



DOI 10.22363/2312-8143-2020-21-4-238-243

УДК 621.311.1

Научная статья

Системная методология исследований энергетики: к 100-летию плана ГОЭЛРО

Н.И. Воропай, В.А. Стенников

Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН,
Российская Федерация, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130

История статьи:

Поступила в редакцию: 14 октября 2020 г.

Доработана: 1 декабря 2020 г.

Принята к публикации: 11 декабря 2020 г.

Ключевые слова:

план ГОЭЛРО, комплексно-энергетический метод, системные исследования в энергетике

Аннотация. Анализируются условия разработки плана ГОЭЛРО – целостного, единого государственного хозяйственного плана. План был разработан в сжатые сроки (с февраля по декабрь 1920 года) Государственной комиссией ГОЭЛРО в составе двадцати высоко квалифицированных инженеров и ученых с привлечением по конкретным вопросам еще около двухсот специалистов. Обсуждаются преемственность плана ГОЭЛРО и развитие энергетической политики бывшего СССР и нынешней России. План ГОЭЛРО был комплексным техническим, финансовым и социально ориентированным планом качественного возрождения страны. Однако ее энергетическая политика со временем все меньше представлялась социально ориентированной государственной политикой, становясь все больше отраслевым набором документов. Между тем вследствие цифровизации и интеллектуализации экономики и социальной сферы социально ориентированный характер энергетики как инфраструктурной отрасли приобретает все большее значение. Приводятся основные положения комплексно-энергетического метода, который был методической основой разработки плана ГОЭЛРО. Рассматриваются предпосылки и ключевые аспекты методологии системных исследований в энергетике, а также основные вызовы современной энергетики.

Введение

Государственная комиссия по электрификации России (ГОЭЛРО) начала свою работу в феврале 1920 года в труднейших условиях незаключившегося периода иностранной интервенции и гражданской войны в нашей стране. Как писал Г.М. Кржижановский, руководитель Государствен-

ной комиссии ГОЭЛРО, в предисловии ко второму изданию в 1955 году Доклада Государственной комиссии VIII Съезду Советов, «в этих условиях работники ГОЭЛРО создавали свой коллективный научный труд, содержащий в себе план возрождения и переустройства народного хозяйства Советской России на новых началах. Это был первый опыт разработки целостного, единого государственного хозяйственного плана, рассчитанного на перспективу в 10–15 лет. Программа электростроительства, разработанная в плане ГОЭЛРО на 10–15 лет, по масштабам 1955 года представляется, конечно, весьма скромной. Было запроектировано три десятка электрических станций общей мощностью в 1,5 млн кВт, что вместе с имею-

Воропай Николай Иванович, научный руководитель ИСЭМ СО РАН, член-корреспондент РАН, д. т. н., профессор; Scopus Author ID: 57190430373; voropai@isem.irk.ru.

Стенников Валерий Алексеевич, директор ИСЭМ СО РАН, член-корреспондент РАН, д. т. н., профессор; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6219-0354>.

© Воропай Н.И., Стенников В.А., 2020

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



шейся тогда налицо мощностью электростанций в 250 тыс. кВт составило бы всего 1750 тыс. кВт. Но стоит только припомнить громадную хозяйственную разруху, в которой страна находилась в 1920 году, чтобы дать себе ясный отчет о том, насколько выдвинутый ГОЭЛРО план электростроительства по тогдашним ресурсам был дерзостно смелым. В самом деле, планом ГОЭЛРО предусмотрено было увеличение мощности районных электростанций почти в 10 раз против уровня 1913 года» [1].

«Единственный путь для выхода из хозяйственной разрухи, – подчеркивалось в плане ГОЭЛРО, – это подъем в возможно более короткий срок производительности народного труда с расходом минимума трудовых единиц и материальных ресурсов страны, что может быть обеспечено наиболее надежным способом на базе электрификации народного хозяйства» [1].

В предисловии к своему труду, трезво оценивая его, разработчики ГОЭЛРО писали: «За нами придут другие люди, которые в более спокойное время с более совершенным запасом сил и средств смогут продолжить наш научный анализ, исправить наши ошибки и развернуть более широкие перспективы». Между тем, несмотря на эту скромную самооценку, можно лишь поражаться высокому уровню организации детальной работы над планом, при которой Государственной Комиссии ГОЭЛРО в составе двадцати высококвалифицированных инженеров и ученых с привлечением по конкретным вопросам еще около двухсот специалистов удалось за период меньше года (с февраля по декабрь 1920 года) подготовить очень подробный план восстановления и комплексного развития народного хозяйства разоренной страны. На базе глубокой электрификации планировались коренная перестройка и развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства. Некоторые предложения казались фантастическими и оказались нереализованными (например, электрический плуг), но это никак не умаляет значение плана ГОЭЛРО в целом. В результате его реализации и интенсивного развития уже к середине 1930-х годов страна имела достаточно развитый индустриальный задел, продолжая ускоренное промышленное развитие [1; 2].

1. Значение и преемственность плана ГОЭЛРО

План ГОЭЛРО был одобрен в декабре 1920 года VIII Всероссийским съездом Советов. Но этот документ не был простой политической

декларацией. Вслед за политическим одобрением съездом Советов план ГОЭЛРО в октябре 1921 года был детально рассмотрен на VIII Электротехническом съезде, а в декабре 1921 года – принят постановлением Совета народных комиссаров и утвержден 9-м Всероссийским съездом Советов. Это придало плану необходимую силу закона.

Такое внимание руководства страны к плану ГОЭЛРО было обусловлено тем, что это был «первый государственный план восстановления и реконструкции народного хозяйства Советской России на высшей технической основе», писал позже Г.М. Кржижановский. В то время именно электрификация была принципиально новым фундаментом, обеспечивающим переход страны на рельсы индустриализации и коллективизации как основы передовой для того времени системы хозяйствования. В отличие от «плана» Троцкого (тезисы 1919 года) «хозяйственного возрождения России на основе массового применения к обломкам довоенной промышленности труда неквалифицированной крестьянско-рабочей массы (трудармии)» [2] план ГОЭЛРО был комплексным техническим, финансовым и социально ориентированным планом качественного возрождения России.

Сейчас важно проследить преемственность и развитие энергетической политики бывшего СССР и нынешней России, которая со временем все меньше представлялась социально ориентированной государственной политикой, становясь все больше отраслевым набором документов. Нет, энергетика не утратила свою фундаментальную роль в социально-экономическом развитии страны. Наоборот, за последние годы существенно возросла доля топливно-энергетического комплекса в формировании макроэкономических показателей – бюджета страны, экспорта и внутреннего валового продукта. Но при всем этом за «лесом» общегосударственных цифр перестали просматриваться «деревья» показателей, определяющих блага конкретному человеку. А между тем социально ориентированный характер энергетики как инфраструктурной отрасли экономики приобретает все большее значение в качестве современной парадигмы развития и функционирования топливно-энергетического комплекса и составляющих его систем энергетики. Актуализации этой парадигмы способствуют цифровизация и интеллектализация отраслей экономики и социальной сферы, существенно повышая требования к надежности энергоснабжения потребителей и каче-

ству поставляемой им энергии. Однако реально современные энергетические стратегии, утвержденные Правительством Российской Федерации, как и ранее принятые энергетические программы СССР, не стали общенациональным достоянием, как это было в отношении плана ГОЭЛРО [2; 3].

2. Комплексно-энергетический метод

Как известно, прогнозируемые показатели плана ГОЭЛРО были перевыполнены, причем за более короткий период времени. Немаловажным фактором этого успеха стал уникальный для того времени методический аппарат, основу которого составил комплексно-энергетический метод, разработанный Г.М. Кржижановским и его научной школой. Основные составляющие комплексно-энергетического метода заключаются в следующем [1–4]:

- из всего многообразия плановых задач внимание сконцентрировано на одной, решение которой обещало наибольший экономический эффект и позволяло объединить все звенья экономической цепи, а именно на задаче электрификации страны;

- в отношении конечной цели сформулированы конкретные уровни ее достижения – программы А и Б;

- введен критерий экономической эффективности при формировании и реализации названных программ: «...с минимумом затрат, с наиболее точным учетом расходуемой энергии... оплодотворять ею все подразделения народного хозяйства»;

- тщательно разработан комплекс мероприятий по реконструкции производства на базе электрификации, по развитию отраслей экономики и внешних экономических связей, требуемых для реализации намеченных программ.

Фактически суть этого метода состоит в рассмотрении энергетики как единого целого – «...от источников энергетических ресурсов до приемников энергии включительно» [4]. Для обеспечения пропорциональности развития энергетики использовалась достаточно сложная система таблиц, охватывающих основные звенья энергетического хозяйства и разные уровни иерархии – от энергетических балансов установок и предприятий до топливно-энергетических балансов регионов и страны в целом.

Вторым важным элементом комплексно-энергетического метода послужила разработанная в тот же период методика экономического сравнения вариантов решений, позволяющая обеспечить если не оптимальность, то по крайней мере

рациональность развития энергетики. Эта методика давала, во-первых, системные правила приведения вариантов к сопоставимому виду посредством применения категории замыкающего объекта. Во-вторых, она регламентировала соизмерение с экономических позиций единовременных (капитальных) и текущих издержек – посредством нормативов сначала срока окупаемости, а затем коэффициента эффективности капиталовложений. Позднее эта методика была разработана в направлении учета разновременных затрат с введением нормативного коэффициента реновации (приведения затрат во времени) [5].

В описанном виде комплексно-энергетический подход на базе балансового метода и с использованием методов экономического сравнения вариантов служил мощным средством системного анализа развития и функционирования энергетики в течение всего периода некомпьютерной обработки информации. Для развития комплексно-энергетического подхода и координации комплексных исследований энергетики в 1930 году в Москве был создан Энергетический институт (ЭНИИ) Академии наук СССР, организатором и бессменным директором которого до середины 1950-х годов являлся Г.М. Кржижановский. С конца 1950-х годов – ЭНИИ имени Г.М. Кржижановского. Кроме того, для выполнения конкретных проектных работ по развитию энергетики начиная с 1930-х годов начала создаваться сеть проектных институтов – «Энергосетьпроект», «Теплоэнергопроект», «Гидроэнергопроект» и ряд других.

С 1942 года в ЭНИИ АН СССР работал последователь научной школы Г.М. Кржижановского Л.А. Мелентьев, до 1945 года – в Казани, занимаясь улучшением теплоснабжения ряда заводов, выпускавших вооружение. После войны, продолжая работу в Москве (в ЭНИИ АН СССР) и Ленинграде (в Ленинградской лаборатории ЭНИИ, которую Л.А. Мелентьев помогал создавать и возглавил в конце 1950-х годов), он принимал участие в разработке предложений по развитию энергетики Урала и Сибири, восстановлению энергетики Донбасса. Работая в команде Г.М. Кржижановского, Л.А. Мелентьев внес свой вклад в развитие комплексно-энергетического подхода [3–5].

3. Системные исследования в энергетике

В 1960 году Л.А. Мелентьев назначен организатором и первым директором Сибирского энергетического института Сибирского отделения

АН СССР (с 1997 года – Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева – ИСЭМ – СО РАН) в Иркутске. Институт был создан как комплексный и междисциплинарный. С учетом развития комплексно-энергетического подхода Г.М. Кржижановского и на базе исследований института к концу 1970-х годов Л.А. Мелентьев сформулировал новое научное направление – системные исследования в энергетике, основные положения которого сформулированы в его одноименной книге, претерпевшей два издания – в 1979 и 1983 годах. Объективными предпосылками системных исследований в энергетике являются [6; 7]:

– развитие энергетики и создание к последней четверти 20-го столетия территориально распределенных больших систем энергетики (электроэнергетических, газоснабжающих, нефте- и нефтепродуктоснабжающих, теплоснабжающих и др.) и топливно-энергетического комплекса страны;

– разработка и развитие Г.М. Кржижановским и его учениками комплексно-энергетического метода и его использование, начиная с плана ГОЭЛРО;

– применение в качестве методической основы системных исследований в энергетике фундаментальных понятий материалистической диалектики и прежде всего понятий единства, целостности и развития;

– использование базовых положений и принципов общих системных исследований и системного анализа;

– бурное развитие вычислительной техники, методов математического моделирования и оптимизации во второй половине 20-го столетия.

Таким образом, сложились объективные предпосылки формирования методологии системных исследований в энергетике, однако только Л.А. Мелентьеву на основе его громадного опыта и интуиции суждено было их теоретически обобщить и существенно развить до цельной методологии, открывшей новую страницу в энергетической науке.

В конце 1970-х годов по инициативе Л.А. Мелентьева в Институте высоких температур АН СССР создан Отдел комплексных проблем энергетики, в последующем послуживший базой для организации Института энергетических исследований (ИНЭИ) АН СССР, сейчас – ИНЭИ РАН, занявшего свою нишу в разработке методологии системных исследований в энергетике. В расширяющихся системных исследованиях в энергетике участвовали и продолжают работать другие

институты АН СССР, в последующем Российской академии наук, а также отраслевые научно-исследовательские организации и вузы.

Методологические основы системных исследований в энергетике, сформулированные Л.А. Мелентьевым в его книге, включают следующие базовые положения:

1) непосредственное описание (в виде соответствующих математических моделей) и учет в исследованиях известных (познанных) причинно-следственных связей (свойств) рассматриваемой системы или явления;

2) структуризация исследуемой проблемы в виде иерархии подпроблем и соответствующей иерархии моделей с установлением четких взаимосвязей между ними;

3) необходимость создания достаточно полной и унифицированной (методически совместимой) информационной базы, также упорядоченной по иерархическому принципу;

4) разработка соответствующих методов обоснования решений в условиях неопределенности;

5) возможность благодаря «проигрыванию» на компьютере вариантов принимаемого решения органичной интеграции опыта специалиста и возможностей компьютера.

Конечно, за время, прошедшее с конца 1970-х годов, приведенные базовые положения методологии системных исследований в энергетике несколько видоизменились в некоторых деталях, были развиты и дополнены с учетом новых факторов и условий, но принципиально их квинт-эссенция осталась прежней.

В США и других странах для обоснования развития электроэнергетики был разработан и активно использовался во второй половине XX века подход, аналогичный системным исследованиям в энергетике и названный интегрированным планированием ресурсов [8].

4. Современные вызовы в энергетике

Прошло 100 лет после принятия плана ГОЭЛРО. Что же мы имеем в настоящее время? Масштабы энергетики страны несоизмеримо увеличились по сравнению с той энергетикой, о которой мечтали разработчики плана ГОЭЛРО. Сейчас немисливо себе представить, что где-то есть уголки, где люди живут при свечах и керосиновых лампах. Мы привыкли и принимаем как должное то, что у нас в розетке всегда есть электро-

энергия, отопительные батареи умеренно горячие и их даже можно регулировать. За прошедшие 100 лет энергетика изменилась совершенно радикальным образом. Сформированы крупные государственные, межгосударственные и межконтинентальные электроэнергетические, газоснабжающие и нефтеснабжающие системы, более локальные, но не менее масштабные системы теплоснабжения городов и городских агломераций. Радикально изменились и стали более эффективными и разнообразными технологии производства, передачи, распределения, хранения и потребления энергии.

В результате либерализации и дерегулирования систем энергетики методология системных исследований в энергетике была незаслуженно забыта лицами, принимающими решения. И на уровне энергетических компаний, и при рассмотрении отраслевых и межотраслевых проблем развития энергетики достаточно часто у нас в стране выпускаемые материалы включают бессистемный набор предлагаемых мероприятий. Между тем методические принципы системных исследований в энергетике оказались достаточно гибкими и применимыми к современным либерализованным и дерегулированным системам энергетики, а также к будущим системам энергетики, претерпевающим радикальные изменения их структуры и свойств под влиянием инновационных энергетических и информационно-коммуникационных технологий, цифровизации и интеллектуализации этих систем [9].

Заключение

Учиться у наших предшественников-энергетиков, разработавших и осуществивших план ГОЭЛРО, нужно, но не букве и цифре долгосрочного планирования, а органичной комплексности и сбалансированности всех аспектов подхода к той или иной проблеме прогнозирования. Системный подход и системный анализ долгосрочного развития энергетики, трансформируясь в деталях под влиянием новых факторов структурного, технологического, институционального характера, на всех этапах формирования и развития систем энергетики оставался эффективной методологией обоснования развития этой важной инфраструктурной

отрасли экономики. В настоящее время с учетом отмеченной трансформации систем энергетики назрела необходимость систематического применения модернизированной системной методологии обоснования соответствующих перспективных решений и использования такого обновленного комплексного подхода при формировании документов, определяющих облик будущей энергетики.

Список литературы

1. Энергетика России: 1920–2020 гг.: в 4 т. Т. 1. План ГОЭЛРО. М.: Энергия, 2006. 1067 с.
2. Бушуев В.В. От плана ГОЭЛРО – к Энергетической стратегии России // Инновационная электроэнергетика – 2.0 / отв. ред. В.М. Батенин, В.В. Бушуев, Н.И. Воропай. М.: Энергия, 2017. С. 11–18.
3. Бушуев В.В., Воропай Н.И. План ГОЭЛРО: итоги и уроки // Энергетическая политика. 2019. № 4 (142). С. 30–39.
4. Кржижановский Г.М., Вейц В.И., Русаковский В.А. Топливо-энергетический баланс // Вестник статистики. 1932. № 7. С. 1–8.
5. Макаров А.А., Мелентьев Л.А. Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства. М.: Наука, 1973. 256 с.
6. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. Элементы теории, направления развития. М.: Наука, 1979. 456 с.
7. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. М.: Высшая школа, 1982. 338 с.
8. Neelakanta P.S., Arsali M.H. Integrated resource planning using segmentation method based on dynamic programming // IEEE Transactions on Power System. 1999. Vol. 14. No. 1. Pp. 375–385.
9. Voropai N.I. Electric power system transformations: a review of main prospects and challenges // Energies. 2020. Vol. 13. No. 21. 5639. <https://doi.org/10.3390/en13215639>

Для цитирования

Воропай Н.И., Стенников В.А. Системная методология исследований энергетики: к 100-летию плана ГОЭЛРО // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2020. Т. 21. № 4. С. 238–243. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2020-21-4-238-243>

System methodology of energy research: for the 100th anniversary of the State Electrification Plan of Russia

Nikolai I. Voropai, Valery A. Stennikov

Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
130 Lermontova St, Irkutsk, 664033, Russian Federation

Article history:

Received: October 14, 2020

Revised: December 1, 2020

Accepted: December 11, 2020

Keywords:

State Electrification Plan of Russia, GOELRO plan, comprehensive energy method, energy system research methodology

Abstract. The conditions of State Electrification Plan of Russia (GOELRO plan) preparation as common unified state economic plan are under consideration. Plan was prepared during the pressed period less one year since February to December of the 1920 by State Commission GOELRO including twenty very qualified engineers and scientists and involving time by time additionally about two hundred specialists. A relation of GOELRO plan and development of energy policy of former USSR and current Russia is discussed. GOELRO plan was the comprehensive technical, financial and social oriented plan for qualitative restoration of Russia. But later state energy policy lost social oriented sense and now it is formal set of documents inside energy industry. Taking into account digitalization and intellectualization of economics and social sphere the social oriented role of energy sector as infrastructural industry is growing. Basic points of comprehensive energy method are presented. It was the main methodological instrument for preparation of GOELRO plan. Prerequisites and key aspects of energy system research methodology are explained. Modern challenges in current power sector are formulated.

References

1. Plan GOELRO [GOELRO Plan]. In: *Energetika Rossii: 1920–2020 gg.* [Energetics of Russia: 1920–2020] (vol. 1). Moscow: Energiya Publ.; 2006. (In Russ.)
2. Bushuev VV. From GOELRO Plan – to Energy Strategy of Russia. In: Batenin VM, Bushuev VV, Voropai NI. (eds.) *Innovative Power Industry – 2.0*. Moscow: Energija Publ., 2017. p. 11–18. (In Russ.)
3. Bushuev VV, Voropai NI. GOELRO plan: results and lessons. *Energy Policy*. 2019;4(142):30–39. (In Russ.)
4. Krzizanovsky GM, Veiz VI, Rusakovskiy VA. Fuel and energy balance. *Vestnik Statistiki*. 1932;(7):1–8. (In Russ.)
5. Makarov AA, Melentiev LA. *Methods of study and optimization of energy industry* [Metody issledovaniya i optimizacii energeticheskogo hozyajstva]. Moscow: Nauka Publ.; 1973. (In Russ.)
6. Melentiev LA. *Energy system research. Elements of theory, ways for development* [Sistemnye issledovaniya v energetike. Elementy teorii, napravleniya razvitiya]. Moscow: Nauka Publ.; 1979. (In Russ.)

7. Melentiev LA. *Optimization of development and control of large energy systems* [Optimizaciya razvitiya i upravleniya bol'shikh sistem energetiki]. Moscow: Vysshaja Shkola Publ.; 1982. (In Russ.)

8. Neelakanta PS, Arsali MH. Integrated resource planning using segmentation method based on dynamic programming. *IEEE Transactions on Power Systems*. 1999; 14(1):375–385.

9. Voropai NI. Electric power system transformations: a review of main prospects and challenges. *Energies*. 2020;13(21):5639. <https://doi.org/10.3390/en13215639>

For citation

Voropai NI, Stennikov VA. System methodology of energy research: for the 100th anniversary of the State Electrification Plan of Russia. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2020;21(4):238–243. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2020-21-4-238-243>

Nikolai I. Voropai, academic adviser of the ESI SB RAS, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor; voropai@isem.irk.ru.

Valery A. Stennikov, Director of the ESI SB RAS, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6219-0354>.