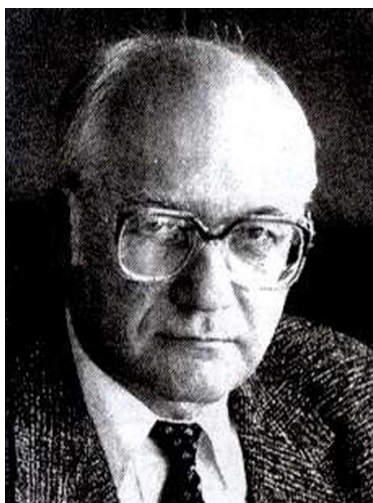


## СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО

Проблемы развития энергетики стали предметом обсуждения научной сессии, состоявшейся в конце февраля в Новосибирске. На ней с большим докладом выступил директор Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН член-корреспондент РАН Николай Воропай. Он рассказал об основных тенденциях и перспективах развития централизованной и автономной энергетики, в том числе нетрадиционной и возобновляемой.



Николай Иванович Воропай любезно согласился прокомментировать основные выводы доклада.

### — Каковы общие тенденции развития энергетики в мире и у нас в стране?

— Энергетика экономически развитых стран мира, в том числе бывшего СССР, интенсивно развивалась в течение XX века главным образом путем централизации энергоснабжения при создании все более мощных энергетических объектов (электростанций, ТЭЦ, нефтяных и газовых промыслов, ЛЭП и т.д.). Следствием стало формирование территориально распределенных протяженных систем энергетики. Это позволяло достигать существенного экономического эффекта, повышать надежность энергоснабжения и качество поставляемых потребителям энергоресурсов.

Начиная с 1920-х годов прошлого века технологии традиционных паротурбинных агрегатов тепловых и атомных электростанций развивались с использованием все более высоких параметров пара. Это требовало применения более совершенных материалов котлов и турбин, увеличения единичной мощности установок. Улучшались технико-экономические параметры установок, уменьшились удельные капиталовложения и постоянные текущие издержки, и удельные расходы топлива на единицу вырабатываемой

электроэнергии. Увеличение агрегатов наблюдалось и в гидроэнергетике, хотя в меньшей мере.

В конце XX века произошел слом данной тенденции, в результате чего начали интенсивно развиваться так называемые распределенные источники энергии — энергетические установки небольшой мощности и производительности. К этому подталкивали необходимость адаптации к условиям рынка, появление новых высокоэффективных энергетических технологий, рост доли высококачественных энергоресурсов в энергоснабжении, прежде всего газа, ужесточение экологических требований, стимулирующих использование возобновляемых энергоресурсов (гидроэнергии, ветра, биомассы и др.). В 1980-е годы появились высокоэффективные (до 55-60% КПД) газотурбинные и парогазовые установки широкого диапазона мощностей, в том числе малых — от единиц до одного-двух десятков МВт. Отличительным качеством таких установок, особенно малых, являлась высокая заводская готовность, что позволяет быстро вводить их в эксплуатацию. Одновременно появилось много разнообразных мини- и микро-ГТУ (от долей кВт до нескольких десятков кВт). На основе малых ГТУ начали сооружаться малые ГТУ-ТЭЦ для комбинированной выработки электроэнергии и тепла. Особенно большое внимание развитию малых ГТУ-ТЭЦ уделяют в странах ЕС. Там прогнозируется постоянный рост их суммарной мощности.

#### — А выгодно ли развитие малой энергетики в России?

- В России уже сейчас довольно эффективно внедряются различные ГТУ-ТЭЦ. Этому способствуют расширение газификации на средние и малые города и поселки, создание рынка высокоэкономичных, с коротким сроком сооружения, быстроремонтируемых установок. Так, например, в Астраханской области к 2020 году планируется из 550 МВт электрической мощности 65,5 МВт получать за счет малых ГТУ-ТЭЦ, а в Томской области доля малой энергетики составит 53 %. При этом будет использоваться отечественное оборудование.

Наши оценки показывают, что потенциальные возможности сооружения малых ГТУ-ТЭЦ вместо неэкономичных устаревших котельных в городах и поселках городского типа очень перспективны. Реалистичен прогноз, что их внедрение может дать в целом по стране 10—15% от суммарной установленной мощности генерации.

Перспективно и внедрение энергетических установок на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), которые тоже относятся к малой энергетике. В последние годы их активно используют в мире. Так, западно-европейские страны планируют к 2010 году увеличить производство электроэнергии на базе ВИЭ в среднем более чем на 10 %. Особенно распространение получили ветроэнергетические установки (ВЭУ).

В России в 2000 году уже работали 12 ВЭУ, 2 геотермальные установки, 59 малых ГЭС, около 100 мини-ГЭС мощностью менее 0,5 МВт, 11 установок на биомассе. Пока все это составляет всего 0,5 % установленной мощности всех

электростанций. Но согласно Энергетической стратегии России количество ВИЭ увеличится. Прогнозируется, что их установленная мощность будет составлять: ВЭУ — 1- 1,2 ГВт, малые и мини-ГЭС — 2,5-3 ГВт, геотермальные — 0,25-0,3 ГВт. (Хотя, следует заметить, использование ВЭУ имеет и ряд недостатков, в частности, негативное экологическое влияние, нестационарный режим работы, ухудшение качества электроэнергетики.)

**- Тенденция к децентрализации, внедрению установок малых форм, очевидно, коснется и теплового хозяйства?**

- Принципиальная особенность теплоснабжающих систем (ТСС) в отличие от электро-, газо- и нефтеснабжающих, их локальный характер, обусловленный действием в границах небольших территорий (город, населенный пункт или даже какой- то его район).

Централизованными считаются теплоснабжающие системы мощностью 20 МВт и более. Они чаще всего относятся к отрасли «Электроэнергетика». ТСС мощностью менее 20 МВт являются децентрализованными и, как правило, входят в сферу жилищно-коммунального хозяйства. В соответствии с таким делением сейчас 70-95 % жилого фонда крупных городов РФ обеспечивается централизованным теплоснабжением. Причем, уровень централизации теплоснабжения по отдельным регионам имеет достаточно широкий диапазон. На Востоке страны он изменяется от 51 % (Республика Бурятия) до 84% (Хабаровский край) по нагрузке отопления, а по горячей воде — от 45% до 76% для этих же регионов.

Централизованные источники и в будущем будут составлять основную долю (72%) в структуре производства тепловой энергии. Доля ТЭЦ не превысит 32%, но может быть существенно увеличена за счет ввода новых малых ГТУ-ТЭЦ различного типа. Незначительную долю в структуре производства тепла будут иметь нетрадиционные и возобновляемые источники.

**- А что изменится в нефтяном и газовом хозяйстве?**

- В последние годы существенно возросла актуальность получения моторных топлив прямо на месте добычи нефти и газа, без их дальней трубопроводной транспортировки. Причина — значительный рост транспортных тарифов. Так, например, стоимость перевозок топлива в отдаленные регионы теперь намного превышает отпускную цену самого топлива. А это, естественно, приводит к увеличению себестоимости любой продукции, в том числе и топливно-энергетической. Существует парадоксальная ситуация — в регионы, где добывается большая часть нефти и газа, ежегодно завозятся нефтепродукты, которые производятся, например, в Поволжье! Кроме того, остро назрела необходимость вводить в эксплуатацию многие малодебитные нефтяные и газовые месторождения, которые не использовались раньше, в основном, из-за значительных капитальных затрат. К примеру, только в Тюменской области около сотни таких мелких и средних месторождений. В Новосибирской области, например, на малых нефтяных месторождениях можно ежегодно добывать до 1 млн. тонн сырья, и организовав его глубокую

переработку, почти полностью удовлетворять потребности региона в моторных топливах.

Большой эффект может дать использование малых нефтеперерабатывающих установок и мини-НПЗ, которые позволили бы производить топливо на месте. До недавнего времени оно сдерживалось отсутствием приемлемых технологий. С появлением новой каталитической технологии «Цеоформинг», разработанной еще в 1984 году в Институте катализа СО РАН, ситуация изменилась. Главное преимущество технологии в том, что не требуется использование водорода и соответствующего оборудования для его получения. Сырье подается без гидроочистки, и содержание в нем серы может достигать 1,5%. А на выходе выделяется готовый к употреблению неэтилированный бензин, не требующий дополнительной технологической обработки. Все это позволяет на треть, в сравнении с традиционной технологией, снизить капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Можно создавать рентабельные минипроизводства моторных топлив с производительностью переработки от 5 до 500 тыс. т нефти в год. Такая технология практически безотходна. Ее эффективность была подтверждена на нескольких пилотных установках на севере Сибири. Относительная простота, сравнительная дешевизна строительства и обслуживания мини-НПЗ, быстрая окупаемость делают их весьма привлекательными для получения моторных топлив, как в удаленных неосвоенных местах добычи нефти и газового конденсата, так и в освоенных промышленных районах при наличии в них малодобитных нефтяных и газоконденсатных месторождений или нефтяной трубы. Кстати, децентрализация переработки нефти позволит значительно ослабить монополизм в этой отрасли, что должно повлиять на удешевление моторных топлив.

Аналогичные тенденции децентрализации наблюдаются и в газовой отрасли. Длительное время основное внимание газодобычи было сосредоточено на месторождениях-гигантах.

В последние годы все активнее начинается использование малых местных месторождений.

**- Николай Иванович, в вашем институте проводился анализ технико-экономических показателей различных энергетических технологий. Какие, вы рекомендуете, как наиболее выгодные?**

- Наиболее выгодно в настоящее время создание и эксплуатация крупных и малых ТЭЦ на газе. ТЭЦ на угле оказываются в среднем в 1,5-2 раза дороже, однако сопоставимы по себестоимости электроэнергии. Достигнутые характеристики ветроэнергетических установок и биогазовых технологий позволяют данным технологиям успешно конкурировать с угольными ТЭЦ при наличии благоприятной географической специфики их расположения. Распространенность дизельных электростанций (ДЭС) обусловлена дешевизной оборудования, однако их эксплуатация обходится дорого. Этим обстоятельством объясняется преимущественное применение ДЭС на

удаленных территориях и в качестве резервных энергоисточников. Следующими по степени технической освоенности оказываются технологии газогенераторных микро- и мини-ТЭЦ (до нескольких сотен кВт), рассматриваемые в настоящее время в качестве перспективного решения для децентрализованного комбинированного энергоснабжения в локальных энергосистемах.

К технологиям, претерпевающим быстрое развитие, очевидно, относятся мини-ТЭЦ и электростанции на базе газовых микротурбин, имеющих единичную мощность менее 1 МВт, а также технологии прямого сжигания биомассы. Значительный разброс в стоимости электроэнергии, свойственный технологиям солнечной теплоэнергетики, микро-ГЭС и фотоэлектрическим установкам, связан в большей мере с их опытным характером. Фотоэлектрическое преобразование остается сегодня наиболее дорогой технологией. Топливные элементы также оказываются пока слишком дорогими, чтобы ожидать их внедрения в течение ближайших 15-20 лет, однако среди рассмотренных технологий они имеют наименьшую степень освоенности, и поэтому резонно прогнозировать существенное улучшение их свойств в ближайшем будущем.

**- Если обобщить все высказанное в докладе, к каким основным выводам можно прийти?**

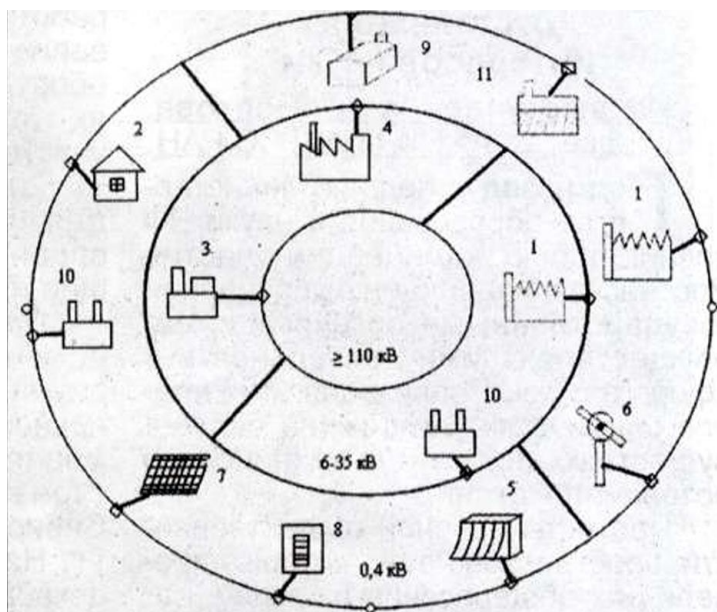
- Тенденции развития энергетики в мире связаны не только с ростом масштабов производства энергоресурсов на традиционных крупных энергетических объектах, но и с увеличением доли так называемой распределенной энергетики (небольших энергетических установок). Мировые тенденции органичного сочетания централизованной и распределенной энергетики характерны и для России. При этом, если экономические условия для интенсивного развития распределенной энергетики на ископаемых видах топлива (малые ГТУ-ТЭЦ для электроэнергетики и теплового хозяйства, малые НПЗ для нефтепереработки, малые месторождения нефти и газа) достаточно приемлемы и в настоящее время, что стимулирует развитие таких энергообъектов, то для развития распределенной энергетики на ВИЭ пока отсутствуют необходимые экономические, законодательные и организационные условия. Для России создание таких условий — одна из важнейших задач.

Электроэнергетические системы (ЭЭС) будущего символически можно представить, как на рисунке, где 1 — промышленные потребители, 2 — социально-бытовые потребители, 3 — традиционные крупные электростанции, 4 — малые ГТУ-ТЭЦ, 5 — мини- и микро-ГЭС, 6 — ВЭУ, 7 — солнечные электростанции, 8 — топливные элементы, 9 — поршневые двигатель-генераторы, 10 — накопители энергии, 11 — биогаз. Как видно из рисунка, ЭЭС будущего должны включать крупные источники электроэнергии, без которых проблематично обеспечение электроэнергией крупных потребителей и

целесообразных темпов роста электропотребления. Такие крупные электростанции имеют трансформацию на напряжения 110 кВ и выше, и выход в основную сеть высших напряжений, осуществляющую транспорт электроэнергии до центров потребления.

Об электроэнергетической системе будущего. Установки распределенной генерации, в том числе на ВИЭ, устанавливаются в распределительной сети 6-35 кВ. Третий уровень составляют мини и микро-установки (мини- и микро-ГЭС, ВЭУ, солнечные электростанции, топливные элементы и т.п.), которые подключаются на напряжении 0,4 кВ и устанавливаются у небольших потребителей, например, в отдельных домах или даже в квартирах. Подобная трансформация ЭЭС будущего придает им как положительные, так и негативные качества. Развитие распределенной генерации разгружает как основную, так и распределительную сеть, что способствует повышению надежности и вносит дополнительные возможности для реализации рынков электроэнергии, освобождая пропускные способности связей. В то же время, требуется существенный пересмотр принципов управления режимами ЭЭС и обеспечения устойчивости системы при наличии большой доли распределенной генерации.

Особую, важную для России проблему составляет энергоснабжение потребителей северных регионов, которые занимают 60 % всей территории страны. Здесь проживают более 9 миллионов человек, или 6 % от численности и здесь — 73 % разведанных запасов нефти, 97 % природного газа, 90 % золота и многих других ценных природных богатств. Использование ВИЭ здесь должно стать одним из принципиальных направлений развития систем энергоснабжения. Реализовать столь капиталоемкую программу невозможно без активной государственной поддержки, приоритетными мерами которой должны стать законодательное и нормативное обеспечение, организация и стимулирование испытания ключевых элементов технологий, а также серийного производства необходимого оборудования.



Г. Киселева, «НВС»

**Источник:**

Г. Киселева Системы энергетики будущего // [Наука в Сибири](#). - 2005. - N 14.  
- С.6.