

17.4. Ценологическое влияние на электропотребление предприятий

Предположим, что по индивидуальным административно-технологическим признакам назван и по электрическим показателям идентифицирован каждый объект как особь из некоторого множества, образующего естественным образом некоторое сообщество — ценоз. Таким объектом может быть любая организация, характеризующаяся расчетной, договорной, фактической и другой электрической мощностью; годовым или иным общим и удельным расходом электроэнергии; стоимостью электрики или объемом инвестиций в электро-техническую часть; затратами на эксплуатацию, модернизацию, электроремонт; электровооруженностью и производительностью труда электриков и др. Тогда ценоз образуют все электроприемники одного цеха; все цеха (производства, здания и сооружения) одного предприятия; все предприятия одной технологически определенной отрасли экономики страны; все промышленные предприятия и сфера услуг области (региона); все школы и детсады крупного города; единицы структуры жилищно-коммунального хозяйства; все учреждения здравоохранения России (и все регионы РФ по годовому электропотреблению). Обобщим исследования, оперируя дальше предприятиями (и их электропотреблением), юридически существующими в рамках одного региона.

Электропотребление более устойчиво во времени и для многих предприятий является определяющим (лимитирующим) ресурсом производства. Задача анализа электропотребления во времени и его структуры становится неотделимой от результата моделирования — прогнозных значений электропотребления. Проблему прогноза можно свести к проблеме анализа динамики ряда, используя технический анализ. Ценологический подход к моделированию (автоматически — к прогнозу) заключается в том, что электропотребление отдельного предприятия рассматривается не изолировано, а соотносится с другими. Учитывая, что величина электропотребления непрерывна, исследование проводится в ранговой форме (2.8): каждому предприятию присваивается ранг r — целое число в порядке убывания исследуемого параметра годового электропотребления особей, A_i . Ранг $r = 1$ приписывается особи с наибольшим электропотреблением A_1 ; минимальное — ранг, равный общему числу предприятий.

Невозрастающая функция — $A(x)$ (где x — непрерывный аналог целочисленного r) в качестве основы для построения рангового H -распределения:

$$A(x) = A_1/x^\beta, \quad (17.31)$$

где β — характеристический показатель, определяющий степень крутизны кривой; $A_1 = A_{\max}(1)$ — константа, в качестве которой принимается электропотребление наиболее крупного потребителя. Чем больше β , тем круче гиперболическая кривая и больше разрыв в электропотреблении между несколькими крупными предприятиями и остальной массой предприятий.

Параметры H -распределения характеризуют ценоз, качественно отражая связи между особями внутри ценоза и говоря о сходстве или их различии. Параметры (17.31) зависят от природных, технических, информационных, социальных факторов, определяющих положение ценоза на временной траектории развития и его структуру. Выявим тенденции изменения пределов параметров α , β , имея в виду, негауссовый характер распределения. Изменение A , β во времени формализуется поверхностью рангового H -распределения (рис. 17.2):

$$A(r, t) = \frac{A_1(t)}{r^{\beta(t)}} = \frac{a_1 + b_1(t)}{r^{\beta_0(1-e^{-t/T})}}, \quad (17.32)$$

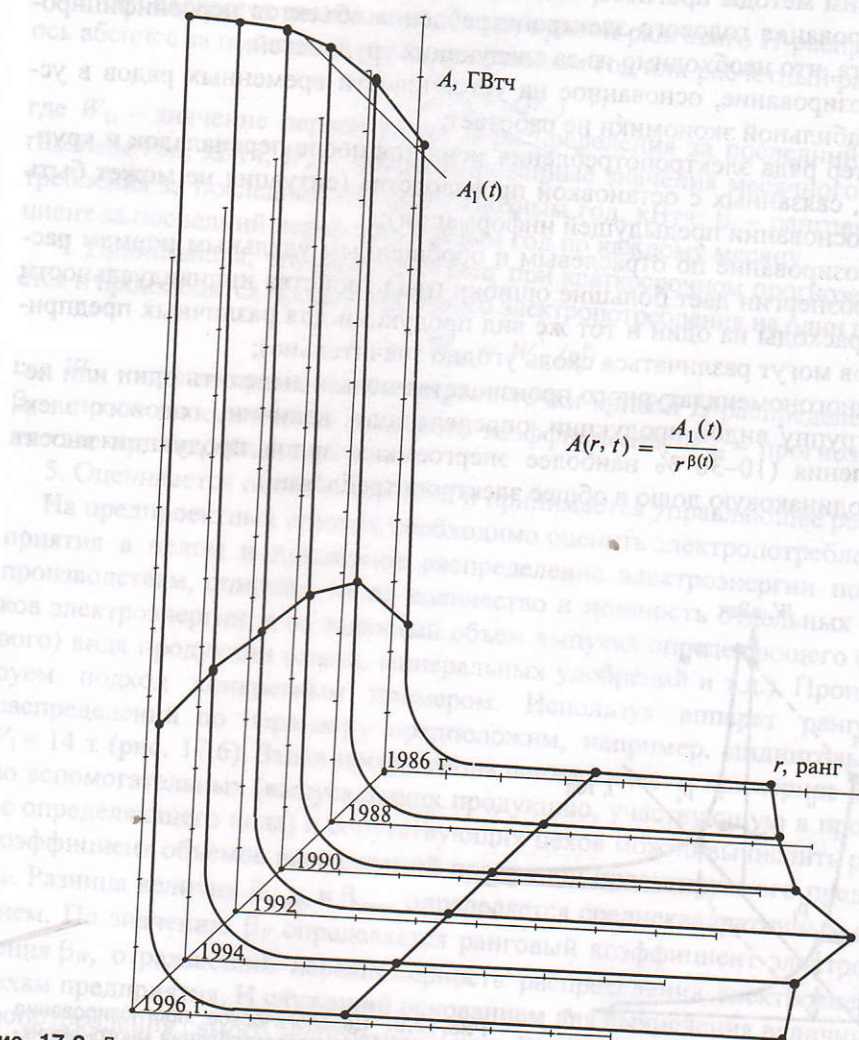


Рис. 17.2. Динамика рангового H -распределения электропотребления предприятий республики Хакасия

где A_i – электропотребление объекта с $r = 1$; t – временной ряд; a_1, b_1, β_0, T – константы аппроксимирующих уравнений.

Смысл прогнозирования на основании (17.32) заключается фактически в прогнозировании площади (точки) под H -распределением, скорректированной во времени конфигурацией H -поверхности, которая в свою очередь, является верхней границей объема (во времени) суммарного электропотребления всех предприятий (верификация прогноза). Ценологический прогноз электропотребления отдельных предприятий на основе (17.32) основан на допущении о неизменности ранга каждой особи в структуре электропотребления региона (отрасли). Это допущение дает погрешность 10 % (в лучшем случае 2–5 %, как для России, где особь – электропотребление региона страны). Дополним методы прогноза, описанные ранее методами ценологического прогнозирования годового электропотребления объектов персонифицированного учета, что необходимо из-за следующих трудностей:

- 1) прогнозирование, основанное на устойчивости временных рядов в условиях нестабильной экономики не работает;
- 2) характер ряда электропотребления меняется после переналадок и крупных аварий, связанных с остановкой производства (ситуация не может быть описана на основании предыдущей информации);
- 3) прогнозирование по отраслевым и обобщенным удельным нормам расхода электроэнергии дает большие ошибки из-за свойства индивидуальности (удельные расходы на один и тот же вид продукции для различных предприятий и цехов могут различаться сколь угодно значительно);
- 4) для многономенклатурного производства нельзя выделить один или небольшую группу видов продукции, определяющих величину годового электропотребления (10–30 % наиболее энергоемких видов продукции вносят примерно одинаковую долю в общее электропотребление).

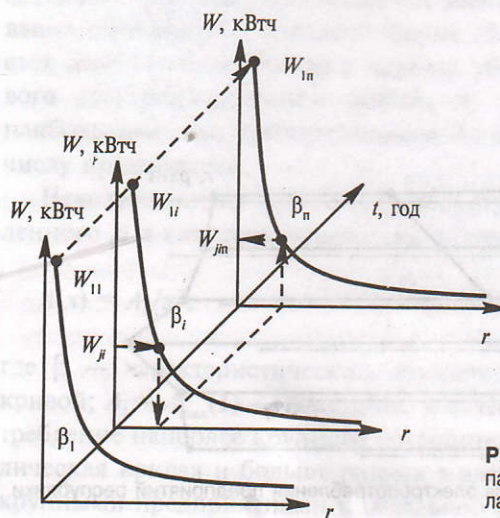


Рис.17.5. Ценологическое прогнозирование параметров электропотребления многономенклатурных производств

Для преодоления указанных сложностей необходимо ценологически связать параметры электропотребления с технологическими параметрами, предложив показатель, обладающий измеряемостью (его можно вычислить по имеющимся в существующей отчетности предприятия данным), устойчивостью во времени (прогнозируемостью) и отличающийся легкостью интерпретации. Для этого выполняется анализ структур годового электропотребления и выпускаемой продукции. Методика прогнозирования параметров электропотребления (рис. 17.5)*:

1. Осуществляется ранжировка электропотребления за каждый известный год предыстории t .

2. Рассчитываются показатели рангового распределения, соответствующие (2.8).

3. Определяется значение проекции кривой рангового H -распределения на ось абсцисс за последний перед прогнозным год или расчетный ранг

$$r_{ji} = (W_{1i}/W_{ji})^{1/\beta_i},$$

где W_{1i} — значение первой точки H -распределения за последний перед прогнозным год, кВтч; W_{ji} — проранжированные значения месячного электропотребления за последний перед прогнозным год по каждому месяцу.

4. Принимается, что расчетный ранг при краткосрочном прогнозе не изменяется и производится прогноз месячного электропотребления на один год вперед:

$$W_{jin} = W_{1n}/r_{ij}^{\beta_n},$$

где W_{1n} — прогнозное значение первой точки кривой H -распределения, кВтч; β_n — прогнозное значение рангового коэффициента; W_{jin} — прогнозное значение электропотребления, кВтч.

5. Оценивается ошибка прогноза и принимается управляющее решение.

На предпроектных стадиях необходимо оценить электропотребление предприятия в целом и примерное распределение электроэнергии по цехам и производствам, опираясь не на количество и мощность отдельных приемников электроэнергии, а на заданный объем выпуска определяющего (лидингового) вида продукции (стали, минеральных удобрений и т.д.). Проиллюстрируем подход конкретным примером. Используя аппарат ранговых H -распределений по параметру предположим, например, лidingовый объем $V_1 = 14$ т (рис. 17.6). Задав профессионально-логически примерное количество вспомогательных (выпускающих продукцию, участвующую в производстве определяющего вида) и сопутствующих цехов можно вычислить ранговый коэффициент объемов выпускаемой продукции проектируемого предприятия β_v . Разница величин $\beta_{v\max}$ и $\beta_{v\min}$ определяется среднеквадратичным отклонением. По значению β_v определяется ранговый коэффициент электропотребления β_w , отражающий неравномерность распределения электроэнергии по цехам предприятия. И служащий основанием для вычисления величины электропотребления самого энергоемкого цеха W_1 . По формуле (2.8) восстанавли-

* При исправлении текста гл. 17 п. 17.4, порядок нумерации рисунков был нарушен.

ваем электропотребление цехов предприятия W_i . На основании полученных значений можно делать предварительный вывод о количестве и мощности трансформаторов ГПП и цеховых ТП, величине платы за потребляемую электроэнергию, количестве электротехнического персонала и других параметрах, необходимых на предпроектной стадии.

Допущение о неизменности рангов может привести к ошибке в 20–30 %, при смене продукции, приватизации и изменении условий конкурентоспособности. Указанное допущение теоретически ошибочно, так как само H -распределение задается механизмами информационного отбора (ведущего и стабилизирующего), предполагающего постоянные знакопеременные и разнонаправленные изменения рангов. Ранговое H -распределение во времени – сложная поверхность (не ровная с неподвижными видами). Отбор порождает возмущения, вероятность их велика, что выражается негауссовыми формами

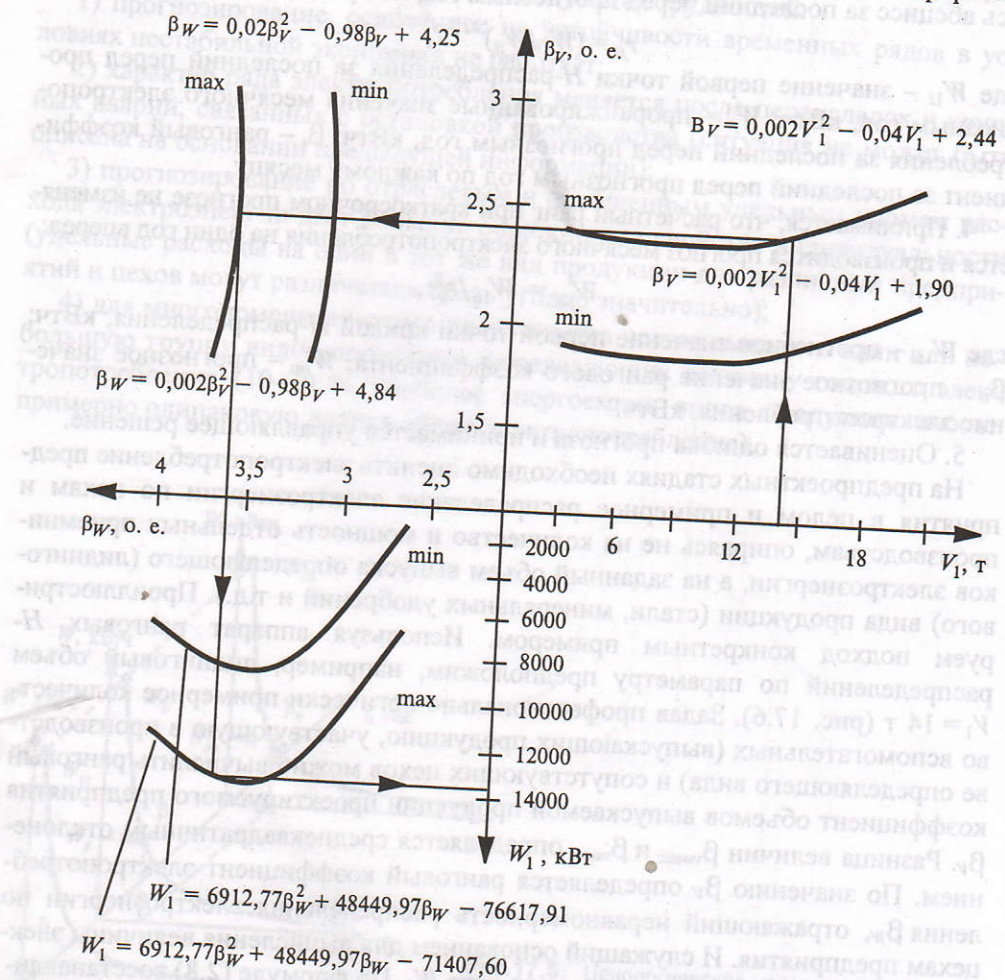


Рис. 17.6. Прогнозирование электропотребления по одному виду продукции

самих H -распределений в статике. Исследования конкордации (согласованности развития) подтверждают, что при малой ошибке в конкретном случае, теоретически возможен неконтролируемый всплеск ошибки. Для надежного прогнозирования и верификации прогноза по отдельным предприятиям необходимо использовать структурно-топологическую динамику – синтез H -распределения путем прогноза траекторий электропотребления предприятий. Прогноз траекторий электропотребления предприятия свободен в выборе параметров прогнозирования.

Анализ временного ряда $\beta(t)$ (рис. 17.3) позволяет выявить, является ли выделенная совокупность ценозом, развивающимся сбалансированно, с предсказуемым развитием, но слабо взаимодействующим с другими системами. По изменению величины β можно судить о состоянии ценоза. В общем случае, ценоз более высокой иерархии может содержать вложенные ценозы, для которых характер изменения $\beta(t)$ аналогичен. Ранговый показатель имеет периодическую природу, определяемую долгосрочными и сезонными циклами. Пятилетние, годовые, квартальные, месячные, недельные, суточные и сменные циклы хорошо описываются в рамках динамики траекторий электропотребления отдельных предприятий. Рассмотрение каждого предприятия в рамках структуры ценоза в целом позволяет учесть все циклы. Изменение $\beta(t)$ в пределах $1 < \beta < 2$ характеризует внутренние структурные изменения в электропотреблении ценоза и отражает устойчивость структуры распределения – своеобразную эффективность системы электрического хозяйства каждого предприятия согласно его месту в общей систематизации. Заметная тенденция роста β говорит о быстро увеличивающемся разрыве в объемах электропотребления несколькими крупнейшими в регионе промышленными предприятиями (гигантомания) и о заметном отставании темпов роста электропотребления основной массы средних и мелких предприятий.

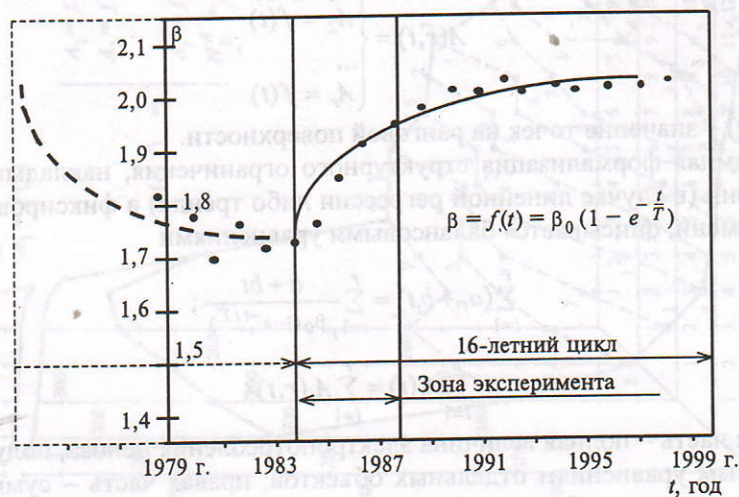


Рис. 17.3. Динамика рангового показателя

Структурно-топологическая динамика изучает траектории движения рангов электропотребления по ранговой поверхности в функции времени с использованием коэффициента конкордации. Основой статистической меры согласованности принимается средняя сумма рангов электропотребления одного предприятия и отклонения от нее. Если имеется n предприятий и m временных точек (лет), то сумма рангов на один год равна $n(n+1)/2$ (как сумма n членов натурального ряда), а общая сумма рангов составит $mn(n+1)/2$. Максимальная сумма квадратов отклонений (основа формулы коэффициента согласованности)

$$W = 12 \sum D^2 / [m^2(n^3 - n)], \quad (17.33)$$

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

Если все ранги предприятий при движении по ранговой поверхности совпадают, то $W = 1$; если полностью не совпадают – то $W = 0$. Коэффициент конкордации ранговых распределений электропотребления, как правило, есть доказательство устойчивости ранговой поверхности в целом, взаимосвязи на системном уровне тенденций развития объектов одного региона. Для повышения надежности прогнозирования необходимо наложение структурного ограничения. Ограничение представляет балансовое уравнение, где суммарная величина электропотребления ценоза, полученная по объектным прогнозам, равна величине, полученной прогнозированием ранговой поверхности. При исследовании траекторий на ранговой поверхности фактически осуществляется анализ (для получения модели) и синтез (для расчета, прогноза) структурно-топологической динамики (рис. 17.4). Опираясь на динамику первого рода (17.32), учитывая высокий коэффициент конкордации, процедура синтеза структурно-топологической динамики ранговой поверхности:

$$A(r, t) = \begin{cases} A_1 = f(t) \\ A_2 = f(t) \\ \dots \\ A_r = f(t) \end{cases}, \quad (17.34)$$

где $A(r, t)$ – значение точек на ранговой поверхности.

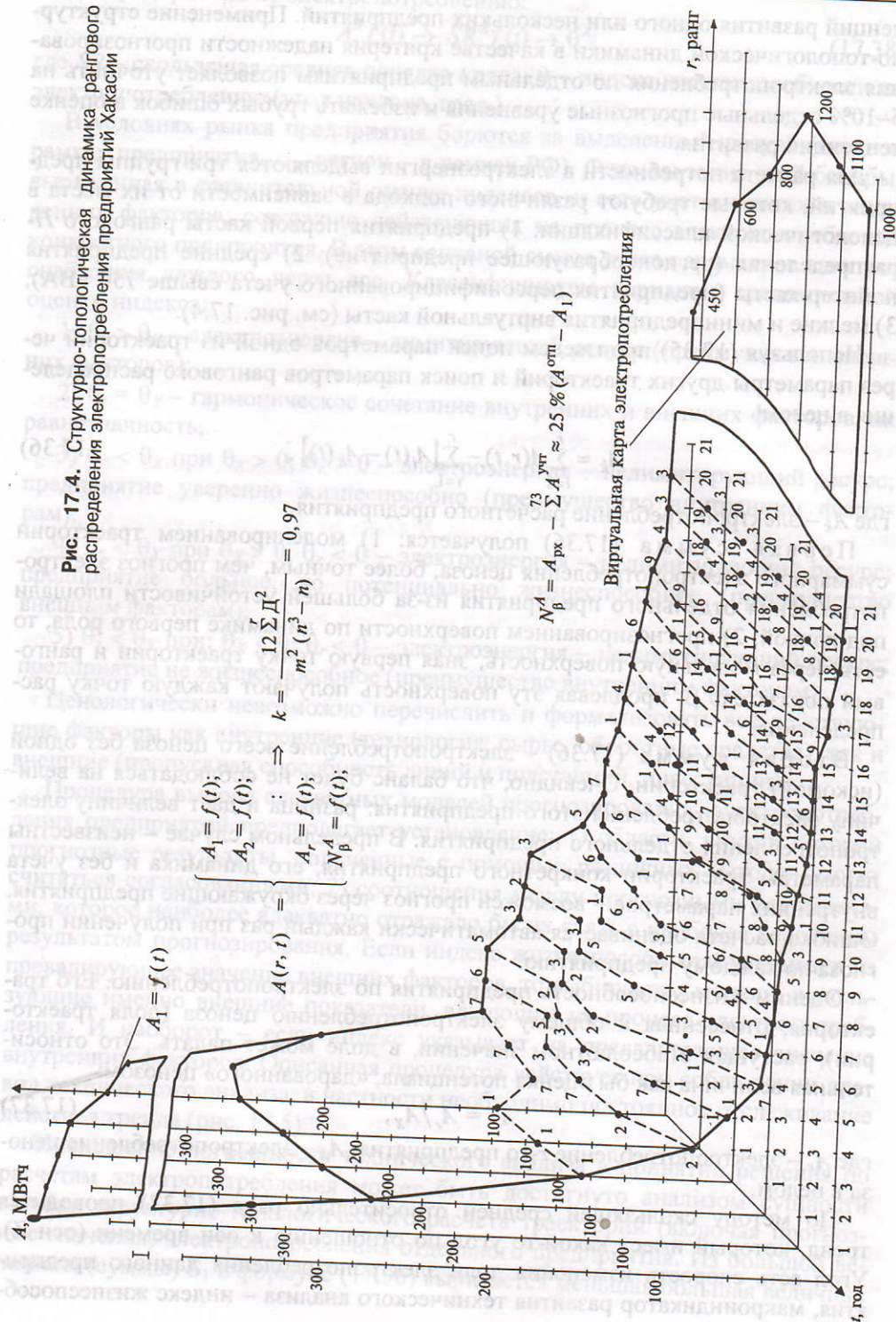
Системная формализация структурного ограничения, накладываемого на траектории (в случае линейной регрессии либо тренда) в фиксированный момент времени, описывается балансовыми уравнениями

$$\sum_{i=1}^r (a_i + b_i t) = \sum_{i=1}^r \frac{a + bt}{\beta_0(1 - e^{-t/T})}; \quad (17.35)$$

$$\sum_{i=1}^r A_i(t) = \sum_{i=1}^r A_i(r, t),$$

где левая часть – полная величина электропотребления ценоза, полученная по прогнозным уравнениям отдельных объектов; правая часть – суммарная величина электропотребления ценоза, полученная путем прогнозирования ранговой поверхности. Неравенство означает ошибку в прогнозировании тен-

Рис. 17.4. Структурно-топологическая динамика рангового распределения электропотребления предприятий Хакасии



денций развития одного или нескольких предприятий. Применение структурно-топологической динамики в качестве критерия надежности прогнозирования электропотребления по отдельным предприятиям позволяет уточнить на 5–10% отдельные прогнозные уравнения и избежать грубых ошибок в оценке тенденций развития.

Для расчета потребности в электроэнергии выделяются три группы предприятий, которые требуют различного подхода в зависимости от их места в ценологической классификации: 1) предприятия первой касты рангового H -распределения (регионообразующее предприятие); 2) средние предприятия пойнтер-касты (предприятия персонифицированного учета свыше 750 кВА); 3) мелкие и минипредприятия виртуальной касты (см. рис. 17.4).

Используя (17.35) произведем поиск параметров одной из траекторий изменения параметров других траекторий и поиск параметров рангового распределения в целом:

$$A_k = \sum_{i=1}^r A(r, t) - \sum_{i=1}^r [A_i(t) - A_k(t)], \quad (17.36)$$

где A_k – электропотребление расчетного предприятия.

Первая сумма (17.36) получается: 1) моделированием траектории суммарного электропотребления ценоза, более точным, чем прогноз электропотребления отдельного предприятия из-за большей устойчивости площади под кривой; 2) прогнозированием поверхности по динамике первого рода, то есть через модельную поверхность, зная первую точку траектории и ранговый показатель β , продлевая эту поверхность получают каждую точку распределения.

Вторая сумма (17.36) – электропотребление всего ценоза без одной (искомой) траектории. Очевидно, что баланс будет не соблюдаться на величину электропотребления этого предприятия: разница и дает величину электропотребления отдельного предприятия. В предельном случае – неизвестны параметры траектории конкретного предприятия, его динамика и без учета внутренних параметров – возможен прогноз через окружающие предприятия. Ошибка расчета оценивается автоматически каждый раз при получении прогноза по каждому предприятию.

Оценим жизнеспособность предприятия по электропотреблению. Его траектория, отнесенная к общему электропотреблению ценоза (доля траектории), растущая в абсолютном значении, в доле может падать. Это относительная величина как бы оценка потенциала, «дарованного» ценозом:

$$A_r^x = A_r / A_x, \quad (17.37)$$

где A_r – электропотребление r -го предприятия; A_x – электропотребление ценоза в целом.

По методу скользящей средней относительно ряда (17.37) проводится тренд, который имеет какой-то угол по отношению к оси времени (оси Z). Угол есть скорость изменения доли электропотребления данного предприятия, макроиндикатор развития технического анализа – индекс жизнеспособ-

ности предприятия по электропотреблению:

$$A_r^x f(t) \rightarrow SR_r^x f(t) \rightarrow \theta_r^x, \quad (17.38)$$

где SR – скользящая средняя порядка t ряда; θ – индекс жизнеспособности по электропотреблению (угол наклона, град.).

В условиях рынка предприятия борются за выделенный ресурс (цех – в рамках предприятия, ..., регион – в рамках РФ). Формализация этой борьбы, выраженная в сравнительной оценке индексов, и есть учет внешних и внутренних факторов, совокупно действующих на процесс электропотребления конкретного предприятия. В этом основной смысл учета параметров электрообеспечения каждого через все. Классифицируем варианты сравнительной оценки индекса:

1) $\theta_r > \theta_x$ – электроэнергия – лимитирующий ресурс (преимущество внешних факторов);

2) $\theta_r = \theta_x$ – гармоническое сочетание внутренних и внешних факторов, их равнозначность;

3) $\theta_r < \theta_x$ при $\theta_x > 0$; $\theta_r > 0$ – электроэнергия – нелимитирующий ресурс; предприятие уверенно жизнеспособно (преимущество внутренним факторам);

4) $\theta_r < \theta_x$ при $\theta_x > 0$; $\theta_r < 0$ – электроэнергия – нелимитирующий ресурс; предприятие больное, но потенциально жизнеспособное (преимущество внешним факторам);

5) $\theta_r < \theta_x$ при: $\theta_x < 0$; $\theta_r < 0$ – электроэнергия – нелимитирующий ресурс; предприятие не жизнеспособное (преимущество внутренним факторам).

Ценологически невозможно перечислить и формализовать все действующие факторы как внутренние (технология, сырье, оборотные средства), так и внешние (пропускная способность линий и подстанций, инвестиции).

Процедура выбора адекватных моделей прогнозирования электропотребления предприятий предполагает установление: 1) области, внутри которой прогнозные результаты, полученные с помощью различных методов, могут считаться согласованными; 2) соотношения между прогнозными результатами, которое наиболее адекватно отражало бы их связь с наиболее вероятным результатом прогнозирования. Если индекс жизнеспособности указывает на преобладающее значение внешних факторов, то выбираются модели, использующие именно внешние показатели, влияющие на процесс электропотребления. И наоборот – если индекс указывает на преобладающее значение внутренних факторов. Описанная процедура действует при соблюдении правил технического анализа, в частности необходимо постоянное отслеживание действия тренда (рис. 17.5).

Уменьшение погрешности технического анализа в принятии решения по расчетам электропотребления может быть достигнуто анализом сущности ошибки структурно-топологического расчета траектории (включая прогнозные значения) электропотребления отдельного предприятия. Из большой величины (суммы) B_1 в формуле (17.36) вычитается меньшая большая величина

(сумма) B_2

$$[B_1 \pm \sigma_1] - [B_2 \pm \sigma_2] = A_r \pm \sigma_c, \quad (17.39)$$

в результате получается значение электропотребления искомого предприятия через все (системная ошибка – σ_c , ошибка модели поверхности, динамика первого рода, – σ_1 , ошибка синтеза структурно-топологической динамики, динамика второго рода, – σ_2). Погрешность уточняет модели траекторий и синтез структурно-топологической динамики; но существеннее уменьшение больших сумм (на 1 % уменьшает погрешность отбрасывание первого по рангу предприятия). Отбрасывание крупного предприятия из головы графика распределения позволяет добавить к хвосту распределения несколько предприятий. В этом случае усовершенствуется процедура отбрасывания: ранговое распределение как бы разбивается на движущуюся от головы распределения к его хвосту зону и пошагово выполняется структурно-топологический расчет. Расчет делается более достоверным, если дополняется кластер-анализом (распознаванием образов).

В учебниках ранее не рассматривалось электроснабжение малых предприятий, заявившее о себе в 90-е годы. Каста этих предприятий призвана в XXI веке стать стержнем экономики России. Малые, от ЗУР, и мини (2УР) предприятия являются обычно абонентами без выделенной четко системы электроснабжения, электросчетчиков: большинство предприятий определяют величину потребленной электроэнергии расчетным методом, опираясь на единичные электроприемники или среднеотраслевые нормы. По данным органов регистрации на каждые порядка 1000 малых предприятий (выделяемых по численности работников и формам собственности) энергоснабжающей организацией производится персонифицированный учет до 100 предприятий. Величину электропотребления малыми предприятиями, составляющую не менее 20–30 % общего электропотребления ценоза (виртуальная каста по видовой виртуальной электропотребления определяется как разница между отпущенной электроэнергией (годовым электропотреблением) соответствующего АО-Энерго и учтенной электроэнергией – суммой годового электропотребления предприятий персонифицированного учета:

$$A_{NB} = A_X - \sum_1^{100} A_r, \quad (17.40)$$

Динамика величины виртуального электропотребления за последнее десятилетие имеет тенденцию к увеличению. Отношение виртуального электропотребления к общему региона показывает долю неэнергосберегающего электропотребления. Виртуальная каста малых предприятий – объективно необходимое явление, основа рыночной экономики.

Поэтому необходимо не абсолютное сокращение количества малых предприятий, а перевод их в статус, аналогичный с персонифицированным учетом и контролем энергосберегающего электропотребления. Малые предприятия

(17.39)

предприятия
ости, динамика
кой динамики,
траекторий и
ее уменьшение
первого по
ловы графика
есколько пред-
ывания: ранго-
овы распреде-
ологический
ется кластер-

альных предпри-
ризована в ХХІ
и (2УР) пред-
системы элек-
пределяют ве-
разясь на еди-
ным органов
деляемых по
ющей орга-
приятий. Ве-
ющую не ме-
аста по видо-
ением. Вели-
на между от-
ответственно-
го электропо-

(17.40)

последнее деся-
ного электро-
берегающего
объективно
материалов
материалов пред-
ным учетом
предприятия

постоянно закрываются, возрождаются, преобразуются, сливаются, делятся, перерегистрируются – состояние постоянного «конструктивного хаоса»; их связи сложно поддаются учету. Поэтому энергосберегающая политика возможна на основе учета расхода электроэнергии по моделям H -распределения при сохранении конфигурации и технического оснащения систем электрооборудования и при новом подходе к их проектированию и строительству (созданию) сверху вниз от кадастра и условий технологического подключения. Учет обеспечивается установкой электросчетчиков везде. Но возникает проблема отказа от среднеотраслевых норм. Выход видится в построении видового H -распределения по повторяемости деятельности, соответствующей структуре виртуальной касты по электропотреблению.

Таким образом, систематизация предприятий по H -распределениям позволяет более точно решать задачи прогнозирования параметров электропотребления.