



Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Сендеров С.М.

**Методы исследования и обеспечения
надежности интеллектуальных
энергетических систем и энергетической
безопасности**

**Методологический семинар
ИСЭМ СО РАН, 30 мая 2017 г.**



«Надежность СЭ – свойство системы осуществлять в реально складывающихся условиях бесперебойное снабжение потребителей соответствующими энергоносителями приемлемого качества в обоснованных и согласованных объемах их потребностей, не допуская возникновения ситуаций, опасных для людей и окружающей среды».

Надежность систем энергетики. Терминология: Сб. рекомендуемых терминов / Отв. Ред. Ю.Н. Руденко. – М.: Наука, 1980. – Вып. 95. – 44 с.

«Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки». Там же.

«Живучесть – свойство объекта (системы) противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением режима энергоснабжения потребителей и восстанавливать исходное состояние или близкое к нему». Там же.



1967 г. - Шестидневная война

Израиль

1973 – 1974 гг.

**обострение
Арабо-Израильского
конфликта**

Синайский полуостров до Суэцкого канала;
Половина Голанских высот (ранее Сирия);
Западный берег р. Иордан; Сектор Газа

Война судного дня

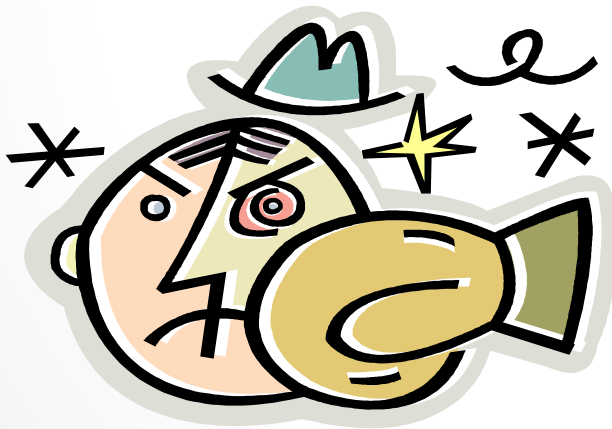
6.10.1973 г.: нападение Египта и Сирии на Израиль;
24.10.1973 г.: окончание войны

Арабские страны - поставщики нефти

Экономическое, политическое воздействие

ОПЕК

Иран, Ирак, Кувейт, Саудовская
Аравия, Венесуэла, Катар, Ливия, ОАЭ,
Алжир, Нигерия, Эквадор, Ангола



**Эмбарго на продажу нефти странам Западной Европы,
повышение цены на сырую нефть втрое**



Энергетическая безопасность

Уверенность в том, что энергия будет иметься в распоряжении в том количестве и того качества, которые требуются при данных экономических условиях

МЭА

Безопасность - состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз
ФЗ «О безопасности»

Ущерб для окружающей среды, здоровья и жизни людей в условиях реализации ЧС

Безопасность - свойство объекта не допускать ситуации, опасные для людей и окружающей среды
«Надежность систем энергетики. Терминология»

Ущерб для потребителей ТЭР от дефицита в удовлетворении их потребностей в энергии

Состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушений бесперебойности энергоснабжения (в том числе в условиях ЧС)



Характеристика понятий надежности и безопасности

Основные факторы	Анализируемые понятия			
	Надежность Reliability	Живучесть Survivability, Security	Безопасность Safety	Энергетическая безопасность Energy security
Научная (философ- ская) кате- гория	Свойство	Свойство	Свойство	Состояние
Атрибут принадлеж- ности	Объекты (системы) энергетики			Государство, обще- ство, экономика
События	Отказы элемен- тов	Массовые (с кас- кадным развити- ем) отказы эле- ментов	Опасные воз- действия на людей и окру- жающую среду	Реализация угроз ЭБ
Причины событий	Дефекты оборудования и систем управления, ошибочные действия людей			Те же причины, а также экономиче- ские, социально- политические; внешние политиче- ские и экономиче- ские факторы
Последствия событий	Потеря произ- водственной мощности, снижение резер- вов, недоотпуск энергоресурсов, нарушение бес- перебойности энергоснабже- ния	Недоотпуск энергоресурсов с массовым нару- шением питания потребителей	Ущерб здоро- вью и гибель людей, ухуд- шение состоя- ния окружаю- щей среды	Значительный недо- отпуск энергоресур- сов, нарушение бес- перебойности энер- госнабжения. Энер- гетический кризис. Ослабление эконо- мической и в целом национальной безо- пасности



Классификация методов исследования надежности ЭЭС и их объектов.

Группы	Классы	Виды				Области преимущественного применения	
А. Методы экспериментальной оценки надежности	I. Испытания на надежность реального объекта.	1. Исследовательские испытания				Определение и проверка надежности оборудования ЭЭС	
		2. Контрольные испытания					
	II. Наблюдение за надёжностью реального объекта.						
Б. Методы расчетного определения надежности	III. Методы, не требующие поэлементного моделирования объекта.	3. Ретроспективные методы				Краткосрочное планирование работы ЭЭС	
		4. Методы экстраполяции				Перспективное и долгосрочное планирование развития ЭЭС и их объектов	
		5. Экспертные методы					
	IV. Методы, основанные на поэлементном моделировании объекта исследования.	6. Детерминистические подходы	6.1. Методы физического моделирования				На всех территориальных уровнях и временных этапах управления развитием и эксплуатацией ЭЭС в качестве основного или вспомогательного средства
			6.2. Критерий $n-i$				
			6.3. Метод наихудшего случая				
			6.4. Нормирование				
		7. Вероятностные подходы	7.1. Аналитические методы	а) случайные события			
				б) случайные процессы			
			7.2. Статистические методы	а) случайные события			
				б) случайные процессы			

Методы испытаний

«Испытания на надёжность» - процесс определения или проверки показателей надёжности опытным путем.

**Исследовательские
(определятельные)**

**Выявление фактических
значений показателей
надёжности**

Контрольные

**Проверка соответствия
показателей надёжности
объектов поставленным
требованиям**

Методы наблюдения

**Извлечение и обработка информации из анализа работы
действующих объектов**

Ретроспективные методы

Анализ прошлого опыта функционирования объекта и обоснованное использование этого опыта при прогнозируемых условиях его развития. Чаще всего - метод планирования экспериментов и регрессионный анализ.

Применяются при условии определенной "инерционности" в развитии объекта, то есть достаточной стабильности во времени его свойств и структуры.

Преимущественная область применения - анализ функционирования ЭС или отдельных их элементов при перспективном и долгосрочном планировании их развития.



Методы экстраполяции

Основаны на анализе тенденций изменения показателей надежности работы объекта от изменения отдельных его параметров или условий работы.

(Прогнозирование надежности оборудования СЭ, иногда – оценка надежности объектов, подсистем и СЭ в целом).

Экспертные методы

Основываются на накопленном знании, опыте и интуиции специалистов.
(Процесс определения надежности неформализуем в силу ограниченной информации о закономерностях явлений, связанных с объектом; данные о развитии объекта существенно неопределенны).



Детерминистические методы

Методы и критерии анализа и синтеза надежности объекта (системы), в которых не моделируются вероятностные характеристики отказов элементов, а только анализируется способность объекта выдерживать любые возмущения из априори заданного класса (функционирование объекта после такого возмущения должно удовлетворять заданным условиям и параметрам).

Для ЭЭС и их объектов - допустимые уровни напряжений, частоты, загрузки оборудования, бездефицитность мощности и энергии.

Вероятностные методы

Оценка как часто и какое время объект (система) будет находиться в неработоспособном состоянии из-за отказов элементов.

(моделирование вероятностных процессов в системе и вероятностных характеристик отказов элементов)



В аналитических методах расчета надежности используются, как правило, основные положения теории вероятностей, комбинаторики, алгебры логики, теории массового обслуживания и т.п.

Аналитические методы при наличии математического описания функциональных связей между отдельными факторами принципиально позволяют решить любую задачу по оценке надежности в СЭ с необходимой точностью.

Статистические методы - методы расчета надежности, основанные на использовании статистического моделирования. При статистическом моделировании основные процессы функционирования объекта, включая стохастические, представляются многократно испытываемой вероятностной моделью.

Используются в случаях, когда имеются препятствия для применения аналитических методов.



Порядок анализа надежности объекта:

1. Анализ объекта, функциональной взаимосвязи составных частей, выполняемых функций объектом и его элементами.

2. Определение содержания понятий «безотказная работа» и «отказ» соответствующих объекту

3. Определение возможных отказов объекта и его составных частей, их причин и последствий.

4. Оценка влияния отказов составных частей на работоспособность объекта.

5. Формирование структурной схемы надежности объекта.

6. Составление расчетных зависимостей для определения значений показателей надежности объекта.



Основные моменты обеспечения балансовой надежности

- *выбор соответствующей конструкции ЭЭС (конфигурация схем электрических соединений, структуры ген. мощностей и др.);*
- *резервирование во всех звеньях схемы (производство, передача и распределение э/энергии, система управления), включая обеспечение запасов ЭР;*
- *выбор структуры и параметров средств управления системой;*
- *повышение надёжности оборудования ЭЭС;*
- *улучшение организации эксплуатации и управления ЭЭС.*

Основные факторы влияния на балансовую надежность (ЭЭС)

- *располагаемые мощности отдельных территорий и запасы пропускной способности связей между ними;*
- *структура генерирующих мощностей;*
- *плановые ремонты оборудования;*
- *графики изменения нагрузок территориальных зон в течение года и суток;*
- *нерегулярные колебания нагрузки и ошибки прогнозирования спроса потребителей;*
- *снижение ген. мощностей территорий и запасов пропускных способностей связей из-за нештатных ситуаций на источниках и линиях электропередачи*

Необходимо учитывать:

- *ограничения пропускной способности связей (вплоть до отключения);*
- *разновременность прохождения максимумов нагрузки отдельных территорий;*
- *взаимоотношения между субъектами рынка в объединяемых зонах ЕЭС;*
- *большое число элементов расчетных схем надежности*



Режимная надежность – свойство системы сохранять заданные режимы функционирования при изменении условий, отказах элементов и внезапных возмущениях

**Порядок управления
обеспечением режимной надежности:**

- *Определение границы допустимой области режимов ЭЭС в рамках ограничений по режимной надежности;*
- *Оценка места многомерного состояния системы по отношению к допустимой области режимов;*
- *В случае необходимости оптимизация управляющих воздействий по вводу состояния системы в допустимую область режимов*



Единичные свойства, характеризующие надежность объекта энергетики (основные)

Наименование	Трактовка	Связь с интеллектуальностью
<i>Безотказность</i>	Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки	++
<i>Восстанавливаемость</i>	Свойство объекта восстанавливать работоспособность после отказа путем проведения технического обслуживания, ремонтов и/или управления объектом.	++
<i>Долговечность</i>	Свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе техобслуживания и ремонтов	+
<i>Сохраняемость</i>	Свойство объекта непрерывно сохранять исправное или только работоспособное состояние в течение и после хранения и/или транспортирования	-



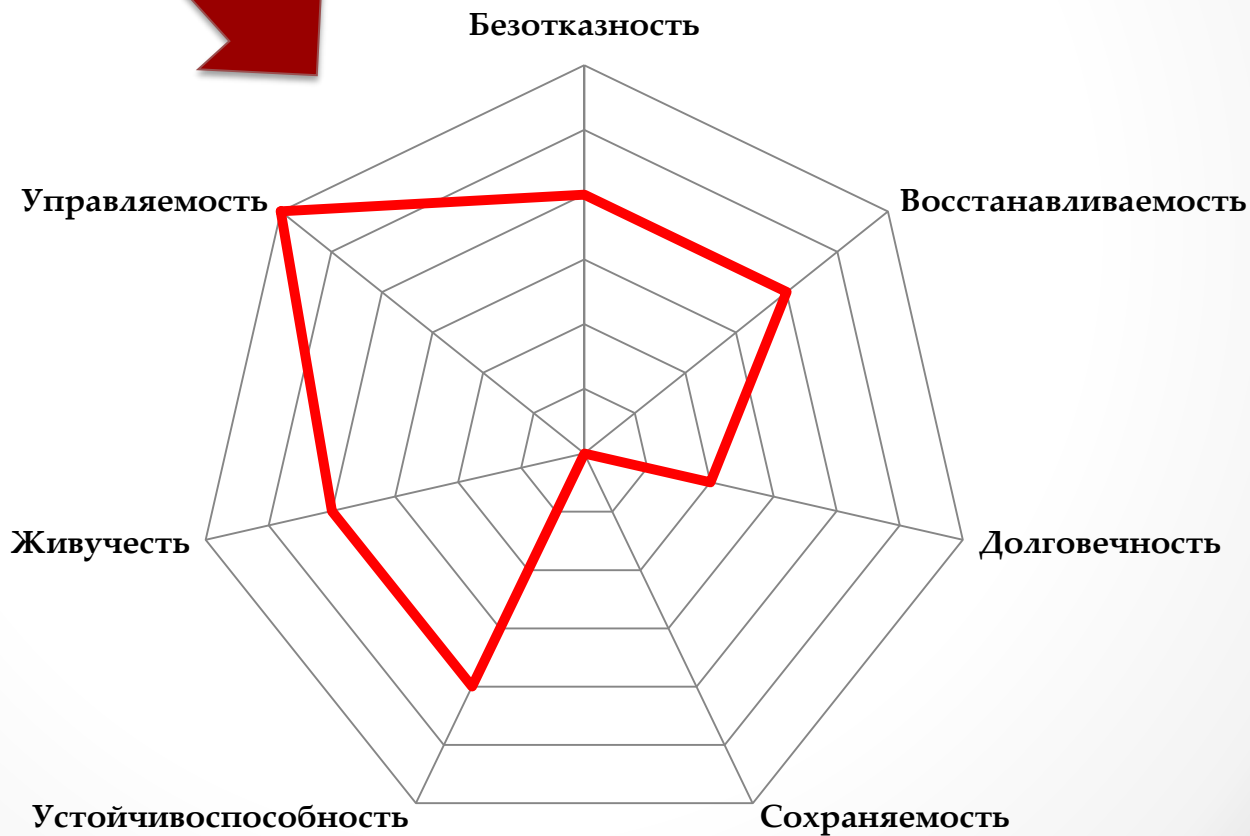
Единичные свойства, характеризующие надежность объекта энергетики (сопряженные)

Наименование	Трактовка	Связь с интеллектуальностью
<i>Устойчивоспособность</i>	Свойство объекта непрерывно сохранять устойчивость в течение некоторого времени	++
<i>Живучесть</i>	Свойство объекта противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением режима энергоснабжения потребителей, и восстанавливать исходное состояние объекта или близкое к нему	++
<i>Управляемость</i>	Свойство объекта обеспечивать другие единичные свойства средствами управления	+++



Интеллектуализация системы

Сила воздействия на свойство





Безотказность и восстанавливаемость интеллектуальных энергосистем

Диагностика энергетического оборудования

Параметрическая диагностика

контроль нормируемых параметров оборудования, обнаружение и идентификация их опасных изменений.

Диагностика неисправностей

определение вида и величины дефекта после регистрации факта появления неисправности

Превентивная диагностика

обнаружение всех потенциально опасных дефектов на ранней стадии развития, наблюдение за их развитием и на этой основе долгосрочный прогноз состояния оборудования

Диагностика энергетического оборудования



**повышение безотказности и сокращение
времени восстановления**





Безотказность и восстанавливаемость интеллектуальных энергосистем

Задачи диагностики

1. Оценка текущего состояния объектов энергетики.
2. Поиск неисправностей объектов энергетики.
3. Прогноз остаточного ресурса объектов энергетики.

Некоторые методы диагностики энергетического оборудования интеллектуальных энергетических систем

- Акустические
- Тепловизионные
- Оптические
- Вибрационные
- Ультразвуковые
- Эмиссионные
- Импульсные
- Радиолокационные
- ХАРГ в масле
- Контроль электрических параметров
- Анализ гармоник тока и напряжения
- Физико-химический анализ масла
- Контроль по интенсивности частичных разрядов
- Лазерное сканирование
- и др.



Управляемость интеллектуальных энергосистем

- создание единых систем диспетчерского и технологического управления систем энергетики;
- развитие систем интеллектуального мониторинга надёжности систем энергетики (самодиагностирование и т.п.);
- разработка и внедрение алгоритмов интеллектуального воздействия на системы энергетики для поддержания требуемого уровня надёжности;
- развитие системы сбора и обработки информации о надёжности оборудования систем энергетики;
- развитие систем самовосстановления после отказов и самоадаптации к изменяющимся условиям объектов энергетики;
- роботизация систем энергетики.



ПОКАЗАТЕЛИ НАДЁЖНОСТИ

Классификация по признакам:

1. по свойствам надёжности:

- показатели безотказности;
- показатели долговечности;
- показатели ремонтпригодности;
- и т.д.

2. по числу характеризующих объектов:

- групповые показатели;
- индивидуальные показатели;
- смешанные показатели.

3. по размерности показателя различают показатели, выражаемые:

- наработкой;
- сроком службы;
- прочие, в т.ч. вероятности событий).

4. по источнику информации для оценки уровня показателя:

- расчетные показатели;
- экспериментальные показатели;
- эксплуатационные показатели;
- экстраполированные показатели.

5. по числу свойств надёжности, характеризующих показателем:

- единичные показатели (характеризуют одно из свойств надёжности);
- комплексные показатели (характеризуют одновременно несколько свойств надёжности);



Долговечность

Средний ресурс	Математическое ожидание ресурса
Гамма-процентный ресурс	Суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью (γ процентов)
Средний срок службы	Математическое ожидание срока службы



Показатели надежности объектов энергетики

Безотказность

Единичные показатели

Вероятность безотказной работы	Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникнет
Интенсивность отказов	Предел отношения условной вероятности отказа объекта на интервале времени или наработки непосредственно после данного момента времени при условии, что до этого момента отказ объекта не возник, к продолжительности этого интервала при его неограниченном уменьшении
Параметр потока отказов	Предел отношения вероятности отказа объекта на интервале времени или наработки непосредственно после данного момента времени к продолжительности этого интервала при его неограниченном уменьшении
Средний параметр потока отказов. Частота отказов	Отношение математического ожидания числа отказов объекта за заданный интервал времени или наработки к продолжительности этого интервала
Средняя наработка до отказа	Математическое ожидание наработки объекта до первого отказа
Средняя наработка на отказ	Отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.



Восстанавливаемость

Вероятность восстановления	Вероятность того, что время восстановления объекта путем технического обслуживания и/или ремонта не превысит заданного.
Интенсивность восстановления	Предел отношения условной вероятности восстановления объекта на интервале времени непосредственно после данного момента при условии, что до этого момента восстановление еще не произошло, к продолжительности этого интервала при его неограниченном уменьшении.
Среднее время восстановления	Математическое ожидание времени восстановления объекта



Устойчивоспособность

**Среднее относительное
число отказов,
приводящих к нарушению
устойчивости**

Математическое ожидание отношения числа отказов, приводящих к нарушению устойчивости, к общему числу отказов за расчетный период.

**Средний недоотпуск
энергоресурса из-за
отказов по
устойчивоспособности**

Математическое ожидание количества энергоресурса, недоотпущенного потребителям за заданный период времени из-за отказов, приводящих к нарушению устойчивости.



Живучесть

Среднее относительное число аварий по живучести	Математическое ожидание отношения числа аварий по живучести в системе к общему числу аварий за расчетный период
Предельное возмущение по живучести	Максимальное аварийное снижение мощности (производительности), выдерживаемое системой без перехода в отказ по живучести
Глубина погашения потребителей из-за отказов по живучести	Математическое ожидание мощности потребителей, отключенных из-за отказов по живучести
Системная минута	Недоотпуск энергоресурса, отнесенный к номинальной (установленной) мощности энергообъекта.
Средний недоотпуск за заданное время из-за отказов по живучести	Математическое ожидание количества энергоресурса, недоотпущенного потребителям за заданный период времени из-за отказов по живучести.



Управляемость

Коэффициент управляемости	Отношение математического ожидания числа эффективных срабатываний системы управления при аварийных режимах к математическому ожиданию числа требований на ее срабатывание за заданное время
Среднее время локализации отказа функционирования	Математическое ожидание величины периода времени от момента отказа функционирования до момента локализации отказа функционирования объекта



Показатели потери нагрузки

Средняя частота отключения и (или) ограничения потребителей системы	Математическое ожидание отношения суммарного числа отключений и (или) ограничений потребителей в год к числу обслуживаемых потребителей в системе.
Средняя частота отключения и(или) ограничения потребителя	Математическое ожидание числа отключений и(или) ограничений потребителя в единицу времени.
Средняя продолжительность отключения и (или) ограничения потребителей системы	Отношение суммы длительностей отключений и(или) ограничений всех потребителей за год к числу отключений и (или) ограничений обслуживаемых потребителей в системе.
Средняя продолжительность отключения и(или) ограничения потребителя	Отношение суммы длительностей отключения и(или) ограничения потребителя в течение заданного периода к числу его отключений и(или) ограничений в течение года.
Ожидаемая потеря нагрузки	Ожидаемое число дней в году, когда имеет место отключение (ограничение) нагрузки потребителей.
Вероятность потери нагрузки	Вероятность того, что в произвольный момент времени вследствие дефицита энергоресурса произойдет отказ в покрытии нагрузки потребителей.



Показатели надежности объектов энергетики

Единичные показатели

Показатели потери нагрузки

Частота потери нагрузки	Число потерь нагрузки системы (района, узла) вследствие случаев отказа в звене передачи (транспорта) в единицу времени.
Вероятность ограничения нагрузки	Вероятность того, что вследствие отказа передающего оборудования произойдет ограничение потребления энергоресурса в системе (районе, узле).
Ожидаемая величина недопоставленной энергии	Ожидаемая величина недопоставленной энергии в системе (районе, узле) вследствие дефицитов энергоресурса в системе энергетики.



Вероятность работоспособного состояния	Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени.
Коэффициент готовности	Вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, когда потребуется его применение по назначению.
Коэффициент технического использования	Отношение математического ожидания времени пребывания объекта в рабочем состоянии за некоторый период эксплуатации к продолжительности этого периода.
Коэффициент оперативной готовности	Вероятность того, что объект, находясь в режиме ожидания, окажется работоспособным в произвольный момент времени и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.



Комплексные показатели

Средний недоотпуск энергоресурса	Математическое ожидание количества энергоресурса, недоотпущенного потребителям за заданный период времени.
Коэффициент обеспеченности энергоресурсом	Отношение математического ожидания количества энергоресурса, отпущенного потребителям за заданный период времени, к требуемому его количеству за этот же период времени.
Коэффициент использования мощности (производительности)	Отношение математического ожидания рабочей мощности (производительности) объекта к его установленной мощности (производительности) за заданный период времени.



Управление



Диагностика

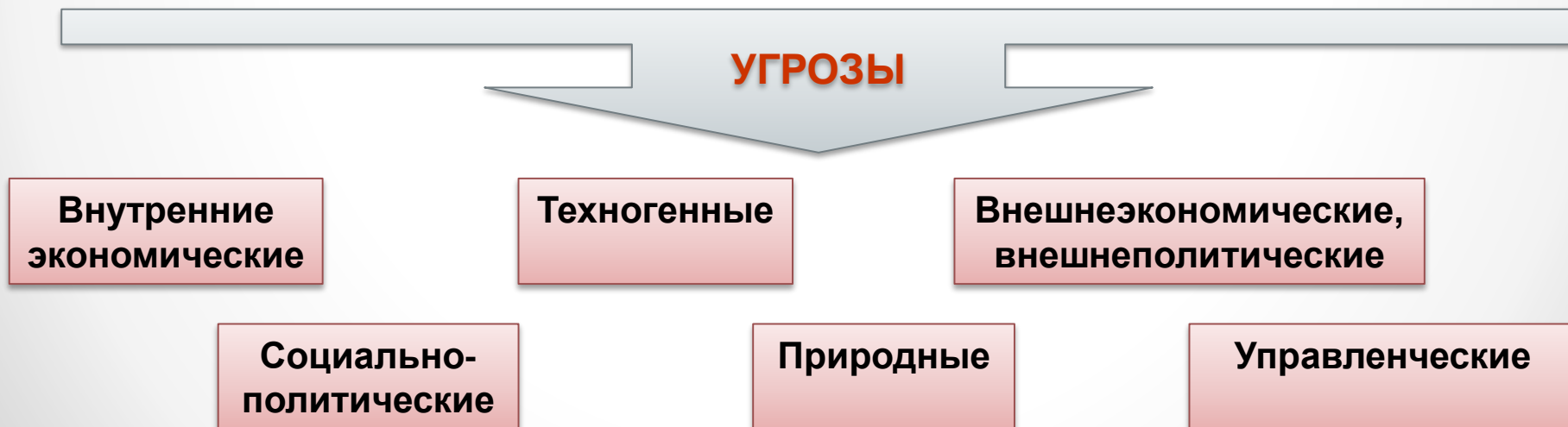




Угрозы энергетической безопасности России и ее регионов, включая стратегические угрозы системного характера

Негативные тенденции:

- *качество запасов углеводородных ТЭР ухудшается, эффективность ГРП недостаточна, растет доля трудноизвлекаемых запасов;*
- *высокий износ ОПФ энергетики, низкие темпы их обновления;*
- *ЧС в системах топливо- и энергоснабжения страны и ее регионов;*
- *отсутствие серьезных сдвигов в сфере энергосбережения;*
- *дефицит инвестиций в газовой отрасли и в электроэнергетике;*
- *недостаточная диверсификация структуры ТЭБ;*
- *рост цен на ТЭР для конечных потребителей.*

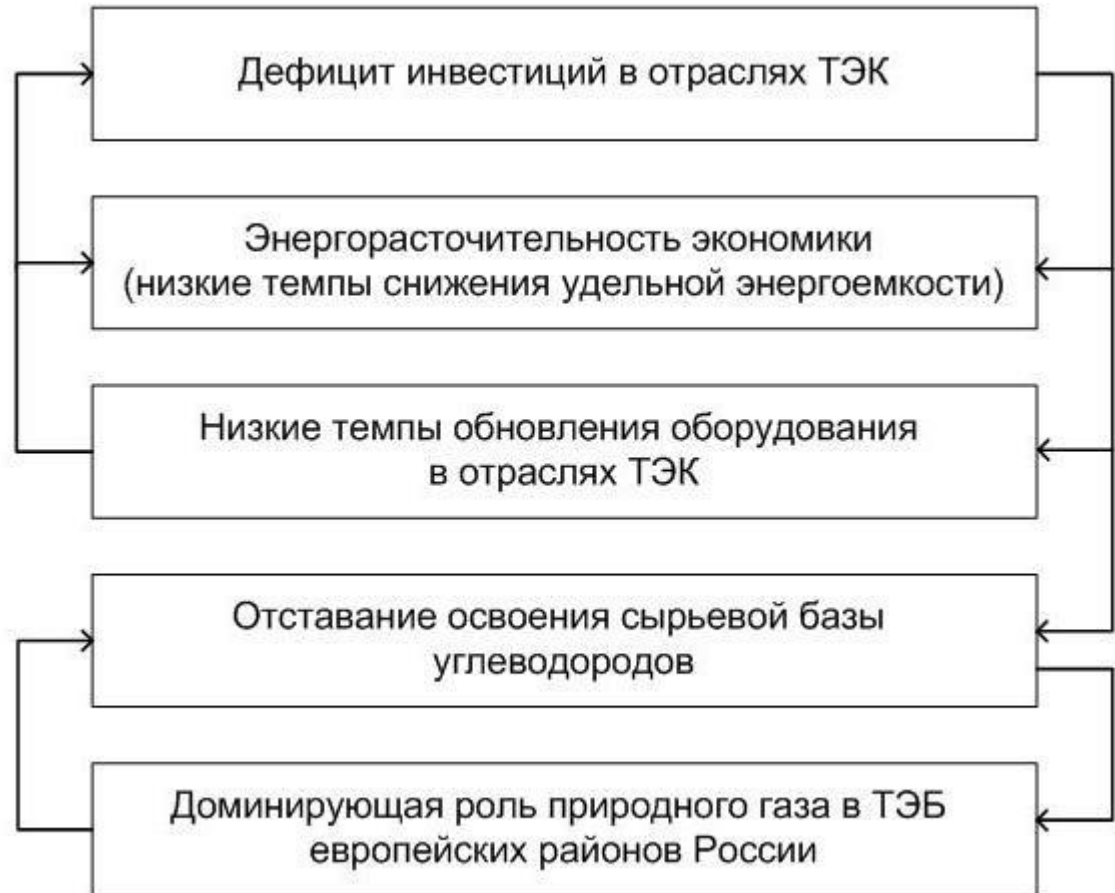




Стратегические угрозы ЭБ России и их взаимосвязи



Долговременное масштабное сдерживание темпов развития национальной экономики в силу возможного проявления значительных дефицитов ТЭР у потребителей в период до 2030 г.





1. Определение исходных условий и множества потенциальных угроз ЭБ

2. Оценка существующего состояния ТЭК и потребностей в ТЭР

3. Отбор принципиально возможных мероприятий по обеспечению требуемого уровня ЭБ

4. Формирование сценариев расчетных ситуаций

5. Оценка последствий возмущений и выявление слабых мест в топливо- и энергоснабжении потребителей

6. Оценка эффективности мероприятий при конкретных ситуациях

7. Отбор инвариантных и наиболее эффективных мероприятий во всем множестве ситуаций

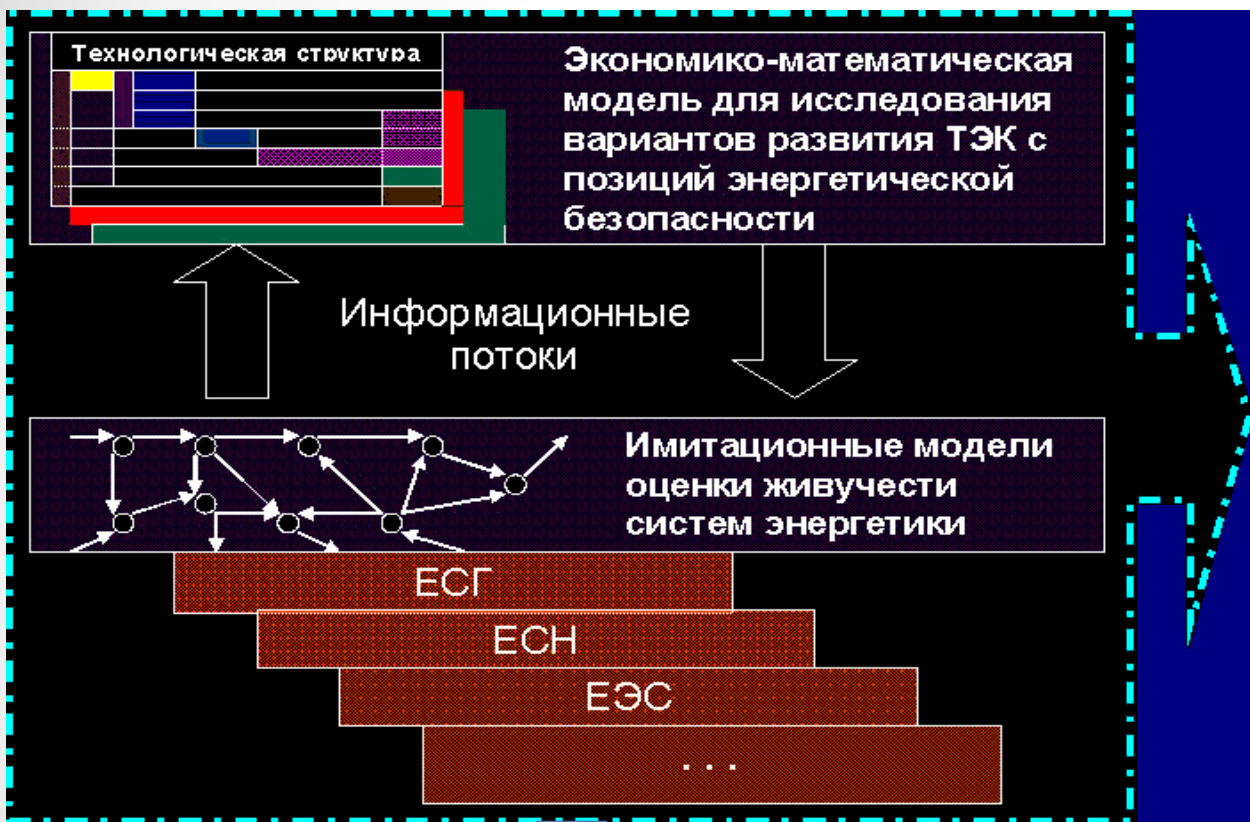
8. Принятие решений о реализации мероприятий

Основные задачи исследования проблем энергетической безопасности страны и ее регионов для заданной перспективы

Принципиальная схема исследования проблем энергетической безопасности страны и регионов



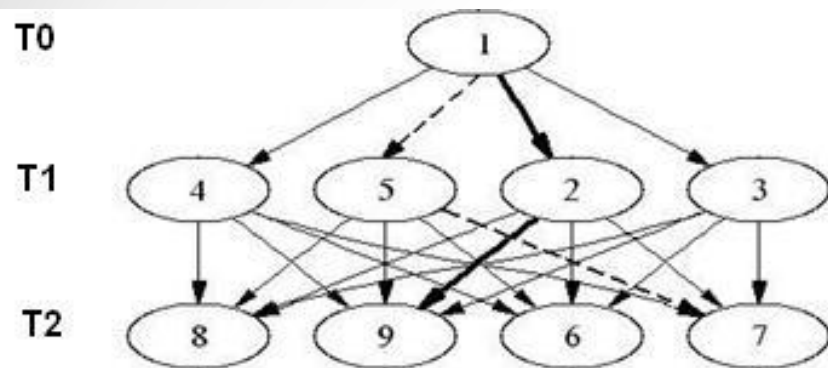
Двухуровневая технология комплексных исследований тенденций развития энергетики страны и отдельных регионов с позиции обеспечения требований ЭБ



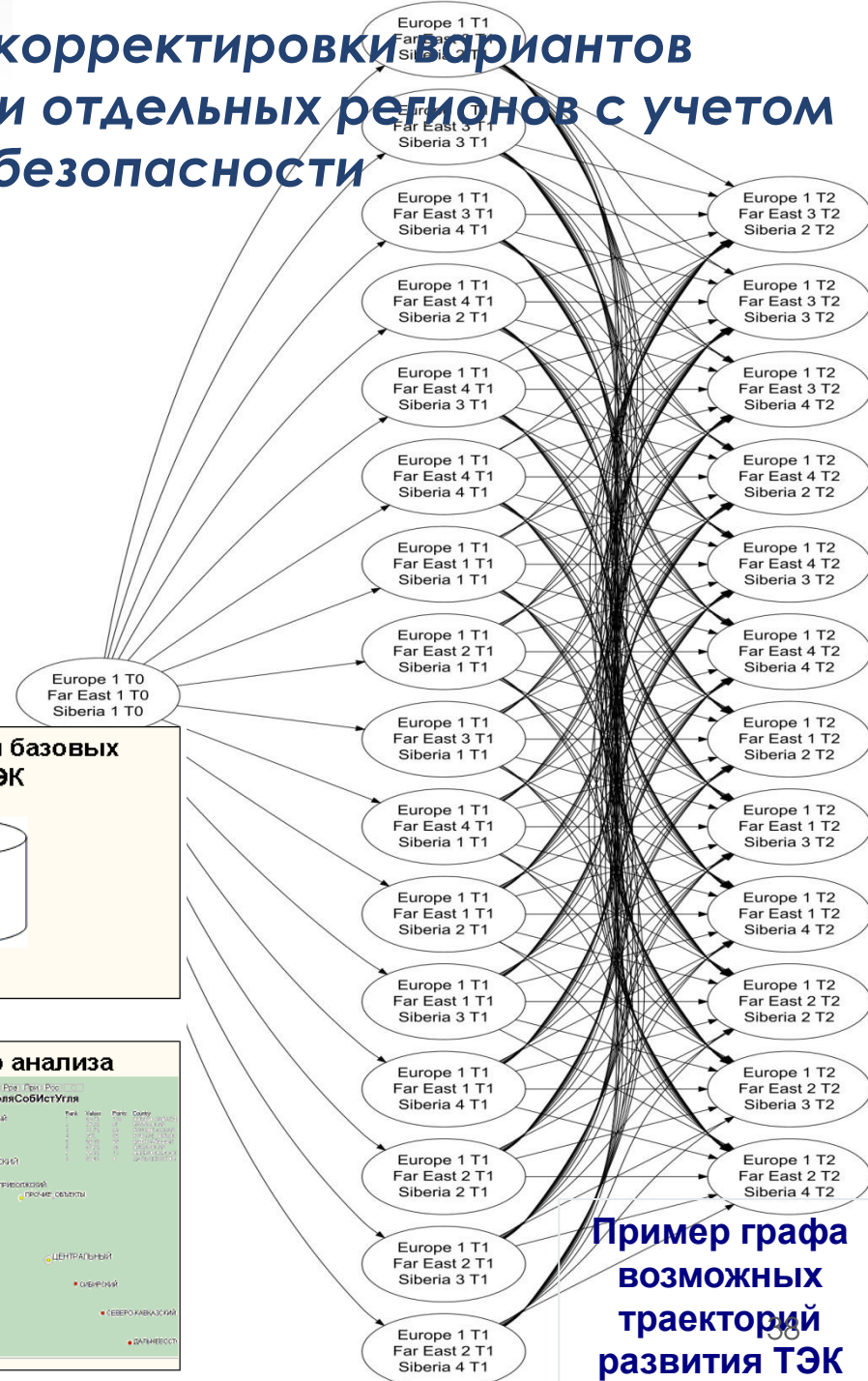
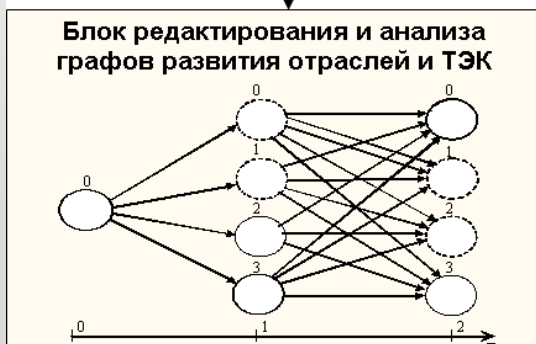
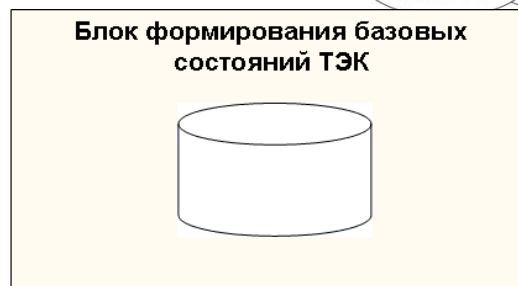
Исследование вариантов развития ТЭК с позиций ЭБ

Исследование возможностей отдельных СЭ по поставкам ТЭР потребителям

Формирование направлений корректировки вариантов развития энергетики страны и отдельных регионов с учетом требований энергетической безопасности



ПВК «Корректива»



**Пример графа
возможных
траекторий
развития ТЭК**



Индикативный анализ состояния энергетической безопасности на федеральном и региональном уровнях

Качественное состояние индикатора

$$f(S_i) = \begin{cases} H, & S_i < S_i^{PK} \\ PK, & S_i^{PK} \leq S_i < S_i^K \\ K, & S_i \geq S_i^K \end{cases} \quad i = 1, n$$

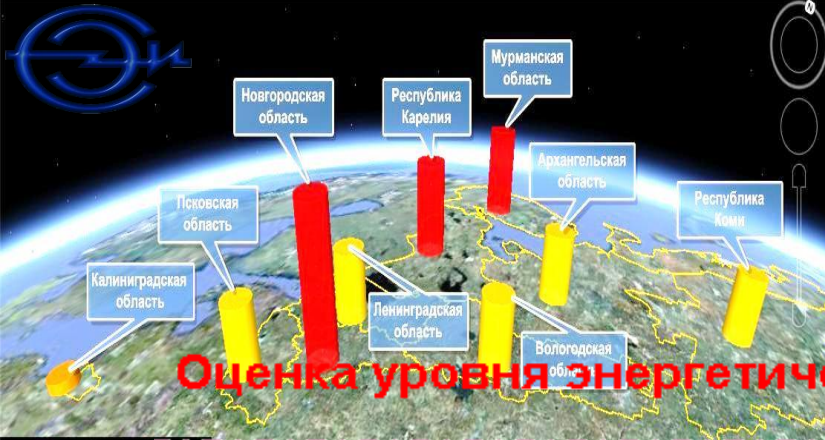


Определение удельных весов индикаторов

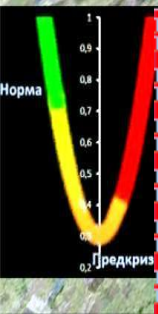


Интегральная индикативная оценка ЭБ

$$Q_u = \begin{cases} H, & \sum_{i=1}^n V_i^H \geq \delta_H \\ PK, & \sum_{i=1}^n V_i^K < \delta_K \text{ и } \sum_{i=1}^n V_i^H < \delta_H, \quad i = 1, n \\ K, & \sum_{i=1}^n V_i^K \geq \delta_K \end{cases}$$



Оценка уровня энергетической безопасности страны, региона



Индикативная оценка

Экспертная оценка уровня энергетической безопасности на основе анализа состояния важнейших индикаторов, значения которых невозможно отразить в модельных исследованиях

$$I^i = \{I_1^i, I_2^i, I_3^i, \dots\}$$

Модельная оценка

Оценка уровня энергетической безопасности на основе модельных исследований

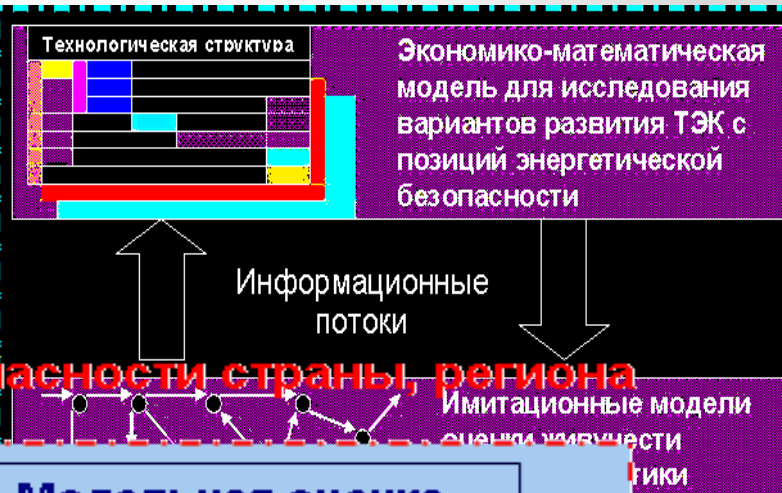
$$I^m = I(c, x, r, g)$$

Интегральная оценка состояния энергетической безопасности

$$I = \{I^i, I^m\}$$

$$I \in I^*$$

$$I^* = \{I_1^*, I_{21}^*, I_3^*, \dots\}$$





Приложение

к протоколу заседания Комиссии при
Президенте Российской Федерации по
вопросам стратегии развития топливно-
энергетического комплекса и
экологической безопасности от 23.10.2012
№ А60-Я' - ПО

УТВЕРЖДАЮ Президент Российской
Федерации

В.Путин

"29" ноября 2012 г. Пр-3167

ДОКТРИНА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

I. Общие положения

1. Энергетическая безопасность является одной из важнейших составляющих национальной и экономической безопасности Российской Федерации, обеспечения защиты жизненно важных интересов личности, общества и государства, конституционного строя, суверенитета и территориальной целостности Российской Федерации.

2. Настоящая Доктрина представляет собой официально



Группы индикативного анализа энергетической безопасности (федеральный уровень)

Наименование	Связь с интеллектуальностью
1. Отношение годового прироста балансовых запасов первичных ТЭР к объему их добычи	-
2. Доля природного газа в структуре баланса первичных ТЭР	?
3. Динамика уровня цен внутри страны на основные виды ТЭР	-
4. Объем платежей на розничном и оптовом рынках электроэнергии	?
5. Выполнение инвестиционных программ отраслями ТЭК	-
6. Относительное изменение величины удельной энергоемкости ВВП	+
7. Доля ископаемых первичных ТЭР используемых на внутреннем рынке в общем объеме их добычи	-
8. Террористические акты на объектах ТЭК	+
9. Забастовки на объектах ТЭК	-

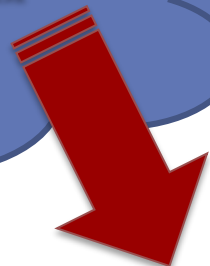


Группы индикативного анализа энергетической безопасности (федеральный уровень)

Наименование	Связь с интеллектуальностью
<i>10. Стабильность обеспечения потребителей различными видами ТЭР</i>	+
<i>11. Физический износ основных производственных фондов по отраслям ТЭК и смежным отраслям промышленности</i>	?
<i>12. Чрезвычайные ситуации на объектах ТЭК</i>	+
<i>13. Доля экспорта российских ТЭР в общем объеме экспорта</i>	-
<i>14. Доля продукции нефтепереработки и нефтехимии в общем объеме экспорта российских ТЭР</i>	-



Интеллектуализация системы



Взаимосвязь с основными индикаторами ЭБ федерального уровня





Индикаторы энергетической безопасности (региональный уровень)

Наименование	Связь с интеллектуальностью
1. Блок производственной и ресурсной обеспеченности системы топливо- и энергоснабжения региона	
1.1. Отношение суммарной располагаемой мощности электростанций региона к максимальной электрической нагрузке потребителей на его территории	?
1.2. Отношение суммы располагаемой мощности электростанций и пропускной способности межсистемных связей региона с соседними к максимальной электрической нагрузке потребителей на его территории	?
1.3. Возможности удовлетворения потребностей в КПП из собственных источников региона	-



Индикаторы энергетической безопасности (региональный уровень)

Наименование	Связь с интеллектуальностью
2. Блок надежности топливо- и энергоснабжения региона	
2.1. Доля доминирующего ресурса в общем потреблении КИТ на территории региона	?
2.2. Доля наиболее крупной электростанции в установленной электрической мощности региона	-
2.3. Уровень потенциальной обеспеченности спроса на топливо в условиях резкого похолодания (10% - й наброс потребления) на территории региона	+
3. Блок состояния ОПФ систем энергетики на территории региона	
3.1. Степень износа ОПФ энергетического хозяйства региона	?
3.2. Отношение среднегодового ввода установленной мощности и реконструкции электростанций региона за предшествующий 5-летний период к установленной мощности региона	-



Интеллектуализация системы



Взаимосвязь с основными индикаторами ЭБ регионального уровня





Появился ряд новых, революционных технологий (на опытной или демонстрационной стадии), способных подорвать («закрыть») существующие рынки и обеспечить переход лидеров мирового развития на новый технологический уровень.

В то же время они могут оказаться подрывными и в буквальном смысле, то есть стать оружием или инструментом в руках асоциальных групп, криминальных и террористических структур и индивидов.

В качестве подрывных технологий могут рассматриваться в т.ч.:

– информационно-коммуникационные и компьютерные технологии, включая искусственный и кибернетический интеллект

Искусственный интеллект при управлении функционированием

(+)

Искусственный интеллект при формировании киберугроз

(-)

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

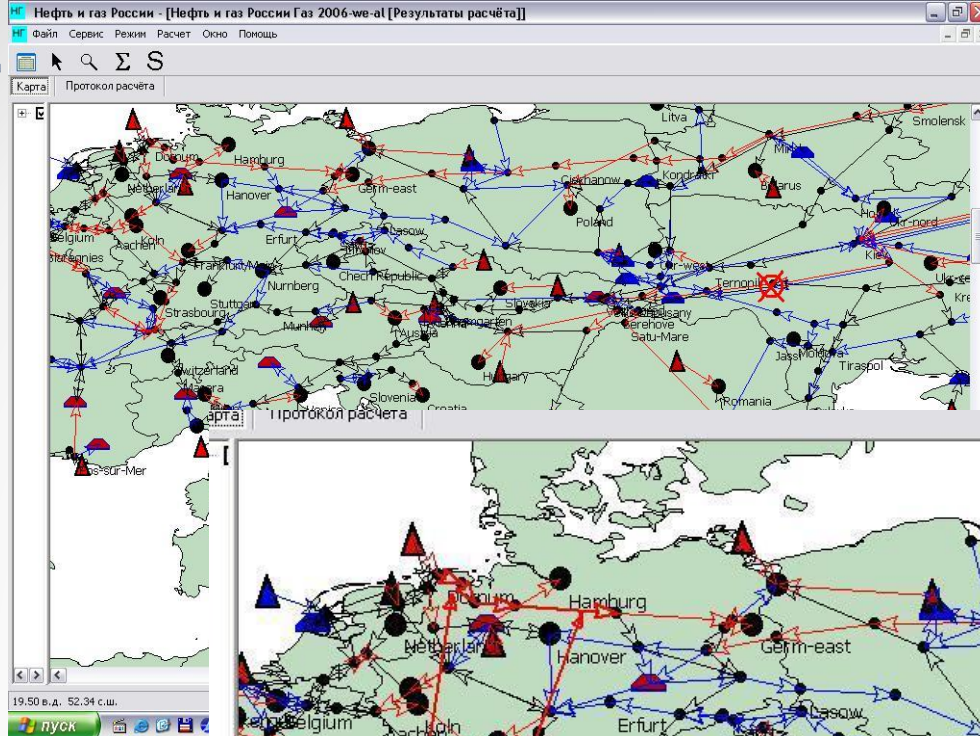
Министр энергетики
Российской Федерации

А.В. Новак

«14» октября 2016 г.

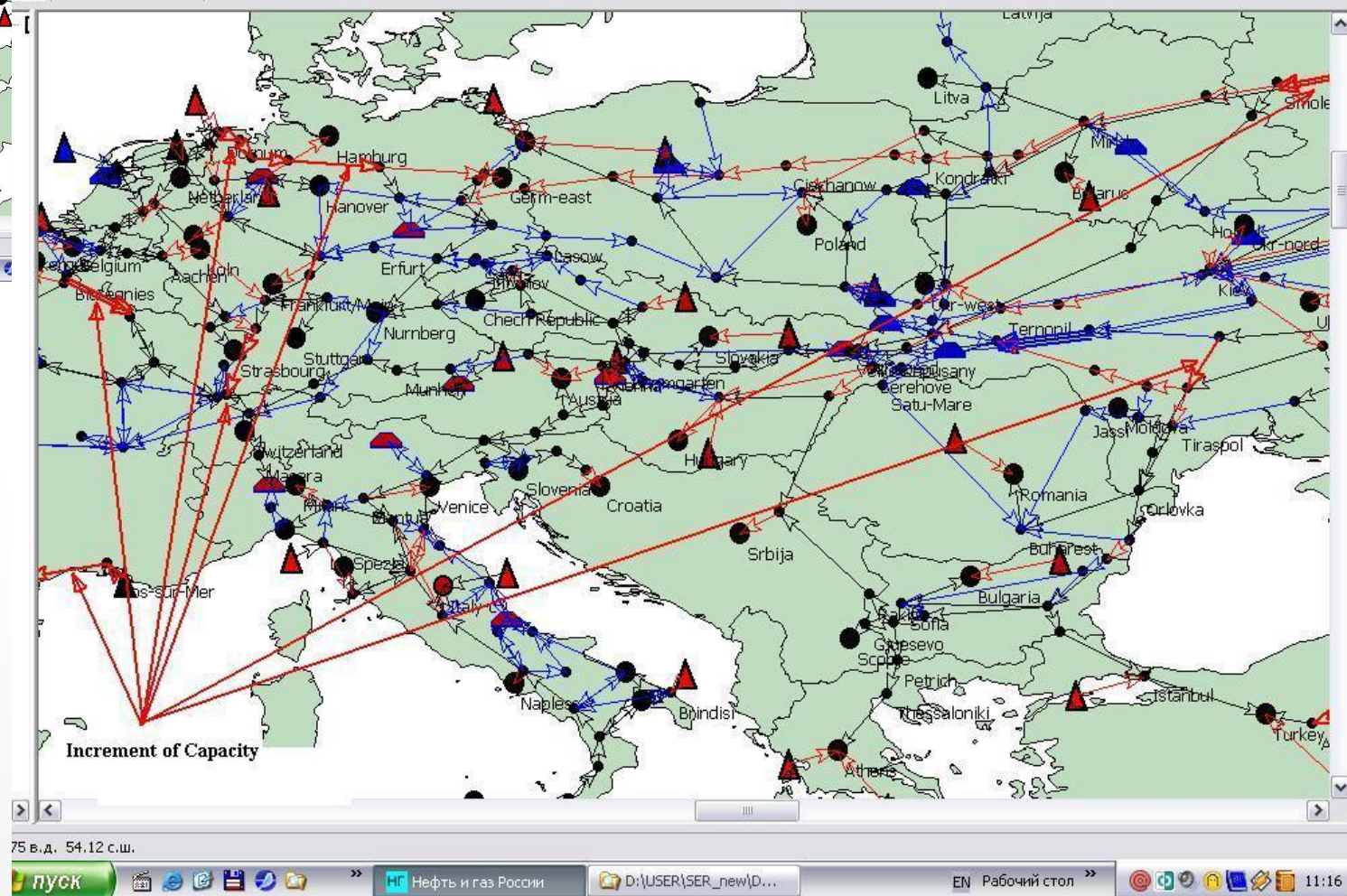
ПРОГНОЗ

научно-технологического развития
отраслей топливно-энергетического комплекса России
на период до 2035 года



Решение задачи обхода
«узких» мест при
нештатных ситуациях
в ЕСГ

(+)





Кибернетическая безопасность должна быть направлена не только на преднамеренные действия злоумышленников, но и на случайные ошибки, в этом смысле определяя человеческий фактор



(-)

- *Повышенная сложность сети повышает количество уязвимостей для потенциальных атак и непреднамеренных ошибок*

правительство

жители

- *Сети, взаимосвязанные с другими сетями, которые также могут занимать несколько «умных» доменов сети, увеличивают вероятность каскадных аварий*

ЕИП «Умного города»

УМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

- *Большое количество взаимосвязей программных компонентов увеличивает уязвимость программного кода, что упрощает злоумышленникам внедрение в программный код вредоносного кода и уязвимостей*

Умная энергетика

Умное водоснабжение

Умный транспорт

Умная безопасность

Умные услуги

- *По мере увеличения узлов сети увеличивается и число точек входа в систему для злоумышленников*

- *Использование новейших технологий – это новые риски*



Стратегические аспекты обеспечения энергетической безопасности

Ожидаемые располагаемые возможности по обеспечению

Внутренний
потребности
газа

Возможности России по экспорту газа

Экспорт
возможности

Требуемые
нефтепродукты

Располагаемые
потребности

Располагаемые
потребности

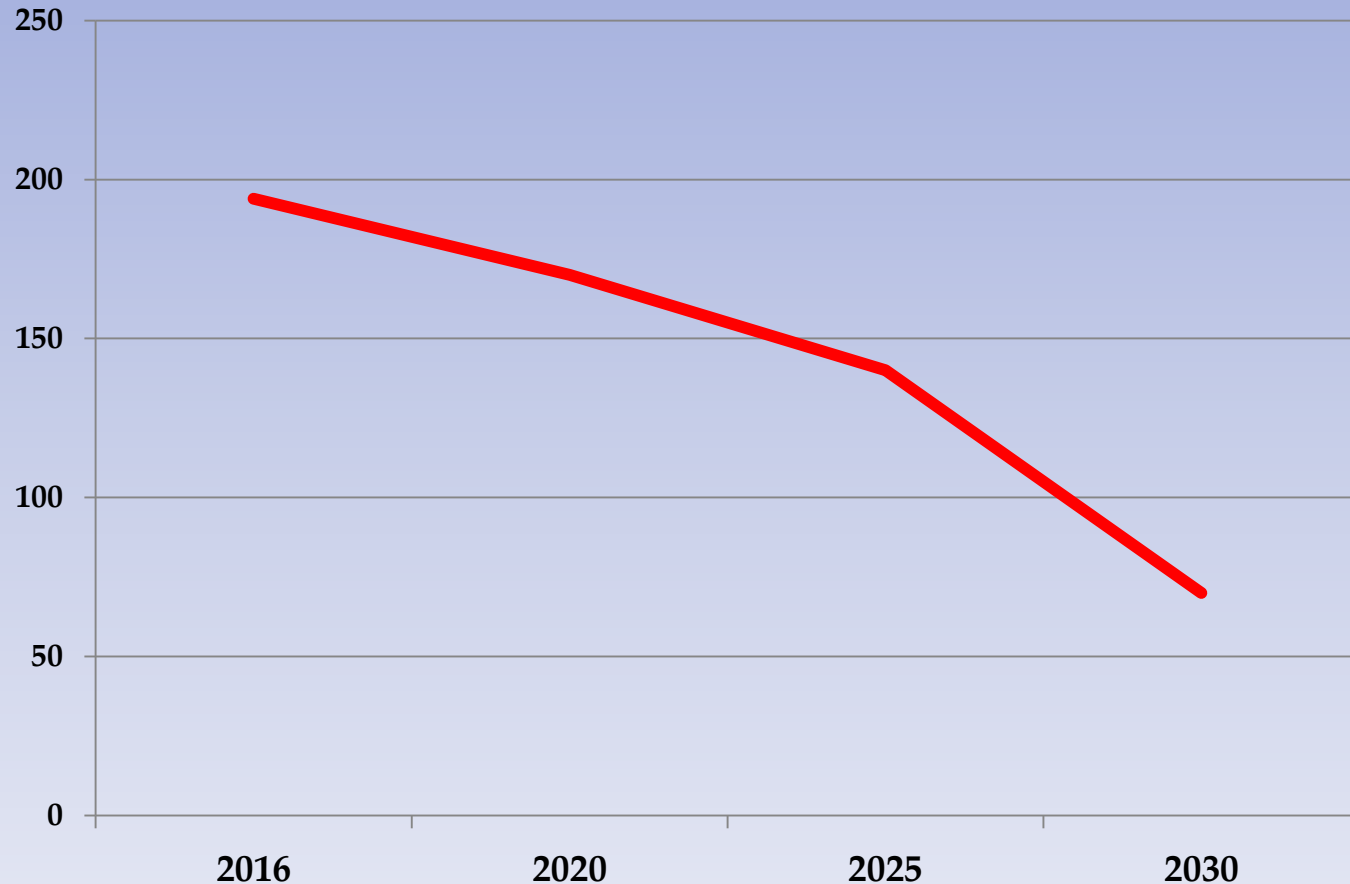
Возможности

Возможности
первичными

Внутренние

Экспортные возможности России по газу, млн т у.т.

млрд м³



2025 2030

140 140

200 200

630 600

780 740

240 260

170 190

80 100

230 1230

1070 1150

229 200 160 80

194 170 140 70



Сектора связи ЭБ
с искусственной интеллектуализацией





Фундаментальные проблемы интеллектуальных энергетических систем и пути их решения





Приоритетное направление III.17:

*Основы эффективного развития и функционирования энергетических систем на новой технологической основе в условиях глобализации, включая проблемы **энергобезопасности**, энергосбережения и рационального освоения природных ресурсов.*

Программа III.17.5:

**Методы исследования и обеспечения
надежности интеллектуальных
энергетических систем и энергетической
безопасности**



**Программа
III.17.5.**

III.17.5.1.

**Д.Т.Н.
С.М. Сендеров**

Методические основы и инструментальные средства исследования особенностей взаимосвязанной работы интеллектуальных энергетических систем в условиях чрезвычайных ситуаций при реализации угроз энергетической безопасности

III.17.5.2.

**Д.Э.Н.
Ю.Д. Кононов**

Методы оценки и учета при долгосрочном прогнозировании ТЭК новых тенденций во взаимосвязях энергетики и экономики, ускорения научно-технического прогресса и требований энергетической безопасности

III.17.5.3.

**Д.Т.Н.
Г.Ф. Ковалев**

Методические основы учета фактора надежности при управлении развитием интеллектуальных энергетических систем

III.17.5.4.

**Д.Т.Н.
В.П. Кобылин**

Повышение надежности и безопасности эксплуатации интеллектуальных электроэнергетических систем в условиях Севера и Арктики



Спасибо за внимание!