



ПРОЕКТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Ранговый анализ распределенных потребителей электроэнергии Республики Саха (Якутия)*

Киушкина В. Р., Антоненков Д. В., кандидаты техн. наук

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова», г. Нерюнгри

Рассмотрено применение математического аппарата на основе рангового анализа для моделирования электропотребления улусов (районов) Республики Саха.

Ключевые слова: электропотребление, ценологические параметры, электротехнический комплекс, ранговый анализ, методология рангового анализа, математическое моделирование, оптимальное управление электропотреблением, техноценоз.

Электроэнергетический комплекс Республики Саха — это обладающая техноценологическими свойствами, ограниченная в пространстве и времени взаимосвязанная совокупность источников и потребителей электроэнергии, а также транспортно-сетевого хозяйства и системы материально-технического обеспечения. Она реализует устойчивое электроснабжение совместно с внешней энергосистемой или изолированно от нее [1–3]. Исходя из указанного, стратегия развития комплекса должна предусматривать сбалансированное развитие всех его подсистем: основного генерирующего, транспортно-сетевого, резервного генерирующего и электротехнического комплексов, а также системы материально-технического обеспечения. Следует отметить, что с точки зрения долгосрочной инвестиционной стратегии ключевое значение имеет правильное определение структуры и параметров генерирующего комплекса, а с точки зрения требований устойчивого развития — правильный выбор и внедрение методологии оптимального управления электротехническим комплексом.

Состояние энергетического комплекса определяется наличием полезных ископаемых (энергоносителей), степенью развития инфраструктуры, экономическим уровнем, географическим положением и климатом. Республика Саха специфична по многим факторам, в частности, площадь обслуживания превы-

шает 3 млн км², а обособленные энергорайоны при низкой плотности населения (0,3 чел. на 1 км²) различны как по мощности, так и по видам используемого источниками генерации топлива (уголь, газ, дизельное топливо, энергия водного потока) [4].

В условиях ресурсных ограничений и роста электропотребления большое значение приобретает планирование инвестиционных проектов с целью обеспечения недискриминационного и надежного доступа потребителей к электрической энергии. Поэтому требуется как можно более точное прогнозирование потребностей в электроэнергии. Для выработки концепции развития систем электроснабжения важно изучение системных свойств и связей в структурах установленного электрооборудования. При значительном его износе оптимизация технического обслуживания и ремонта позволит повысить надежность электроснабжения. Поэтому необходимо создавать информационно-методическое обеспечение на базе современных научных методов, что предполагает изучение структурного состава потребителей для обоснованного тарифообразования, а также внедрять компьютерные технологии учета электроэнергии как информационную основу контроля энергосбережения.

Проведенные исследования системных свойств комплекса выявили, что структура электропотребления улусов соответствует гиперболическим ранго-параметрическим H -распределениям. При этом использовали статистические данные временных рядов годового электропотребления за период с 1998 по 2011 г. Проверка распределения потребителей по значению годового электропотребления

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ по приоритетным направлениям науки и техники (регистрационный номер НИР7.5245.2011; номер государственной регистрации 01201254010 от 15.03.2012).

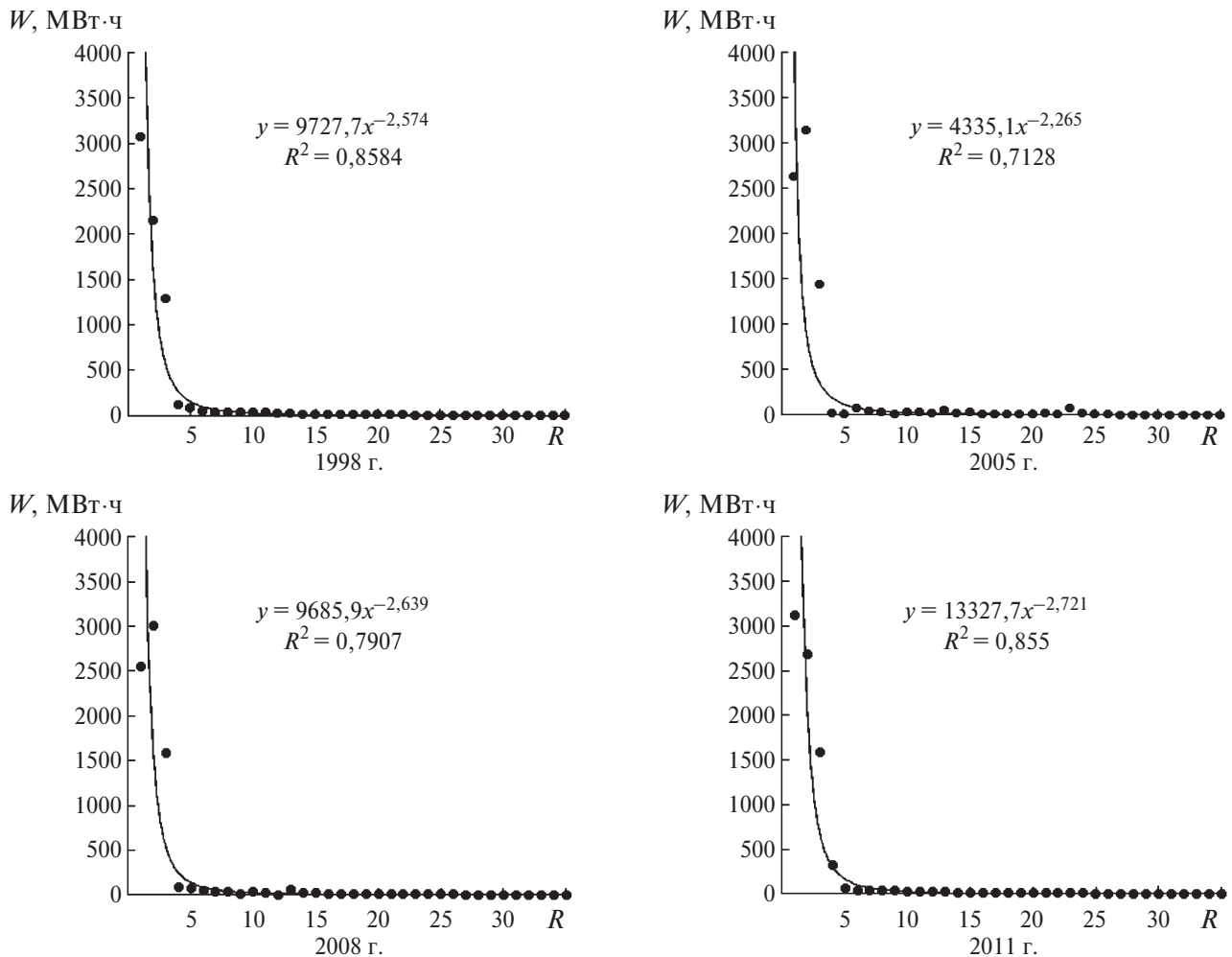


Рис. 1. Ранговые H -распределения электропотребления, МВт·ч, по годам

показала, что гипотеза о нормальности распределения здесь неприемлема. Применив для моделирования совокупности предприятий и организаций региона по годовому электропотреблению гиперболическое рангопараметрическое H -распределение, рассчитали достоверность аппроксимации R^2 , которая в исследуемой выборке в разные годы составила от 0,68 до 0,86 (см. рис. 1).

Результаты децильного анализа структуры годового электропотребления в республике свидетельствуют о том, что улусы с наибольшим электропотреблением, образующие первый дециль, потребляют 94,4 %. Объем электропотребления улусами второго дециля намного меньше — 2,1 %, третьего — 1,3 %, четвертого — 0,86 %, пятого — 0,56 % и т.д. от общего потребления электрической энергии. Отношение объемов электропотребления улусами первого и последнего децилей составило 9645 (что резко противоречит оптимуму ценологической теории), а отношение объемов электропотребления самым крупным и самым мелким улусами — 31 253. Следует

отметить также, что четыре самых крупных улуса республики потребляют 95 % всего объема электроэнергии.

За основу статистической меры согласованности приняты средняя сумма рангов электропотребления одним улусом и отклонения от нее. Если выделяются n улусов (район) и m временных точек (лет), то сумма рангов на 1 год равна $n(n+1)/2$ (как сумма n членов натурального ряда), а общая сумма рангов — $mn(n+1)/2$. Максимальная сумма квадратов отклонений (основа формулы коэффициента согласованности):

$$W = 12 \sum D^2 / [m^2(n^3 - n)],$$

где D — отклонение суммы рангов предприятия от средней их суммы для всех объектов.

Если все ранги предприятий при движении по ранговой поверхности совпадают, то $W = 1$, а если полностью не совпадают, то $W = 0$ (для улусов коэффициент конкордации составил 0,919). Коэффициент конкордации ранговых распределений электропотребления, как правило, свидетельствует об устойчиво-

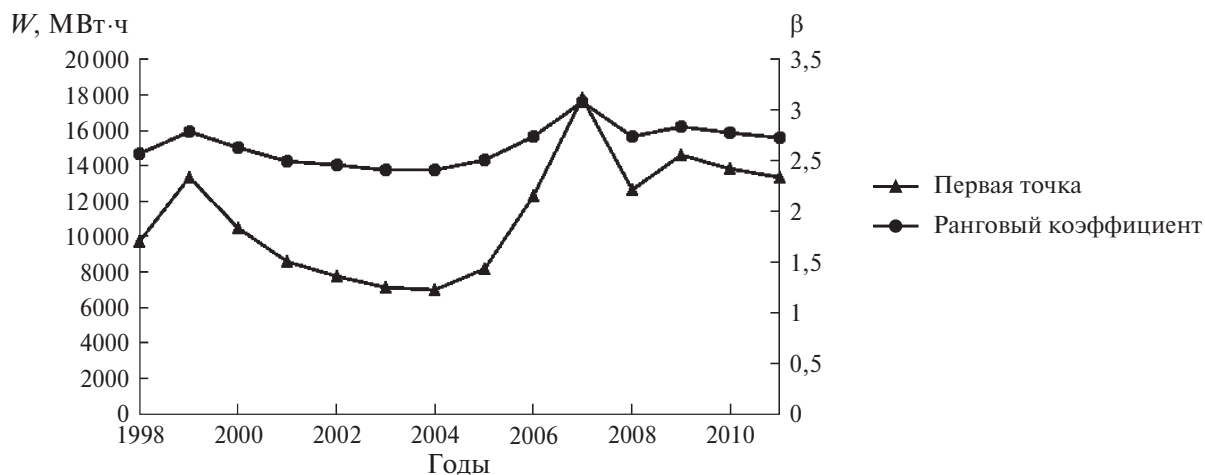


Рис. 2. Динамика первой точки, МВт·ч, и рангового коэффициента во времени

сти ранговой поверхности в целом, взаимосвязи на системном уровне тенденций развития объектов одного улуса (района) и республики.

Приведенные доводы подтверждают правильность подхода к потребителям улусов как к республиканскому техноценозу. И соответственно для математического описания исследуемой статистики возможно применение рангового и ценологического анализов.

Как показывают результаты исследования динамики первого рода, ранговый коэффициент немного растет, т. е. первые и последние точки рейтинга движутся в противоположные стороны (см. рис. 2).

Текущее состояние республиканской энергосистемы отражает крайне выраженная ее несбалансированность и недостаточная эффективность работы в целом, которые характеризуют ранговый коэффициент β распределения, выходящий за пределы диапазона $[0, 5; 1, 5]$.

Проблема обеспечения электрической энергией всех групп потребителей все более обостряется, и поэтому стратегия энергетической безопасности требует рассмотрения новых путей ее эффективной реализации. Возникает вопрос, как оценить правильность распределения и эффективность использования энергии. Скорость изменения рангов большинства из 35 улусов Республики Саха относительно низка (практически постоянна). Среди них можно выделить улусы как с растущим рейтингом, так и с падающим.

Из рис. 3, где показана структурно-топологическая динамика электропотребления, видно, что в некоторых улусах (Алданском, Амгинском, Нюрбинском и др.) весьма существенно изменялись ранг и электропотребление за рассматриваемый промежуток времени, а в таких, как города Якутск и Нерюнгри с прилегающими территориями, Мирнинский

район и другие — незначительно (динамика их потребления наиболее близка к изменению электропотребления всей республики). В основном улусы более или менее плавно меняются в рейтинге местами, четверка лидеров (Мирнинский район, города Нерюнгри и Якутск с прилегающими территориями, Усть-Янский и Верхоянский районы) остается стабильной (см. рис. 3).

Обработка данных рейтинга показала устойчивость изменения во времени констант рангового H -распределения: первой точки W и рангового коэффициента β . Динамика последнего свидетельствует об устойчивости структуры электропотребления улусов, несмотря на структурные изменения и общий спад электропотребления.

Таким образом, ценологический анализ дает возможность оценить оптимальность существующей структуры установленных генерирующих и потребляющих мощностей. При определении электроэффективности регионов ранговые H -распределения по параметру W позволяют выявить место каждого улуса по значению электропотребления и увидеть их траекторию движения. Рейтинг по улусам позволяет не только оценить фактическую электроемкость, но и определить объем энергосбережения путем контроля за потерями и нерациональным расходом электроэнергии. Рейтинговый анализ по объему электропотребления наиболее точно дает оценку роста производства и возможность предотвратить отрицательные последствия, связанные с дефицитом энергии.

Установленная мощность большинства изолированных станций, работающих как в группе, образующей локальные электрические сети, так и отдельно, колеблется от 0,1 до 28 МВт, централизованных крупных электростанций — от 120 до 680 МВт. На террито-

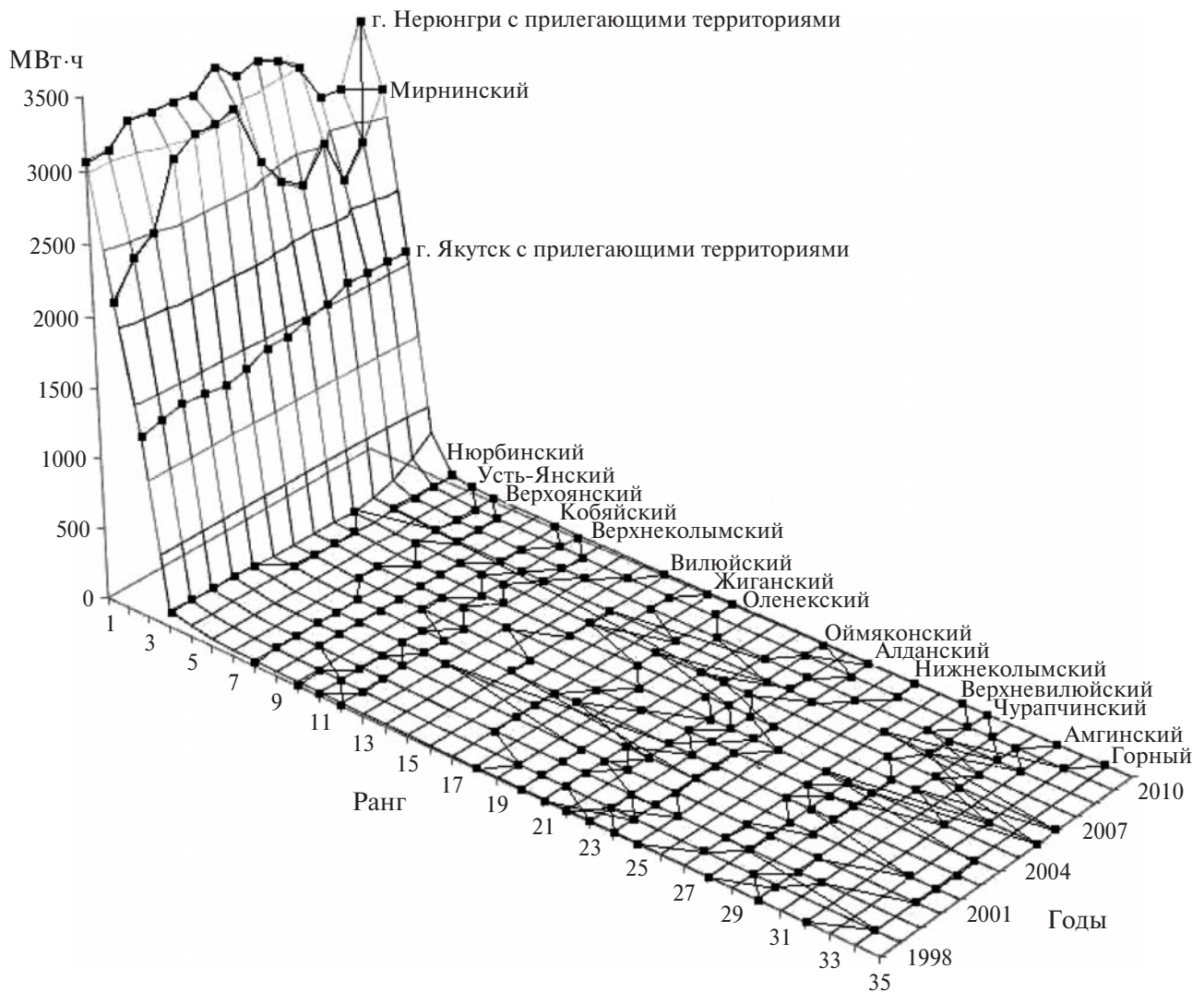


Рис. 3. Структурно-топологическая динамика электропотребления улусов Республики Саха

рии децентрализованной зоны Республики Саха преобладают крупные ДЭС, функционирующие в режиме недоиспользования установленной мощности. Объем электропотребления от крупных энергоисточников составляет до 80 %, при этом 30 % населения остается вне централизованного электроснабжения. Поэтому необходимость в малых электростанциях, в частности, на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для электрификации удаленных потребителей существует сегодня и будет востребована в будущем. Стратегия развития электроэнергетического комплекса республики должна включать в себя несколько “векторов” оптимизации. На рассматриваемую перспективу приоритет малой энергетики в ряде северных районов принадлежит жидкому (углеводородному) топливу и новому источнику энергии — интенсификации энергосбережения. Второе направление помимо организационно-технологических мер по экономии энергоресурсов

включает использование нетрадиционной энергии (атомной, энергии ветра, солнца, малых рек и др.), если себестоимость производства 1 кВт·ч будет меньше, чем при использовании привозного жидкого топлива.

Список литературы

1. Кудрин Б. И. Введение в технетику. — Томск: ТГУ, 1993.
2. Гнатюк В. И. Закон оптимального построения техноценозов. — Компьютерная версия, перераб. и доп. — М.: Изд-во ТГУ — Центр системных исследований, 2005 – 2009 (<http://gnatukvi.ru/ind.html>).
3. Фуфаев В. В. Ценологическое влияние на электропотребление предприятия. — Абакан: Центр системных исследований, 1999.
4. Киушкина В. Р. Энергоэффективность Республики Саха (Якутия) / Материалы Всероссийской науч.-техн. конф. “Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования”. — Томск: ТГУ, 2008.