
- ♦ обоснование развития генерирующих мощностей и электрических сетей
- ♦ выбор резервов и запасов
- ♦ обоснование источников финансирования

Управление надежностью

- ♦ координация взаимодействия субъектов отношений по обеспечению надежности с использованием необходимых механизмов
- ♦ оптимальное использование средств обеспечения надежности (резервы мощности, ремонты оборудования, управление режимами)

Обеспечение надежности профессиональной деятельности

Обеспечение надежности электроснабжения потребителей

- ❖ **надежность питающих узлов систем электроснабжения**
- ❖ **надежность систем электроснабжения**
- ❖ **надежность питания электроприемников потребителей различных категорий**
- ❖ **координация ответственности между электроснабжающими организациями и потребителями**

Экономические аспекты обеспечения надежности (1)

- **Основы экономического механизма управления надежностью**

- ущерб экономике и населению от ненадежного электроснабжения

- затраты на обеспечение надежности

- управление рисками, в том числе путем активизации участия потребителей

- **Дифференцированные цены на электроэнергию и услуги по**

- передаче электроэнергии**

- по уровням надежности

- по времени суток, дням недели и др.

- **Ущерб у потребителей от перерывов электроснабжения**

- ◇ методы замещения (недовыпуск продукции и др.)

- ◇ рыночные методы (недополученная прибыль и др.)

Экономические аспекты обеспечения надежности (2)

- **Управление рисками при обеспечении надежности электроснабжения потребителей**
 - оценка рисков
 - страхование рисков
 - способы управления рисками
- **Стимулирование эксплуатационного персонала за обеспечение уровня надежности и качества услуг**
- **Отражение экономического управления надежностью во взаимоотношениях участников рынка электроэнергии**
- **Правовая поддержка системы экономического обеспечения надежности в электроэнергетике**

Сферы ответственности субъектов отношений по обеспечению надежности

В техническом аспекте

- обеспечение надежности ЕЭС как единого объекта:

- генерирующие и электросетевые компании**
- потребители**
- электроснабжающие организации**

В экономическом аспекте

- реализация двусторонних и многосторонних контрактов

В правовом аспекте

- соблюдение нормативно-правовых взаимных обязательств по надежности

Совет по надежности в электроэнергетике – (необходимость создания)

- **Особая значимость для экономики и страны в целом обеспечения высокого уровня надежности электроснабжения**
- **Отсутствие органа, комплексно выполняющего перечисленные функции**
- ◆ **Множественность и многообразие субъектов с собственными, часто противоречивыми интересами**
- ◆ **Необходимость в авторитетной компетентной многофункциональной структуре, обеспечивающей справедливое согласование интересов субъектов**
- ◆ **Невозможность возложения комплекса необходимых функций на какую-либо существующую государственную или**

Перечень программ по проработке конкретных проблем и направлений обеспечения

надежности

Разработка системы мониторинга и прогнозирования надежности

Разработка системы отраслевых регламентов и национальных стандартов

Разработка системы и конкретных значений нормируемых

показателей надежности и требований по надежности

Разработка системы механизмов, обеспечивающих соблюдение условий надежности по всей технологической цепочке от генерации до потребления в условиях рынка

Разработка структуры, функций и принципов работы постоянно действующего независимого Совета по